

Zbuduj działające urządzenia — od prostych po skomplikowane!

Elektronika

Od praktyki do teorii

Charles Platt

WYJĄTKOWY
PODRĘCZNIK
DLA
AMATORÓW
ELEKTRONIKI!

O'REILLY®



Helion

Tytuł oryginału: Make: Electronics

Tłumaczenie: Janusz Grabis

Skład: Marcin Chłąd

ISBN: 978-83-246-5688-2

© 2012 Helion S.A.

Authorized Polish translation of the English edition of Make: Electronics 1st Edition
ISBN 9780596153748 © 2009 Helpful Corporation.

This translation is published and sold by permission of O'Reilly Media, Inc.,
which owns or controls all rights to publish and sell the same.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any
form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording
or by any information storage retrieval system, without permission from the Publisher.

Wszelkie prawa zastrzeżone. Nieautoryzowane rozpowszechnianie całości
lub fragmentu niniejszej publikacji w jakiegokolwiek postaci jest zabronione.
Wykonywanie kopii metodą kserograficzną, fotograficzną, a także kopiowanie
książki na nośniku filmowym, magnetycznym lub innym powoduje naruszenie
praw autorskich niniejszej publikacji.

Wszystkie znaki występujące w tekście są zastrzeżonymi znakami firmowymi
bądź towarowymi ich właścicieli.

Autor oraz Wydawnictwo HELION dołożyli wszelkich starań, by zawarte
w tej książce informacje były kompletne i rzetelne. Nie biorą jednak żadnej
odpowiedzialności ani za ich wykorzystanie, ani za związane z tym ewentualne
naruszenie praw patentowych lub autorskich. Autor oraz Wydawnictwo HELION
nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe
z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Wydawnictwo HELION

ul. Kościuszki 1c, 44-100 GLIWICE

tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63

e-mail: helion@helion.pl

WWW: <http://helion.pl> (księgarnia internetowa, katalog książek)

Drogi Czytelniku!

Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres

http://helion.pl/user/opinie/eleodp_ebook

Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Printed in Poland.

- [Poleć książkę na Facebook.com](#)
- [Kup w wersji papierowej](#)
- [Oceń książkę](#)

- [Księgarnia internetowa](#)
- [Lubię to! » Nasza społeczność](#)

Dla mojego najdroższego Erico

Spis treści

Wstęp	vii
1. Doświadczanie elektryczności	1
Lista zakupów: Eksperymenty od 1 do 5	1
Eksperyment 1: Posmakuj mocy!	5
Eksperyment 2: Jak nie należy używać baterii	9
Eksperyment 3: Twój pierwszy obwód	13
Eksperyment 4: Zmiana napięcia	18
Eksperyment 5: Zróbmy własną baterię	32
2. Przełączanie i nie tylko	39
Lista zakupów: Eksperymenty od 6 do 11	39
Eksperyment 6: Bardzo proste przełączanie	43
Eksperyment 7: Diody sterowane przekaźnikami	55
Eksperyment 8: Oscylator zbudowany na przekaźniku	60
Eksperyment 9: Czas i kondensatory	68
Eksperyment 10: Przełączanie tranzystorami	73
Eksperyment 11: Projekt modułowy	82
3. Wkraczamy głębiej	95
Lista zakupów: Eksperymenty od 12 do 15	95
Eksperyment 12: Łączenie dwóch przewodów w jeden	104
Eksperyment 13: Podgrzewanie diody	114
Eksperyment 14: Pulsujące światło	117
Eksperyment 15: Powrót do alarmu antywłamaniowego	127

4. Układy scalone **147**

Lista zakupów: Eksperymenty od 16 do 24	147
Eksperyment 16: Generowanie impulsów	153
Eksperyment 17: Ustawianie wysokości tonu	162
Eksperyment 18: Miernik czasu reakcji	170
Eksperyment 19: Podstawy logiki cyfrowej	181
Eksperyment 20: Funkcjonalne połączenie	198
Eksperyment 21: Wyścig	204
Eksperyment 22: Przełączanie i odbijanie	211
Eksperyment 23: Rzucanie kośćmi	214
Eksperyment 24: Alarm antywłamaniowy — dokończenie	223

5. Co dalej? **227**

Lista zakupów: Eksperymenty od 25 do 36	228
Przystosowanie Twojego miejsca pracy	228
Źródła informacji	233
Eksperyment 25: Magnetyzm	236
Eksperyment 26: Generowanie prądu na własnym biurku	239
Eksperyment 27: Destrukcja głośnika	242
Eksperyment 28: Zabawa z cewką	246
Eksperyment 29: Filtrowanie częstotliwości	248
Eksperyment 30: Przesterowanie	257
Eksperyment 31: Radio bez lutowania i zasilania	262
Eksperyment 32: Robot w formie wózka	268
Eksperyment 33: Ruch krokowy	284
Eksperyment 34: Połączenie sprzętu z oprogramowaniem	293
Eksperyment 35: Zetknięcie z rzeczywistością	306
Eksperyment 36: Ulepszona wersja zamka szyfrowego	310
Zakończenie	317

Dodatek A. Producenci i sprzedawcy dostępni w internecie **319**

Podziękowania	323
O autorze	325

Wstęp

Jak przyjemnie spędzić czas z tą książką

Każdy używa urządzeń elektronicznych, ale większość osób nie wie, co dzieje się w ich wnętrzu.

Oczywiście, możesz uważać, że nie musisz tego wiedzieć. Skoro jeździsz samochodem bez wiedzy na temat zasady działania silnika spalinowego, równie dobrze możesz używać iPada bez jakiegokolwiek pojęcia na temat układów scalonych. Niemniej jednak rozumienie podstaw elektryki i elektroniki jest przydatne z trzech powodów:

- Ucząc się zasad funkcjonowania danej technologii, zaczynasz lepiej kontrolować świat wokół siebie, zamiast być kontrolowanym przez niego. Kiedy napotkasz jakiś problem, możesz spróbować go rozwiązać, zamiast zwyczajnie popadać w frustrację z powodu zaistniałej sytuacji.
- Nauka elektroniki może stanowić doskonałą rozrywkę, o ile tylko podejdziesz do całego procesu z odpowiednim nastawieniem. Narzędzia są tanie, całą pracę możesz wykonać na swoim biurku i nie jest to zajęcie czasochłonne (o ile sam tego nie chcesz).
- Znajomość elektroniki może podnieść Twoją wartość jako pracownika lub być może otworzyć przed Tobą zupełnie nową ścieżkę kariery.

Nauka przez odkrywanie

Większość książek wprowadzających do elektroniki zaczyna od definicji oraz faktów, a dopiero później stopniowo przechodzi do zadań praktycznych, w trakcie których postępując według instrukcji, budujesz proste obwody.

Ta książka odwraca ten proces. Chcę, abyś zaczął od połączenia komponentów, a kiedy zaobserwujesz działający układ, zrozumiesz, jakie procesy zachodzą w jego wnętrzu. Uważam, że **nauka przez odkrywanie** pozwala lepiej utrwalić wiedzę.

O nauce przez odkrywanie mówią wyniki poważnych prac badawczych. Naukowcy zauważyli ten fenomen, którego nie można wyjaśnić na podstawie istniejących teorii, i zaczęli go badać. Wyjaśnienie tej zagadki może doprowadzić do lepszego poznania zasady funkcjonowania naszego świata.

My będziemy robić to samo, ale oczywiście na dużo mniejszą skalę.

Po drodze będziesz popełniał błędy. Tak ma być. Pomyłki są istotnym elementem procesu nauki. Chcę, żebyś palił i niszczył części, ponieważ w ten sposób dowiesz się, gdzie kończą się granice możliwości części elektronicznych i materiałów. Będziemy używać niskich napięć i prądów, nie ma zatem ryzyka porażenia prądem, poparzenia ani wzniesienia pożaru.



Pozostań w bezpiecznej strefie

Chociaż uważam, że wszystkie zadania sugerowane w tej książce są bezpieczne, zakładam również, że nie będziesz wykroczył poza ustalone przeze mnie granice. Proszę, abyś zawsze przestrzegał moich instrukcji i zwracał uwagę na ostrzeżenia oznaczone ikonką, którą tutaj widzisz. Jeżeli zignorujesz ostrzeżenia, narazisz siebie na niepotrzebne ryzyko.



Rysunek W.1. Nauka przez odkrywanie pozwala na rozpoczęcie budowy działających układów bez zbędnych wstępów przy użyciu kilku tanich komponentów, baterii i zacisków krokodylków

Jakiego stopnia trudności mogę się spodziewać?

Zakładam, że jesteś osobą początkującą, bez jakiegokolwiek wiedzy na temat elektroniki. Dlatego też kilka pierwszych eksperymentów będzie bardzo prostych, bez konieczności lutowania lub używania płytek prototypowych do zbudowania układu. Przewody będziesz łączył za pomocą zacisków krokodylków.

Stąd bardzo szybko przejdiesz do eksperymentów z tranzystorami, a pod koniec rozdziału drugiego wykonasz działający obwód, który realizuje użyteczną funkcję.

Nie uważam, aby elektronika w wydaniu dla hobbystów musiała być trudna. Może tak być, jeśli chcesz studiować elektronikę w sposób bardziej systematyczny i osiągnąć poziom, który pozwoli Ci na samodzielne projektowanie układów. Ale w tej książce narzędzia i potrzebne części będą niedrogie, cele do zrealizowania jasno określone, a potrzebna wiedza matematyczna ograniczy się do dodawania, odejmowania, mnożenia, dzielenia i umiejętności przesuwania miejsca dziesiętnego z jednego miejsca w inne.

Jak korzystać z tej książki?

W książce takiej jak ta istnieją dwa sposoby prezentowania informacji: samouczki i sekcje zawierające informacje teoretyczne. Ja zamierzam użyć obu metod. Samouczki będą się składać z następujących części:

- listy zakupów,
- opisu narzędzi,
- eksperymentów.

Informacje z zakresu teorii znajdziesz w sekcjach zaczynających się od nagłówków:

- Teoria,
- Podstawy.

W jaki sposób skorzystasz z tych sekcji, zależy wyłącznie od Ciebie. Możesz pominąć większość teorii i wrócić do niej później, ale jeśli będziesz masowo omijał samouczki, książka stanie się bezużyteczna. Nauka przez odkrywanie oznacza, że musisz podejść entuzjastycznie do prac praktycznych, czyli zakupów części i zabawy z nimi. Niewiele zyskasz, próbując sobie jedynie wyobrazić to, co faktycznie jest do zrobienia.

Potrzebne elementy elektroniczne i narzędzia są tanie i łatwo dostępne. W niemal każdym większym mieście znajdziesz jeden lub więcej sklepów sprzedających części elektroniczne i podstawowe narzędzia potrzebne do pracy z nimi. Niektóre sklepy posiadają szerszy asortyment części niż inne.

Przewody elektryczne, bezpieczniki i przełączniki znajdziesz w działach elektrycznych dużych marketów budowlanych.

Jeżeli wolisz zakupy przez internet, wszystkie potrzebne części bez problemu znajdziesz w licznych sklepach internetowych. Na kolejnych stronach książki będę zamieszczał adresy internetowe najpopularniejszych sklepów, gdzie znaleźć można potrzebne części. Kompletną listę adresów znajdziesz w dodatku na końcu książki.

Podstawy

Zamawianie części i narzędzi przez internet

Oto kilka głównych źródeł zaopatrzenia wykorzystanych w tej książce:

www.radioshack.com

RadioShack, znane jako The Shack. Oferuje zarówno części, jak i narzędzia. Nie zawsze najtańsze, ale strona ma prostą budowę i jest łatwa w obsłudze, a niektóre z narzędzi są dokładnie tym, czego szukasz.

www.mouser.com

Mouser Electronics.

www.digikey.com

Korporacja Digi-Key.

www.newark.com

Newark.

Mouser, Digi-Key i Newark stanowią dobre źródła części, których na ogół będziesz potrzebował w małych ilościach.

www.allelectronics.com

Korporacja All Electronics. Mniejszy asortyment części, ale przeznaczony szczególnie dla hobbystów, łącznie z gotowymi zestawami.

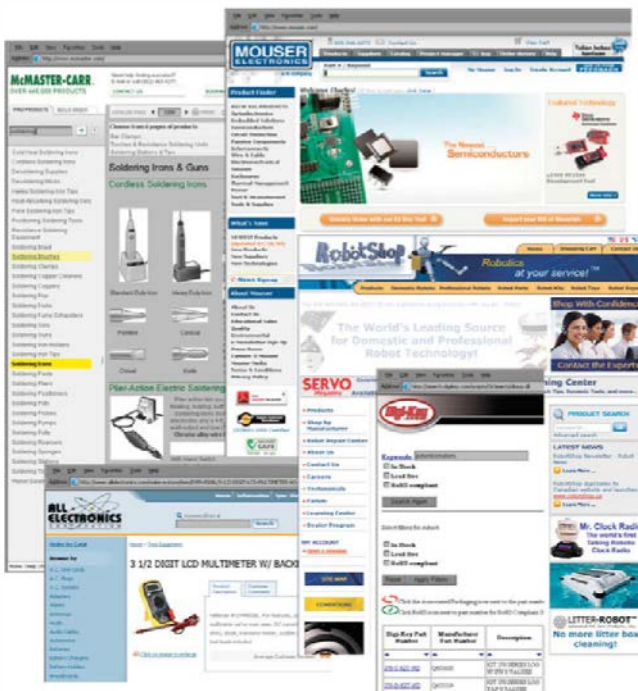
www.ebay.com

Tutaj znajdziesz części pochodzące z nadwyżek, oferowane po bardzo korzystnych cenach. Będziesz musiał jednak sprawdzić kilku sprzedawców, aby znaleźć to, czego szukasz. Sklepy działające na terenie Hongkongu są często bardzo tanie, a ja przekonałem się, że są godne zaufania.

www.mcmaster.com

McMaster-Carr. Tutaj znajdziesz narzędzia o wysokiej jakości.

Zakupy przez internet umożliwiają również sklepy Lowe's i Home Depot.



Rysunek W.2. W sieci znajdziesz całe mnóstwo sklepów oferujących części, narzędzia, gotowe zestawy i gadżety

Nie wszystkie z wymienionych wyżej sklepów oferują sprzedaż i wysyłkę bezpośrednio do Polski, możesz jednak skorzystać z pośrednictwa polskich dystrybutorów:

www.tme.eu

Transfer Multisort Elektronik Sp. z o.o.

www.elfaelektronika.pl

Elfa Distrelec Sp. z o.o.

www.allegro.pl

Znany serwis aukcyjny nie zajmuje się oczywiście dystrybucją, ale często to tutaj możesz najłatwiej (i najtaniej) pozyskać potrzebne wyposażenie.

Zestawy do montażu

Maker Shed (www.makershed.com) oferuje szereg zestawów do samodzielnego montażu. Są to zarówno kompletne zestawy, jak i komplety części używane w eksperymentach z tej książki. Jest to prosta, wygodna i rozsądna pod względem cenowym metoda pozwalająca zdobyć wszystkie narzędzia i materiały niezbędne do przeprowadzenia kolejnych eksperymentów.

Pytania i komentarze

Wszelkie uwagi odnośnie tej książki możesz zamieścić na jej stronie:

<http://helion.pl/ksiazki/leodp.htm>

Znajdziesz tu również aktualną erratę oraz dodatkowe informacje, np. zamieszczone w książce schematy.

Doświadczanie elektryczności



Chciałbym, abyś — dosłownie — zakosztował prądu. Ten pierwszy rozdział książki pokaże Ci:

- Jak pojąć i zmierzyć prąd i rezystancję.
- Jak postugiwać się częściami, unikając ich przeciążenia, uszkodzenia lub zniszczenia.

Nawet jeśli posiadasz już jakąś wiedzę na temat elektroniki, powinieneś spróbować tych eksperymentów, zanim przejdziesz do dalszej części książki.

Lista zakupów: Eksperymenty od 1 do 5

Jeżeli chcesz ograniczyć liczbę wycieczek do sklepów lub zakupów przez internet, zajrzyj do list zakupów umieszczonych w dalszej części książki i połącz je razem, w jedną dużą listę.

W tym rozdziale wskażę wszystkie numery części lub ich typy oraz źródła, gdzie możesz nabyć wszystkie narzędzia i komponenty, których będziemy używać. Spodziewam się, że później nie będziesz potrzebował tak szczegółowych informacji, ponieważ nabierzesz doświadczenia w samodzielnym szukaniu elementów.

Narzędzia

Małe szczypcy

Pro's Kit typ 8PK-102D, numer katalogowy 2298/59 (www.elfaelektronika.pl) lub XYTRONIC model AX102 (elektronika-sklep.pl).

Możesz wybrać również inne, podobne. Przyjrzyj się rysunkom 1.1 do 1.3. Narzędzia tego typu znajdziesz w specjalistycznych sklepach, działach z narzędziami dużych supermarketów budowlanych, a także w miejscach wymienionych we wstępie do książki. Marka nie jest istotna. Kiedy używasz ich przez jakiś czas, wyrobisz sobie własne preferencje. W szczególności, będziesz musiał zdecydować, czy wolisz szczypcy ze sprężyną, czy też bez. W tym drugim przypadku będziesz potrzebował drugiej pary do usunięcia sprężyny z pierwszej.

ZAWARTOŚĆ ROZDZIAŁU:

Lista zakupów:
eksperymenty od 1 do 5.

Eksperyment 1: Posmakuj mocy!

Eksperyment 2:
Jak nie należy używać baterii.

Eksperyment 3:
Twój pierwszy obwód.

Eksperyment 4: Zmiana napięcia.

Eksperyment 5:
Zróbmy własną baterię.

Maker Shed (www.makershed.com) stworzył serię zestawów do samodzielnego montażu dla tej książki. Zawiera ona wszystkie narzędzia i części użyte w eksperymentach. Jest to szybki, prosty i efektywny pod względem kosztów sposób na zdobycie wszystkiego, co będzie potrzebne do ukończenia projektów znajdujących się w tej książce.

Szczypce z ostrzem do cięcia drutu

Pro's Kit 1PK-036S, numer katalogowy 2302/59 (dostępne na przykład tutaj: www.elfaelektronika.pl/) lub PRO-LINE model 28710 (dostępne tutaj: elektronika-sklep.pl/).

Mogą być również inne, podobne. Używaj ich wyłącznie do cięcia drutu miedzianego. Nie nadają się do twardego drutu (rysunek 1.4).



Rysunek 1.1. Podstawowe szczypce o wydłużonych końcówkach. Będziesz używał ich najczęściej do chwytania, zginania i podnoszenia upuszczonych rzeczy



Rysunek 1.2. Szczypce o znacznie wydłużonych końcówkach. Będziesz ich używał do sięgania w trudno dostępne miejsca



Rysunek 1.3. Szczypce o zaokrąglonych końcówkach są zaprojektowane do wytwarzania biżuterii, ale przydają się również do chwytania bardzo małych elementów



Rysunek 1.4. Obcążki, znane również jako szczypce boczne, są szczególnie przydatne

Miernik uniwersalny

Extech model EX410 (dostępny tutaj: www.tme.eu) lub Amprobe model 5XP-A (dostępny tutaj: www.elfaelektronika.pl/).

Może być również inny, podobny. Ponieważ prąd elektryczny jest niewidoczny, potrzebujemy narzędzia do wizualizacji jego ciśnienia i przepływu — umożliwi nam to miernik uniwersalny. Do Twoich pierwszych eksperymentów w zupełności wystarczy tani miernik. Jeżeli przymierzasz się do zakupu w internecie, sprawdź komentarze innych kupujących — niezawodność tanich urządzeń stoi często pod znakiem zapytania. Możesz porozglądać się w poszukiwaniu sklepów oferujących najniższe ceny. Nie zapomnij odwiedzić www.allegro.pl.

Miernik musi być cyfrowy — nie kupuj analogowych mierników starego typu, ze wskazówką poruszającą się po nadrukowanej skali. W tej książce przyjęte zostało założenie, iż patrzysz na wyświetlacz miernika cyfrowego.

Sugeruję, abyś nie kupował miernika o automatycznym doborze zakresu. „Automatyczny dobór zakresu” brzmi zachęcająco — na przykład, kiedy chcesz zmierzyć poziom napięcia w baterii 9 V, miernik sam wywnioskuje, że nie mierzysz setek woltów czy części dziesiątych tej jednostki. Problem polega na tym, że bardzo łatwo możesz dać się zaskoczyć i zacząć popełniać błędy. Co się stanie, jeśli bateria jest zupełnie zużyta? Zaczyniesz mierzyć dziesiątne części wolta, nie zdając sobie nawet z tego sprawy. Jedynym wskazaniem takiej sytuacji będzie łatwa do przeoczenia literka „m”, umieszczona obok dużych cyfr wyniku, mówiąca, iż wartość wyrażona jest w miliwoltach.

W mierniku o ręcznych zakresach Ty wybierasz zakres i jeśli mierzone źródło nie mieści się w zadanym przedziale, miernik informuje Cię, że popełniłeś błąd. To jest preferowane przeze mnie podejście. Jestem również mało cierpliwy wobec czasu, jakiego funkcja dopasowania zakresu potrzebuje za każdym razem do wypracowania odpowiedniego przedziału — to kwestia osobistych preferencji. Zdjęcia przykładowych mierników uniwersalnych zostały przedstawione na rysunkach od 1.5 do 1.7.



Rysunek 1.5. Po stopniu zużycia możesz poznać, że jest to jeden z moich najbardziej ulubionych mierników. Posiada wszystkie podstawowe i niezbędne cechy, a także potrafi mierzyć pojemność (sekcja F od słowa „farad”). Potrafi również sprawdzać tranzystory. Zakres dobierany jest ręcznie



Rysunek 1.6. Miernik firmy RadioShack ze średniego przedziału cenowego, z podstawowym zestawem funkcji, ale każde ustawienie ma podwójne znaczenie, przełączane za pomocą przycisku SELECT, co może być mylące. Jest to miernik z automatycznym doбором zakresu



Rysunek 1.7. Miernik o automatycznym doborze zakresów firmy Extech oferuje podstawowe funkcje z dodatkową sondą do pomiaru temperatury, która może przydać się do pomiaru temperatury takich komponentów, jak źródła zasilania, w celu przekonania się, czy nie ulegają przegrzaniu

Zaopatrzenie

Baterie

Jedna bateria 9 V.

6 baterii AA, każda o napięciu 1,5 V.

Powinny to być baterie alkaliczne jednorazowego użytku, najtańsze, jakie możesz znaleźć, ponieważ niektóre z nich prawdopodobnie zniszczymy. Do eksperymentów 1 i 2 **w żadnym wypadku** nie powinieneś używać akumulatorów ładowanych wielokrotnie.

Uchwyt na baterie i złącza

Złącze zatraskowe dla baterii 9 V, z dołączonymi przewodami (rysunek 1.8). Liczba: 1. Może to być na przykład złącze o symbolu BAT.CL.SN-1, typu 6F22 (dostępne na przykład tutaj: www.tme.eu). Dobrze będzie każde złącze typu zatraskowego z dołączonymi przewodami.

Uchwyt na pojedynczą baterię typu AA, z dołączonymi przewodami (rysunek 1.9). Liczba: 1. Może to być dowolny uchwyt z dołączonymi przewodami, na przykład o symbolu BAT.H.SN-12 (dostępny tutaj: www.tme.eu).



Rysunek 1.8. Złącze zatraskowe baterii 9 V



Rysunek 1.9. Uchwyt na pojedynczą baterię AA z dołączonymi przewodami



Rysunek 1.10. Uchwyt na 4 baterie AA, do połączenia szeregowego, dostarczający w sumie 6 V

Uchwyt na cztery baterie AA z dołączonymi przewodami (rysunek 1.10). Liczba: 1. Może to być uchwyt o symbolu BAT.H.SN-18 (dostępny tutaj: www.tme.eu) lub inny podobny. Potrzebny będzie również podobny uchwyt na dwie baterie AA, dostępny z tego samego źródła.

Zaciski krokodylki

Izolowane winylowo, na przykład firmy AXIOMET o symbolu AX-CR-01-SET (dostępne tutaj: www.tme.eu) lub inne podobne. Liczba: przynajmniej 6 sztuk. Patrz rysunek 1.11.



Rysunek 1.11. Zaciski krokodylki w winylowej izolacji, która zmniejsza ryzyko przypadkowego zwarcia

Części

Możesz nie wiedzieć, czym właściwie są te elementy lub do czego służą. Poszukaj ich po symbolach lub numerach części i dopasuj do pokazanych na fotografiach. Wszystkiego dowiesz się bardzo szybko w procesie nauki przez odkrywanie.

Bezpieczniki

Używane w samochodach, o cienkich zaciskach, 3-amprowe, na przykład o symbolu AMF-2A firmy UNIVAL (www.tme.eu) lub FUS3B firmy BIKE IT (dostępny w sklepie z częściami samochodowymi www.intercars.pl). Liczba: 3. Patrz rysunek 1.12.

Potencjometry

Montowany do panelu, jednoobrotowy, liniowy, 2 k Ω , o minimalnej mocy 0,1 W, na przykład o symbolu RV170F-10-15R1-B23 firmy Alpha (pl.mouse.com) lub P160KNPD-2QC25B2K firmy BI Technologies (pl.mouse.com). Ewentualnie inny, podobny. Liczba: 2. Patrz rysunek 1.13.



Rysunek 1.12. Bezpiecznik 3 A przeznaczony głównie do samochodów, pokazany tutaj w powiększeniu

Rezystory

Zestaw o minimalnej mocy 0,25 W, różnych wartości, ale wśród nich muszą znaleźć się 470 Ω , 1 k Ω , 2 k Ω lub 2,2 k Ω . Liczba: przynajmniej 100 (www.centrumelektroniki.pl). Można również poszukać na www.allegro.pl, wpisując w polu wyszukiwania „zestaw rezystorów”.

Diody świecące (LED)

Dowolnego rozmiaru i koloru (rysunki 1.14 i 1.15). Liczba: 10. Dostępne niemal w każdym sklepie elektronicznym (www.tme.eu lub www.centrumelektroniki.pl). Będąc na stronie sklepu, wpisz do wyszukiwarki: dioda LED.



Rysunek 1.13. Potencjometry mają wiele kształtów i rozmiarów, z różnymi długościami wału przeznaczonymi dla różnych pokręteł. Dla nas kształt nie odgrywa dużej roli, chociaż większe potencjometry są łatwiejsze w obsłudze



Rysunek 1.14. Typowa dioda świecąca (LED) o średnicy 5 mm



Rysunek 1.15. Bardzo duża dioda świecąca o średnicy 1 cm. Nie ma gwarancji, że będzie świecić jaśniej. Do większości eksperymentów w tej książce możesz kupić dowolne diody, które przypadną Ci do gustu

Eksperyment 1: Posmakuj mocy!

Czy można posmakować prądu? Może nie, chociaż uczucie jest podobne.

Potrzebne będą:

- bateria 9 V,
- złącze zatraskowe do końcówek baterii,
- miernik uniwersalny.

Procedura

Zwilż swój język i dotknij nim metalowych końcówek baterii 9 V. Nagłe uczucie mrowienia, jakie poczujesz, jest spowodowane prądem przepływającym z jednej końcówki baterii (rysunek 1.16) poprzez wilgoć na i w Twoim języku do drugiej końcówki. Ponieważ skóra Twojego języka jest bardzo cienka (właściwie jest to membrana śluzowa) i na jej powierzchni znajdują się nerwy, bez problemu możesz poczuć prąd.

Wysuń teraz swój język i wysusz dokładnie jego końcówkę przy użyciu chusteczki, a następnie powtórz eksperyment, zwracając uwagę na to, aby nie doprowadzić języka do zawilgocenia. Uczucie mrowienia powinno zmaleć.

Dlaczego tak się dzieje? Żeby się dowiedzieć, będziemy potrzebować miernika uniwersalnego.

Narzędzia

Przygotowanie miernika do pracy

Sprawdź w instrukcji, którą dostałeś razem z miernikiem, czy musisz włożyć do niego baterię (niektóre mierniki sprzedawane są bez baterii, inne posiadają baterię zamontowaną przez producenta).

Większość mierników posiada odpinane przewody pomiarowe, zwane również **sondami pomiarowymi**. Wiele z nich ma również trzy wyprowadzenia na panelu czołowym, z których jedno zwyczajowo zarezerwowane jest do pomiaru prądu o wysokim natężeniu (przepływu). Na razie możemy je zignorować.

Przewody, które otrzymałeś razem z miernikiem, są najprawdopodobniej koloru czerwonego i czarnego. Czarny przewód podłączany jest do gniazda o nazwie „COM” lub „Common”. Czerwony przewód podłącz do gniazda o nazwie „V” lub „volts”. Patrz rysunki od 1.17 do 1.20.

Drugie końce przewodów zakończone są metalowymi bolcami, znanymi również jako **sondy**. To nimi będziesz dotykał komponentów elektronicznych w celu przeprowadzenia pomiarów. Sondy wykrywają prąd, ale same nie emitują go w znaczących ilościach, dlatego też same w sobie nie są w stanie zrobić Ci krzywdy, wyłączając uklucie ostrą końcówką.

Jeżeli Twój miernik nie dobiera zakresu automatycznie, każda pozycja pokrętła opisana będzie liczbami. Liczba ta oznacza „nie więcej niż”. Dla przykładu, jeśli chcesz sprawdzić baterię 6-woltową, a pozycja na mierniku jest opisana liczbą 2, a następna liczbą 20, oznacza to, że 2 to „nie więcej niż 2 woltów”. Musisz przejść do następnej pozycji, która oznacza „nie więcej niż 20 woltów”.



Nie więcej niż 9 V

Bateria o napięciu 9 V nie robi Ci krzywdy. Nie wykonuj jednak tego eksperymentu z baterią o większym napięciu lub baterią, która jest w stanie dostarczyć prądu o większym natężeniu. Jeżeli nosisz na zębach metalowy aparat korekcyjny, uważaj, aby nie dotknąć nim baterii.



Rysunek 1.16. Pierwszy krok na drodze nauki przez odkrywanie. Test baterii 9 V za pomocą języka



Rysunek 1.17. Czarny przewód podłączasz do gniazda Common (COM), a czerwony niemal zawsze do gniazda znajdującego się po skrajnie prawej stronie miernika

Jeżeli popełnisz błąd i spróbujesz zmierzyć coś w sposób nieprawidłowy, miernik wyświetli komunikat błędny w postaci litery „E” lub „L”¹. Prześnij pokrętkę na wyższy zakres i spróbuj ponownie.



Rysunek 1.18.



Rysunek 1.19.



Rysunek 1.20. Aby zmierzyć rezystancję i napięcie, podłącz czarny przewód do gniazda wspólnego (COM lub common), a czerwony do gniazda napięciowego (V lub volts). Niemal wszystkie mierniki posiadają oddzielne gniazdo, do którego musisz podłączyć czerwony przewód, jeśli chcesz mierzyć natężenie prądu (wyrażone w amperach), ale tym temata zajmiemy się później

PODSTAWY

Omy

Odległość mierzymy w kilometrach lub milach, ciężar w kilogramach lub funtach, temperaturę w stopniach Celsjusza lub kelwinach, natomiast rezystancję elektryczną w omach. Om jest jednostką międzynarodową.

Do wyrażenia omów używana jest grecka litera omega (Ω) — patrz rysunki 1.21 i 1.22. Zapis k Ω (ewentualnie litera k lub K) oznacza kiloom, czyli 1000 omów. Zapis M Ω (ewentualnie litera M) oznacza megaom, czyli 1 000 000 omów.

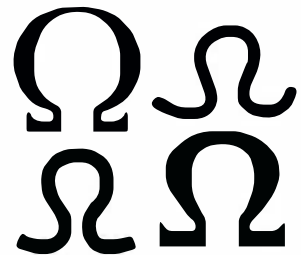
Liczba omów	Zwyczajowy sposób wyrażania	Wyrażenie skrótowe
1000 omów	1 kiloom	1 k Ω , 1 k lub 1 K
10 000 omów	10 kiloomów	10 k Ω lub 10 K
100 000 omów	100 kiloomów	100 k Ω , 100 k lub 100 K
1 000 000 omów	1 megaom	1 M Ω lub 1 M
10 000 000 omów	10 megaomów	10 M Ω lub 10 M

Materiał posiadający bardzo dużą rezystancję nazywany jest **izolatorem**. Większość plastików, włączając w to kolorowe osłony przewodów, jest izolatorami.

Materiały o bardzo małej rezystancji nazywane są **przewodnikami**. Metale takie jak miedź, aluminium, srebro i złoto są doskonałymi przewodnikami.



Rysunek 1.21. Symbol omega jest używany na całym świecie do wyrażenia rezystancji w omach



Rysunek 1.22. Symbol ten może być drukowany na wiele różnych sposobów

¹ Niektóre mierniki wyświetlają w takiej sytuacji jedynie cyfrę „1” — przyp. tłum.

Procedura

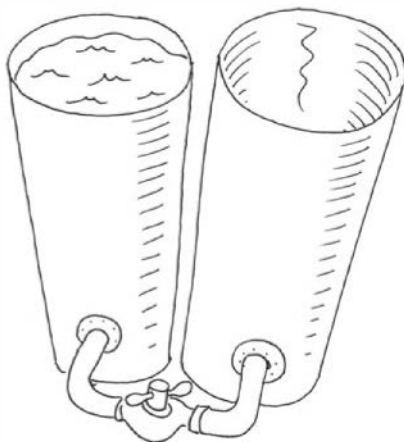
Użyjemy miernika uniwersalnego do wyznaczenia rezystancji Twojego języka. Po pierwsze, ustaw swój miernik na pomiar rezystancji. Jeżeli posiada on automatyczny dobór zakresu, zobacz, czy wyświetla „K” (wartość wyrażona w kiloomach), czy też „M” (wartość wyrażona w megaomach). Jeżeli posiadasz miernik o ręcznym doborze zakresów, zacznij od wartości nie mniejszej niż 100 000 omów (100 K). Patrz rysunki od 1.23 do 1.25.

Dotknij języka końcówkami pomiarowymi, w odległości około 2,5 cm. Zano-tuj odczytaną wartość, która powinna wynosić około 50 k Ω . Odlóż końcówki, weź chusteczkę i dokładnie osusz język. Nie dopuszczając do ponownego zawilgocenia języka, powtórz test — odczytana wartość powinna być wyższa. W końcu, dotknij końcówkami swojej ręki lub dłoni. Może okazać się, że nie odczytasz żadnej wartości, chyba że wcześniej zwilżysz skórę.

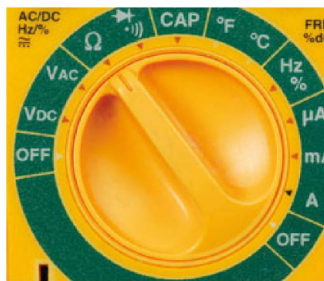
Kiedy Twoja skóra jest wilgotna (na przykład pod wpływem pocenia), jej rezystancja maleje. Ta zasada jest wykorzystywana w wariografach (zwanymi potocznie wykrywaczami kłamstw), ponieważ osoba podejrzewana o wypowiadanie kłamstwa ma tendencję do pocenia się pod wpływem stresu.

9-woltowa bateria zawiera związki chemiczne powodujące uwalnianie elektronów (cząstek elektrycznych), które w wyniku zachodzących reakcji chemicznych chcą płynąć z jednej końcówki do drugiej. Dwa ogniwa wewnątrz baterii możesz traktować jak dwa zbiorniki wodne — jeden pełny, drugi pusty. Jeżeli oba zostaną połączone rurą, woda będzie przepływać między nimi aż do uzyskania równych poziomów. Rysunek 1.26 powinien pomóc Ci wyobrazić sobie ten przypadek. Podobnie, kiedy utworzysz elektryczne połączenie między dwiema końcówkami baterii, elektrony będą przepływać z jednej do drugiej, nawet jeśli ścieżka ta zbudowana jest z wilgoci na Twoim języku.

Elektrony przepływają łatwiej przez pewne substancje (takie jak wilgoć na Twoim języku) niż przez inne (takie jak suchy język).



Rysunek 1.26. Wyobraź sobie, że bateria przypomina dwa zbiorniki, jeden pełny wody, a drugi pusty. Otwórz połączenie pomiędzy zbiornikami, a woda zacznie przepływać między nimi aż do zrównania poziomów. Im mniejszy opór w połączeniu, tym szybszy będzie przepływ



Rysunek 1.23.



Rysunek 1.24.



Rysunek 1.25. Aby zmierzyć rezystancję w omach, przesunij pokrętło na sekcję oznaczoną symbolem omega (omy). W przypadku miernika z automatycznym doбором zakresu możesz nacisnąć kilkakrotnie przycisk Range, zmieniając w ten sposób zakres pracy miernika, lub zwyczajnie dotknąć końcówkami pomiarowymi mierzonego obiektu i poczekać, aż miernik automatycznie dobierze zakres. Miernik manualny wymaga samodzielnego dobrania zakresu przy użyciu pokrętła (do pomiaru rezystancji skóry powinieneś użyć zakresu 100 K lub większego). Jeżeli nie otrzymujesz prawidłowego odczytu, spróbuj na innym ustawieniu

Człowiek, który odkrył rezystancję

Georg Simon Ohm, przedstawiony na rysunku 1.27, urodził się w Bawarii w 1787 roku i pracował w zapamiętaniu przez większość swojego życia, studiując naturę prądu przy użyciu skonstruowanego samodzielnie przewodu metalowego (we wczesnych latach XIX w. nie istniały jeszcze supermarkety budowlane, do których można byłoby podjechać po szpulę przewodu elektrycznego).

Pomimo ograniczonych możliwości i nieodpowiedniego przygotowania matematycznego Ohm był w stanie zademonstrować w roku 1827, że rezystancja przewodnika, takiego jak miedź, jest odwrotnie proporcjonalna do jego powierzchni w przekroju, a płynący przez niego prąd jest proporcjonalny do przyłożonego napięcia, pod warunkiem zachowania stałej temperatury. Czternaście lat później Towarzystwo Królewskie w Londynie w końcu uznało wagę jego prac naukowych i odznaczyło go Medalem Copleya. W naszych czasach jego odkrycie znane jest pod pojęciem prawa Ohma.



Rysunek 1.27. Georg Simon Ohm, po uhonorowaniu za swoją pionierską pracę, której większą część wykonał w zupełnym zapomnieniu

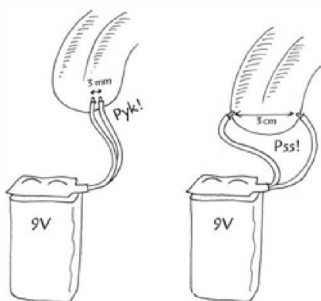
Dalsze badania

Podłącz złącze zatraskowe (pokazane wcześniej na rysunku 1.8) do 9-woltowej baterii. Weź dwa przewody wychodzące ze złącza i przytrzymaj je w taki sposób, aby ich końce były oddalone od siebie zaledwie o kilka milimetrów. Dotknij nimi swojego języka. Teraz odsuń je od siebie na trzy centymetry i ponownie dotknij języka (patrz rysunek 1.28). Czy czujesz różnicę?

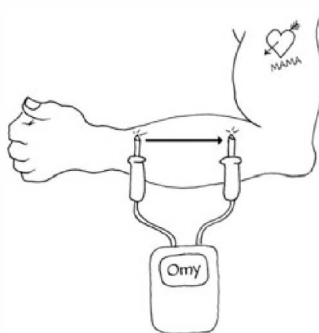
Użyj miernika, aby zmierzyć rezystancję swojego języka, zmieniając tym razem odległość pomiędzy końcówkami pomiarowymi. Kiedy prąd podróżuje przez krótszy dystans, napotyka mniejszą rezystancję całkowitą. W wyniku prąd (przepływ elektronów na sekundę) zwiększa się. Możesz spróbować wykonać podobny eksperyment na swoim ramieniu, tak jak pokazuje to rysunek 1.29.

Zmierz swoim miernikiem rezystancję wody. Rozpuść w niej odrobinę soli i dokonaj kolejnego pomiaru. Następnie zmierz rezystancję wody destylowanej (w czystym szkle).

Świat wokół Ciebie jest pełen materiałów przewodzących prąd o różnej rezystancji.



Rysunek 1.28. Modyfikacja testu z językiem w celu pokazania, iż krótszy dystans, z mniejszą rezystancją, powoduje większy przepływ prądu i mocniejszy trzask



Rysunek 1.29. Zwiłż swoją skórę przed próbą pomiaru rezystancji. Powinieneś dowieść, że rezystancja wzrasta wraz ze wzrostem odległości pomiędzy końcówkami pomiarowymi. Rezystancja jest proporcjonalna do odległości

Sprzątanie i recykliczacja

W wyniku przeprowadzonych eksperymentów Twoja bateria nie powinna ulec uszkodzeniu lub znaczącemu rozładowaniu. Będziesz mógł użyć jej ponownie.

Nie zapomnij wyłączyć swój miernik przed odłożeniem go na półkę.

Eksperyment 2: Jak nie należy używać baterii

Aby lepiej doświadczyć elektryczności, zrobisz coś, co większość książek odradza. Dokonasz zwarcia baterii. Zwarcie to bezpośrednie połączenie obu stron źródła zasilania.



Zwarcie

Zwarcie może być niebezpieczne. Nie próbuj testować zwarcia w gniazdku elektrycznym: usłyszysz jedynie głośny trzask, zobaczysz jasny rozblysł, a przewód lub narzędzie, którego użyłeś, ulegnie częściowemu stopieniu. Dodatkowo rozrzucone kawałki rozgrzanego metalu mogą Cię poparzyć lub oślepić.

Jeżeli zewrzesz akumulator samochodowy, doprowadzi to do tak dużego przepływu prądu, iż sam akumulator będzie mógł eksplodować, oblewając Cię żrącym kwasem (rysunek 1.30).

Również baterie litowe są niebezpieczne. Nigdy nie próbuj ich zwierać. Mogą ulec zapaleniu, prowadząc do poparzenia (rysunek 1.31).

W tym eksperymencie używaj wyłącznie baterii alkalicznej i tylko jednego ogniwa AA (rysunek 1.32). Powinieneś również założyć okulary ochronne, na wypadek gdyby Twoja bateria była uszkodzona.

Potrzebne będą:

- 1,5-woltowa bateria typu AA,
- uchwyt na pojedynczą baterię,
- 3-amperowy bezpiecznik,
- okulary ochronne (wystarczą zwykłe okulary lub okulary przeciwsłoneczne),
- zacisk krokodyłowy (mały lub duży).

Procedura

Użyj baterii alkalicznej. Nie używaj żadnej baterii wielokrotnego ładowania.

Umieść baterię w uchwycie zaprojektowanym do przechowywania pojedynczego ogniwa z dwoma wyprowadzonymi przewodami (patrz rysunek 1.32). Nie używaj innego rodzaju uchwytu na baterie.

Użyj „krokodyłka” do połączenia ze sobą pozbawionych izolacji końców przewodów, tak jak pokazuje to rysunek 1.32. Nie będzie iskry, ponieważ używasz jedynie 1,5 V. Odczekaj minutę, a przekonasz się, że przewody rozgrzewają się. Po kolejnej minucie przekonasz się, że również bateria jest ciepła.



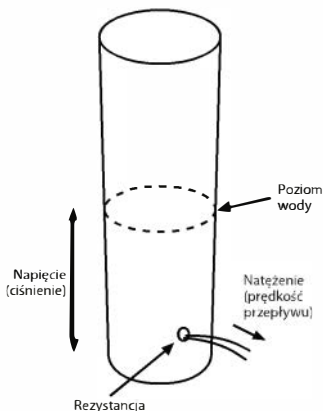
Rysunek 1.30. Każdy, kto przez przypadek upuścił metalowy klucz na niezabezpieczone końcówki akumulatora samochodowego, powie Ci, że zwarcia mogą być niebezpieczne już przy „zaledwie” 12 woltach, jeśli tylko bateria jest dostatecznie duża



Rysunek 1.31. Mała rezystancja wewnętrzna baterii litowych (często używanych w laptopach) pozwala na przepływ dużego prądu, co może prowadzić do niespodziewanych wyników. Nigdy nie wglądaj się z użyciem baterii tego typu!



Rysunek 1.32. Zwarcie baterii alkalicznej jest bezpieczne, jeśli szczególnie przestrzegasz wskazówek. Ale nawet wtedy bateria może stać się zbyt gorąca, aby dotykać jej gołymi palcami. Nie próbuj tego robić z jakimkolwiek typem baterii wielokrotnego użytku



Rysunek 1.33. Traktuj napięcie jak ciśnienie, a natężenie prądu jak prędkość przepływu

Ciepło jest wynikiem przepływu prądu przez przewody i sam elektrolit (płyn przewodzący) wewnątrz baterii. Jeżeli kiedykolwiek używałeś pompki do napompowania dętki rowerowej, wiesz, że pompka nagrzewa się. Podobne zachowanie wykazuje przepływający prąd. Możesz sobie go wyobrazić jako zbiór cząstek (elektronów), które nagrzewają przewód, próbując się przez niego przecisnąć. To porównanie nie jest doskonałe, ale w zupełności wystarczające do naszych potrzeb.

Reakcje chemiczne zachodzące wewnątrz baterii wywołują ciśnienie elektryczne. Właściwą nazwą dla tego ciśnienia jest **napięcie**, mierzone w woltach — nazwa tej jednostki pochodzi od nazwiska Alessandra Volty, pioniera w dziedzinie elektryczności.

Wracając do analogii z pojemnikami wody: wysokość słupa wody w pojemniku jest proporcjonalna do ciśnienia tej wody i porównywalna z napięciem. Rysunek 1.33 powinien pomóc Ci wyobrazić sobie tę sytuację.

Ale volty to dopiero połowa historii. Kiedy elektrony przepływają przez przewód, sam przepływ określany jest mianem **natężenia** albo, potocznie, prądu. To właśnie prąd — natężenie — generuje ciepło.

TEORIA

Dlaczego Twój język się nie nagrzał?

Kiedy dotknąłeś 9-woltową baterią swojego języka, poczułeś mrowienie, ale nie uczucie ciepła. Kiedy zwarcieś baterię, wygenerowałeś zauważalną ilość ciepła, mimo że napięcie było znacznie mniejsze. Jak możemy to wytłumaczyć?

Rezystancja Twojego języka jest bardzo duża, co znacznie redukuje przepływ elektronów. Rezystancja przewodu elektrycznego jest wielokrotnie mniejsza, zatem jeśli jedynie drut łączy dwa wyprowadzenia baterii, będzie przez niego płynąć znacznie większy prąd, generując więcej ciepła. Jeżeli wszystkie inne czynniki pozostają niezmiennie:

- Mniejsza rezystancja pozwala na większy przepływ prądu (rysunek 1.34).
- Ciepło generowane przez prąd jest proporcjonalne do jego przepływającej ilości (natężenia).

Oto kilka innych podstawowych praw:

- Przepływ prądu w jednostce czasu (sekundzie) jest wyrażany w amperach.
- Ciśnienie elektryczne, mierzone w woltach, wywołuje przepływ prądu.
- Rezystancja (opór) przepływu jest mierzona w omach.
- Wyższa rezystancja ogranicza przepływ prądu.
- Wyższe napięcie przeciwdziała rezystancji i zwiększa prąd.



Rysunek 1.34. Wzrost rezystancji powoduje ograniczenie przepływu, ale jeśli zwiększysz ciśnienie, może ono pokonać opór (rezystancję) i doprowadzić ponownie do większego przepływu

Jeśli zastanawiasz się nad tym, ile dokładnie prądu przepływa między stykami baterii po jej zwarciu, odpowiedź na to pytanie nie jest łatwa. Jeżeli spróbujesz do takiego pomiaru użyć miernika, najprawdopodobniej doprowadzisz do przepalenia bezpiecznika wewnątrz niego. Możesz spróbować ze swoim 3-amperowym bezpiecznikiem, którego strata, ze względu na niską cenę, nie będzie zbyt odczuwalna.

Zacznij od dokładnego przyjrzenia się bezpiecznikowi; możesz użyć do tego celu szkła powiększającego, jeśli takowe posiadasz. W umieszczonym pośrodku przezroczystym okienku bezpiecznika powinieneś zobaczyć kształt przypominający literkę „S”. Ta literka „S” to kawałek metalu, który ulega łatwemu stopieniu.

Usuń baterię, którą zwarteś. W tej chwili jest ona już bezużyteczna, pozbądź się jej z zachowaniem zasad recyklingu. Włóż świeżą baterię do uchwytu, podłącz bezpiecznik tak, jak pokazano to na rysunku 1.35, i przyjrzyj mu się ponownie. W środku kształtu S powinieneś zobaczyć przerwę, spowodowaną niemal natychmiastowym stopieniem metalu. Rysunek 1.36 pokazuje bezpiecznik przed podłączeniem, a rysunek 1.37 ten sam bezpiecznik po jego przepaleniu. Właśnie tak działa bezpiecznik: topi się, aby zabezpieczyć resztę układu. Mała przerwa w bezpieczniku zapobiega dalszemu przepływowi prądu.



Rysunek 1.35. Kiedy podłączysz oba przewody do bezpiecznika, mały element w kształcie litery S w środku bezpiecznika niemal natychmiast ulegnie stopieniu



Rysunek 1.36. 3-amperowy bezpiecznik, zanim jego wewnętrzny element uległ stopieniu pod wpływem pojedynczej 1,5-woltowej baterii



Rysunek 1.37. Ten sam bezpiecznik po przepaleniu przez prąd elektryczny

PODSTAWY

Volty

Ciśnienie elektryczne jest wyrażane i mierzone w woltach. Wolt jest jednostką międzynarodową. 1 miliwolt to 1/1000 wolta.

Liczba woltów	Zwyczajowy sposób wyrażania	Wyrażenie skrócone
0,001 wolta	1 miliwolt	1 mV
0,01 wolta	10 miliwoltów	10 mV
0,1 wolta	100 miliwoltów	100 mV
1 wolt	1000 miliwoltów	1 V

Ampery

Prąd elektryczny mierzymy i wyrażamy w amperach. Amper jest jednostką międzynarodową.

Liczba amperów	Zwyczajowy sposób wyrażania	Wyrażenie skrócone
0,001 ampera	1 miliamper	1 mA
0,01 ampera	10 miliamperów	10 mA
0,1 ampera	100 miliamperów	100 mA
1 amper	1000 miliamperów	1 A

Wynalazca baterii

Alessandro Volta (rysunek 1.38) urodził się we Włoszech w roku 1745, na długo przed tym, jak nauka podzieliła się na poszczególne gałęzie. Po studiowaniu chemii (w 1776 roku odkrył metan) został profesorem fizyki i zainteresował się tzw. odpowiedzialnością galwaniczną, obserwowaną jako drganie żabiej nogi pod wpływem przyłożonego statycznego ładunku elektrycznego.

Używając kieliszka napelnionego słoną wodą, Volta zademonstrował, iż reakcja chemiczna pomiędzy dwiema elektrodami, z których jedna wykonana była z miedzi, a druga z cynku, powoduje powstanie stałego prądu elektrycznego. W roku 1800 usprawnił swoje urządzenie przez złożenie razem wykonanych z miedzi i cynku płytek, oddzielonych od siebie teksturą nasączoną wodą z solą. Ten „stos Volty” był pierwszą baterią elektryczną.



Rysunek 1.38. Alessandro Volta odkrył, iż reakcje chemiczne mogą prowadzić do powstania prądu elektrycznego

Prąd stały i zmienny

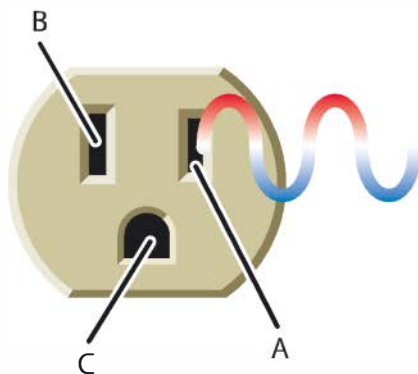
Prąd uzyskiwany z baterii jest znany jako **prąd stały** (DC, od ang. *direct current*). Tak jak w przypadku wody płynącej z kranu, strumień jest stabilny i ma jeden kierunek.

Przeptyw prądu z „gorącego” przewodu w Twoim gniazdku jest zupełnie inny. Ulega zmianie z wartości dodatniej na ujemną 50 razy na sekundę (w Stanach Zjednoczonych 60 razy na sekundę). Jest to tzw. **prąd zmienny** (AC, od ang. *alternating current*), przypominający trochę pulsujący przepływ wody z myjki ciśnieniowej.

Prąd zmienny ma kluczowe znaczenie dla niektórych celów, takich jak podnoszenie napięcia w celu przestania energii na dużą odległość. Jest on również przydatny we wszelkiego rodzaju silnikach i domowych urządzeniach AGD. Na rysunku 1.39 pokazane zostały elementy gniazdka elektrycznego używanego na terenie Stanów Zjednoczonych. Gniazdka w podobnym stylu używane są również w innych krajach, między innymi w Japonii.

W przeważającej części tej książki będę mówił o prądzie stałym. Są ku temu dwa powody: po pierwsze, większość prostych układów elektronicznych jest zasilana przez prąd stały, po drugie, zachowanie tego prądu jest o wiele łatwiejsze do zrozumienia.

Nie będę dalej przypominał, iż mamy do czynienia z prądem stałym. Przyjmij, że tak jest, o ile tylko w tekście nie pojawi się jawne odniesienie do prądu zmiennego.



Rysunek 1.39. Tego typu gniazdko elektryczne spotkać można na terenie Ameryki Północnej, Południowej, w Japonii i innych krajach. Gniazdka używane w Europie wyglądają inaczej, ale zasada ich działania jest taka sama. Styk A stanowi „żywą” część gniazdka, dostarczającą napięcie zmieniające się pomiędzy wartością dodatnią i ujemną, względem styku B, który nazywany jest stroną „neutralną” gniazdka. Jeżeli urządzenie jest podatne na uszkodzenia, na przykład przez obładowanie przewodów wewnętrznych, powinno chronić Cię poprzez zwarcie napięcia do styku C — uziemienia

Sprzątanie i recykliczacja

Pierwsza bateria AA, którą zwarłeś, jest prawdopodobnie uszkodzona i nie można jej w żaden sposób zregenerować. Powinieneś się jej pozbyć. Wrzucenie baterii do śmietnika nie jest najlepszym pomysłem, ponieważ zawiera ona metale ciężkie, które powinny być trzymane z dala od naszego ekosystemu².

Przepalony bezpiecznik jest bezużyteczny i może zostać wyrzucony.

Druga bateria, chroniona przez bezpiecznik, powinna być nadal sprawna. Również pojemnik na baterię nadaje się do dalszego użycia.

Eksperyment 3: Twój pierwszy obwód

Nadszedł czas, aby wykorzystać prąd do zrobienia czegoś, co chociaż w małym stopniu jest użyteczne. Do tego będziesz potrzebował komponentów zwanych rezystorami oraz diody świecącej (LED).

Potrzebne będą:

- 1,5-woltowe baterie typu AA, liczba: 4,
- uchwyt na cztery baterie, liczba: 1,
- rezystory: 470 Ω , 1 k Ω i 2 k Ω lub 2,2 k Ω (rezystory o wartości 2,2 k Ω są częściej spotykane od tych z wartością 2 k Ω ; obie wartości nadają się do tego eksperymentu), liczba: po jednym rezystorze z każdej wartości,
- dioda LED, dowolny typ, liczba: 1,
- zaciski krokodylki, liczba: 3.

Przygotowanie

Nadeszła pora na zapoznanie się z najbardziej fundamentalnym komponentem, jakiego używać będziemy w obwodach elektronicznych: skromnym rezystorem. Jak sugeruje jego nazwa, stawia on opór przepływającemu prądowi. Jego wartość, jak pewnie się spodziewasz, mierzona jest w omach.

Jeśli kupiłeś zestaw rezystorów z czyjejś wyprzedaży garażowej, najprawdopodobniej nie masz żadnych informacji na temat ich faktycznej rezystancji. Nic nie szkodzi, możemy to łatwo sprawdzić. Mówiąc szczerze, nawet gdyby były one jasno opisane, i tak chciałbym, abyś sprawdził ich wartości samodzielnie. Możesz zrobić to na dwa sposoby:

- Użyj swojego miernika uniwersalnego. Będzie to doskonały trening interpretacji wartości wyświetlanych na jego wyświetlaczu.
- Naucz się kodów paskowych, nadrukowanych na większości rezystorów. Instrukcje znajdziesz w poniższej sekcji — „Podstawy. Odczytywanie wartości rezystorów”.

Po ich sprawdzeniu dobrze jest je posortować do odpowiednio opisanych przedziałek w małym plastikowym pudełku na części. Pudełka tego typu znajdziesz na przykład w dużych sklepach budowlanych lub w internecie.

Ojciec elektromagnetyzmu

Urodzony w 1775 roku we Francji André-Marie Ampère (rysunek 1.40) był cudownym dzieckiem matematyki, a w późniejszych latach został nauczycielem nauk ścisłych, mimo że niemal całą swoją wiedzę posiadał samodzielnie w bibliotece swojego ojca. Jego największym dziełem było wypracowanie w roku 1820 teorii elektromagnetyzmu, opisującej sposób, w jaki przepływający prąd generuje pole elektromagnetyczne. To on również zbudował pierwsze urządzenie służące do pomiaru przepływu prądu (zwane **galwanometrem**). Jest także odkrywcą fluoru.



Rysunek 1.40. André-Marie Ampère odkrył, że prąd płynący przez przewód wytwarza wokół niego pole elektromagnetyczne. Wykorzystał tę zasadę do przeprowadzenia pierwszych wiarygodnych pomiarów tego, co później zostało określone mianem natężenia prądu

² W Polsce za wyrzucenie baterii lub akumulatorów do zwykłego pojemnika na śmieci grozi grzywna — *przyp. tłum.*

Odczytywanie wartości rezystorów

Niektóre rezystory mają swoją wartość wyrażoną w jasny sposób za pomocą mikroskopijnego nadruku, który możesz odczytać przy użyciu szkła powiększającego. Jednak większość z nich jest oznaczona kolorowymi paskami. Ten kod działa w sposób następujący: po pierwsze, musisz zignorować kolor samej obudowy. Po drugie, szukaj paska srebrnego lub złotego. Jeżeli go znajdziesz, obróć rezystor tak, aby ten pasek znajdował się po Twojej prawej stronie. Kolor srebrny oznacza, że wartość rezystora jest wyrażona z 10-procentową precyzją, a złoty z 5-procentową precyzją. Jeżeli nie znajdziesz paska złotego lub srebrnego, obróć rezystor tak, aby kod paskowy znajdował się po Twojej lewej stronie. Powinieneś teraz patrzeć na trzy kolorowe paski po lewej stronie rezystora. Niektóre rezystory mają ich więcej, ale tymi zajmiemy się za chwilę. Patrz rysunki 1.41 i 1.42.



Rysunek 1.41. Niektóre nowoczesne rezystory mają swoją wartość nadrukowaną na sobie, chociaż do jej odczytania może być potrzebne szkło powiększające. Przedstawiony tutaj rezystor 15 kΩ ma nieco ponad centymetr długości



Rysunek 1.42. Patrząc od góry w dół, wartości pokazanych rezystorów to: 56 000 omów (56 kΩ), 5600 omów (5,6 kΩ) i 560 omów. Rozmiar rezystora mówi, jak dużą moc jest on w stanie wytrzymać. Nie ma to nic wspólnego z rezystancją. Mniejsze rezystory cechują się mocą 0,25 W, większy, w środku, jest w stanie wytrzymać moc rzędu 1 W

Zaczynając od lewej, wartość pierwszego i drugiego paska zakodowana jest zgodnie z poniższą tabelą:

Czarny	0
Braźowy	1
Czerwony	2
Pomarańczowy	3
Żółty	4
Zielony	5
Niebieski	6
Fioletowy	7
Szary	8
Biały	9

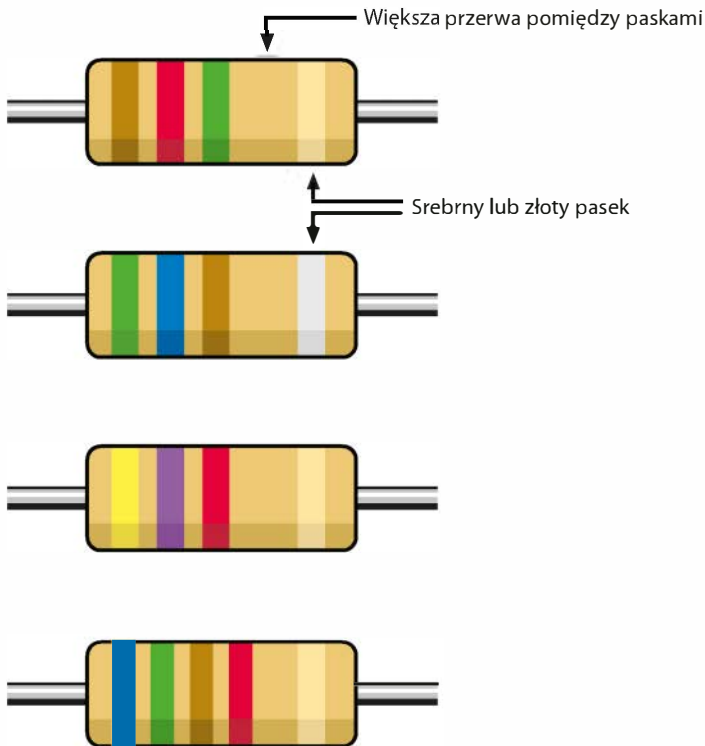
Trzeci pasek ma inne znaczenie: mówi, ile zer należy dodać na końcu, w sposób następujący:

Czarny	-	Brak zer
Braźowy	0	1 zero
Czerwony	00	2 zera
Pomarańczowy	000	3 zera
Żółty	0000	4 zera
Zielony	00000	5 zer
Niebieski	000000	6 zer
Fioletowy	0000000	7 zer
Szary	00000000	8 zer
Biały	000000000	9 zer

PODSTAWY

Zauważ, że kodowanie przy użyciu kolorów jest spójne, na przykład zielony oznacza wartość 5 (dla pierwszych dwóch pasków) lub 5 zer (dla paska trzeciego). Ponadto, kolejność kolorów odpowiada kolejności występującej w tęczy.

Zatem, rezystor o oznaczeniu brązowo-czerwono-zielonym miałby wartość 1, 2 i pięć zer, co daje w wyniku 1 200 000 omów lub 1,2 M Ω . Rezystor o oznaczeniu pomarańczowo-pomarańczowo-pomarańczowym miałby wartość 3, 3 i trzy zera, dając w wyniku 33 000 omów lub 33 k Ω . Rezystor o oznaczeniu brązowo-czarno-czerwonym miałby wartość 1, 0 i dwa dodatkowe zera, czyli 1 k Ω . Rysunek 1.43 pokazuje inne przykłady.



Rysunek 1.43. Aby odczytać wartość rezystora, w pierwszej kolejności obróć go tak, aby srebrny lub złoty pasek znalazł się po prawej stronie lub, mówiąc inaczej, wszystkie pozostałe paski znalazły się po lewej stronie. Patrząc z góry na dół: pierwszy rezystor ma wartość 1, 2 i pięć zer, czyli 1,2 M Ω . Drugi to 5, 6 i jedno zero, czyli 560 Ω . Trzeci to 4, 7 i dwa zera, czyli 4,7 k Ω . Ostatni to 5, 6, 1 i dwa zera, czyli 65 100 Ω lub 65,1 k Ω

Jeżeli natkniesz się na rezystor z czterema paskami zamiast trzech, pierwsze **trzy** będą cyframi, a **czwarty** liczbą zer. Trzeci pasek numeryczny pozwala na lepsze wykalibrowanie tolerancji wartości rezystora.

Trudne do zapamiętania? Zdecydowanie. Dlatego prościej jest sprawdzić wartość przy użyciu Twojego miernika. Musisz jedynie być świadomy tego, iż miernik może pokazać wartość odbiegającą nieco od domniemanej wartości rezystora. Wynika stąd, iż precyzja Twojego miernika nie jest doskonała lub precyzja samego rezystora nie jest doskonała (lub oba te przypadki zachodzą jednocześnie). Dla nas nie ma to większego znaczenia, o ile tylko wartość nie odbiega od spodziewanej o więcej niż 5%.

Oświetlenie diody LED

Przyjrzyj się teraz jednej ze swoich diod LED. Żarówka starego typu marnuje sporo energii, przekształcając energię elektryczną w ciepło. Diody LED są znacznie zmyślniejsze: niemal całą dostarczoną im energię konwertują na światło, a ich żywotność jest niemal nieskończona — pod warunkiem że będziesz je traktował w odpowiedni sposób.

Dioda LED jest dosyć wybredna pod względem ilości otrzymywanej energii i sposobu jej dostarczania. Przestrzegaj zawsze następujących reguł:

- Dłuższa końcówka diody LED musi otrzymać **wyższe dodatnie** napięcie w porównaniu do końcówki krótszej.
- Różnica potencjałów pomiędzy dłuższą i krótszą końcówką diody nie może przekroczyć limitu wyznaczonego przez jej producenta.
- Prąd płynący przez diodę LED nie może przekroczyć górnej granicy wyznaczonej przez jej producenta.

Co się stanie, jeśli przekroczysz te wartości? Przekonamy się.

Upewnij się, że używane przez Ciebie baterie są świeże. Możesz to sprawdzić, przestawiając swój miernik na pomiar woltów (prąd stały) i dotykając końcówkami pomiarowymi wyprowadzeń każdej baterii. Każda z nich powinna generować „ciśnienie” rzędu 1,5 wolta. Możliwe jest, że wskazywane napięcie będzie nawet nieco wyższe. Bateria rozpoczyna od dostarczania napięcia powyżej swojej nominalnej wartości i w miarę używania wytraca je. Baterie tracą napięcie również, kiedy stoją na półkach i nie są zaangażowane w żadną pracę.

Załaduj baterie do uchwytu (zwracając uwagę na ich kierunek — ujemne końcówki powinny opierać się na sprężynach). Użyj miernika do sprawdzenia napięcia na przewodach wychodzących z uchwytu na baterie. Powinieneś widzieć minimum 6 woltów.

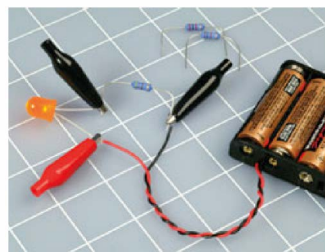
Teraz wybierz rezystor 2 k Ω . Pamiętaj, że „2 k Ω ” oznacza „2000 omów”. Jeżeli rezystor ma oznaczenie paskowe, powinieneś widzieć czerwony-czarny-czerwony wzór oznaczający 2, 0 z dwoma zerami. Ponieważ bardziej powszechne są rezystory 2,2 k Ω , możesz użyć takiego. Powinien mieć oznaczenie czerwony-czerwony-czerwony.

Wepnij go w obwód, tak jak pokazują to rysunki 1.44 i 1.45, tworząc połączenia przy użyciu zacisków krokodylkowych. Powinieneś widzieć diodę LED świecącą bardzo słabo.

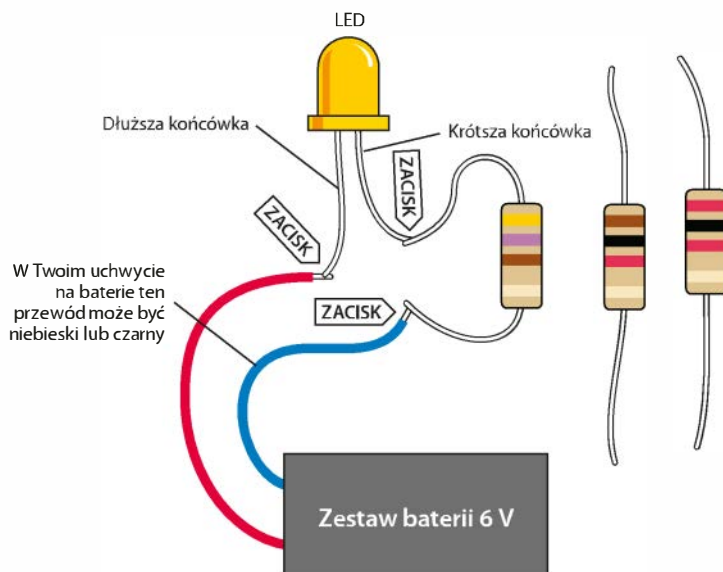
Zamień teraz swój 2-kiloomowy rezystor na rezystor 1 k Ω , który będzie oznakowany paskami brązowym, czarnym i czerwonym, oznaczającymi 1, 0 z dwoma dodatkowymi zerami. Dioda powinna teraz świecić jaśniej.

Zamień rezystor 1 k Ω na 470 Ω , który powinien mieć oznakowanie żółty-fioletowy-brązowy, oznaczające 4, 7 i jedno dodatkowe zero. Dioda powinna świecić jeszcze jaśniej.

To może wyglądać na bardzo elementarne ćwiczenie, ale udowadnia jedną istotną rzecz. Rezystor blokuje pewną część napięcia w układzie. Możesz traktować go jako węzeł lub zwężenie w giętym wężu. Rezystor o wyższej wartości blokuje więcej napięcia, pozostawiając go mniej dla diody.



Rysunek 1.44. Obwód dla eksperymentu nr 3, z widocznymi rezystorami 470 Ω , 1 k Ω i 2 k Ω . W celu uzyskania pewnego połączenia użyj zacisków krokodylkowych w miejscach pokazanych na zdjęciu. Wypróbuj kolejno każdy z wymienionych rezystorów w tym samym miejscu obwodu, obserwując jednocześnie zachowanie diody



Rysunek 1.45. Oto jak wygląda cały układ z użyciem dużej diody. Jeżeli zaczniesz od rezystora o najwyższej wartości, po zamknięciu obwodu dioda powinna świecić w miarę słabo. Rezystor zabiera większość napięcia, pozostawiając diodzie zbyt mało prądu, aby mogła świecić jasno

Sprzątanie i recykliczacja

Baterii i diody użyjemy w następnym eksperymencie. Rezystory przydadzą się w przyszłości.

Eksperyment 4: Zmiana napięcia

Potencjometry mają różne rozmiary i kształty, ale wszystkie służą do tego samego celu: pozwalają na zmianę napięcia i natężenia prądu przez zmianę rezystancji. Ten eksperyment pozwoli Ci dowiedzieć się więcej na temat napięcia, natężenia i związku pomiędzy nimi. Dowiesz się również, jak odczytywać karty katalogowe producenta.

Potrzebne będą baterie, uchwyt na nie, zaciski krokodyłki oraz dioda LED, jakich używałeś w poprzednim eksperymencie, plus:

- potencjometr, 2 k Ω , liniowy, liczba: 2; potencjometry o dużych rozmiarach, jak ten przedstawiony na rysunku 1.46, stają się rzadkością — ich miejsce zajmują wersje miniaturowe; ja chciałbym, abyś użył dużego, ponieważ pracuje się z nim o wiele łatwiej,
- jedna dodatkowa dioda LED,
- miernik.

Zajrzyj do wnętrza swojego potencjometru

Pierwszą rzeczą, jaką chcę, abyś wykonał, jest sprawdzenie zasady działania potencjometru. Oznacza to, że będziesz musiał dostać się do jego wnętrza. Właśnie z tego powodu na Twojej liście zakupów znalazły się dwa takie potencjometry (na wypadek gdybyś nie był w stanie złożyć pierwszego z powrotem w całość).

Większość potencjometrów jest przytrzymywana przez metalowe zakładki. Powinieneś być w stanie chwycić je przy użyciu szczypiec (okrągłych lub z ostrzem), a następnie odgiąć na zewnątrz. Jeśli Ci się uda, potencjometr otworzy się, tak jak przedstawiono to na rysunkach 1.47 i 1.48.



Rysunek 1.46.



Rysunek 1.47.



Rysunek 1.48. Aby otworzyć potencjometr, zacznij od podważenia czterech małych zakładek metalowych na brzegu (na rysunku 1.47 powinieneś zauważyć jedną z zakładek odgiętą po lewej stronie i drugą po prawej). W środku znajduje się zwój drutu nawinięty na plastikowym rdzeniu i para sprężystych kontaktów (ślizgacz), które przewodzą prąd z lub do zwoju, w trakcie gdy kręcisz pokrętką

W zależności od tego, czy kupiłeś najtańszy możliwy potencjometr, czy też trochę wyższej klasy, w środku znajdziesz pierścień przewodzącego plastiku lub nawinięty zwój drutu. W obu przypadkach zasada działania jest taka sama. Drut lub plastik stanowi pewną rezystancję (w tym przypadku o całkowitej wartości 2 k Ω) i w miarę jak kręcisz wałem potencjometru, ślizgacz ociera się o tę rezystancję, dając Ci skrót pomiędzy dowolnym punktem a środkowym wyprowadzeniem.

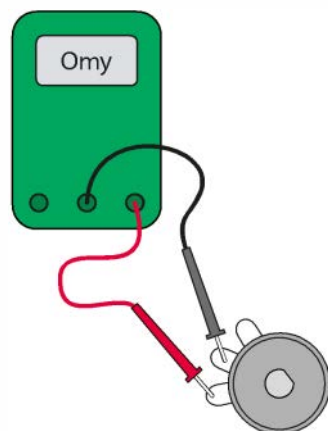
Możesz spróbować złożyć go ponownie. Jeśli się nie uda, użyj potencjometru zapasowego.

Aby przetestować potencjometr, przestaw swój miernik na pomiar rezystancji (omy) i dotknij końcówkami wyprowadzeń potencjometru, kręcąc jednocześnie pokrętką w jednym kierunku, a następnie w przeciwnym (tak jak pokazuje to rysunek 1.49).

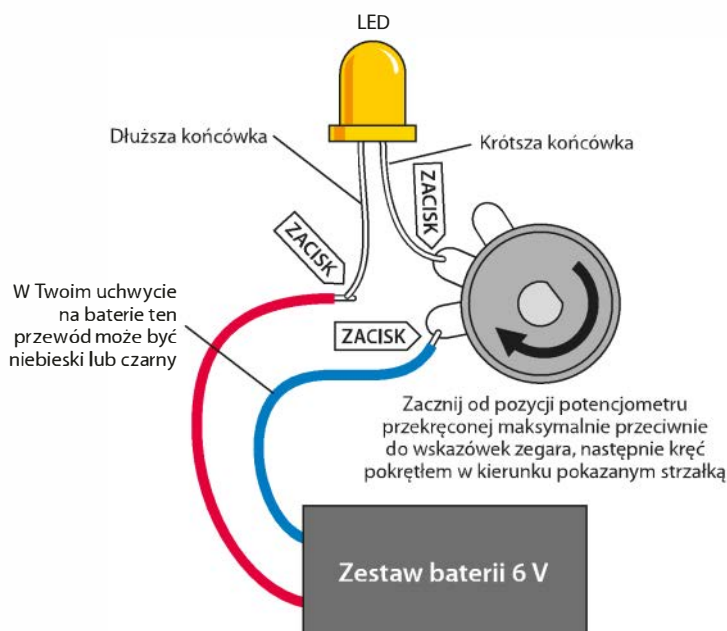
Przyciemnianie diody LED

Zacznij od ustawienia potencjometru w pozycji skrajnie skręconej przeciwnie do ruchu wskazówek zegara, w przeciwnym wypadku spalisz diodę LED, zanim jeszcze zaczniesz na dobre eksperyment. (Naprrawdę bardzo mała liczba potencjometrów zwiększa i zmniejsza rezystancję w kierunku przeciwnym do opisanego tutaj, ale jeśli tylko Twój potencjometr po otwarciu wygląda podobnie do tego na rysunku 1.48, mój opis powinien być prawidłowy).

Teraz podłącz wszystko tak, jak pokazują to rysunki 1.50 i 1.51, zwracając szczególną uwagę na to, aby metalowe części krokodylków nie stykały się ze sobą. Przekręć teraz **bardzo** powoli pokrętkę potencjometru. Zauważysz, że dioda zaczyna świecić coraz jaśniej — do momentu, ups, kiedy zupełnie zgaśnie. Czy widzisz teraz, jak łatwo można zepsuć współczesną elektronikę? Wyrzuć tę diodę LED. Ona już nie zaświeci. Weź nową — tym razem będziemy bardziej ostrożni.



Rysunek 1.49. Zmierz rezystancję pomiędzy tymi dwiema końcówkami potencjometru, kręcąc jednocześnie pokrętką w jednym i drugim kierunku



Rysunek 1.50. Schemat połączeń dla eksperymentu czwartego. Zmiana położenia wału potencjometru 2 k Ω zmienia jego rezystancję od 0 do 2000 Ω . Rezystancja ta chroni diodę LED przed pełnym napięciem 6 V baterii



Rysunek 1.51. Dioda LED na tym rysunku jest zgaszona, ponieważ przekręciłem pokrętkę potencjometru odrobinę za daleko



Rysunek 1.52.

Podczas gdy baterie są podłączone do obwodu, ustaw swój miernik na pomiar napięcia (woltów) prądu stałego (DC) — pokazują to rysunki od 1.52 do 1.54. Teraz dotknij obu stron diody LED. Spróbuj utrzymać końcówki pomiarowe w tej pozycji i jednocześnie przekręcić potencjometr odrobinę w dół. Powinno zauważyć, że napięcie na diodzie ulega odpowiednio zmianie. Mówimy tutaj o **zmianie potencjałów** pomiędzy dwoma przewodami diody.

Jeżeli zamiast diody LED użyłbyś miniaturowej lampki w starym stylu, zauważyłbyś znacznie większe wahania różnicy potencjałów, ponieważ żarówka zachowuje się jak „czysty” rezystor, podczas gdy dioda LED w pewnym stopniu dostosowuje się, modyfikując swoją rezystancję w miarę zmian napięcia.

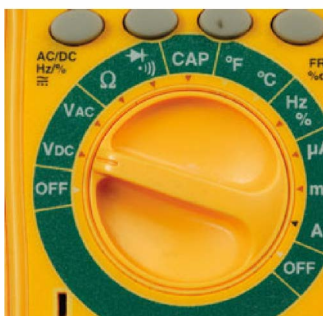
Dotknij teraz końcówkami pomiarowymi dwóch wyprowadzeń potencjometru, których używaliśmy. Będziesz mógł w ten sposób zmierzyć różnicę potencjałów między nimi. Potencjometr i dioda LED dzielą między siebie całe dostępne napięcie, zatem kiedy różnica potencjałów (spadek napięcia) na potencjometrze rośnie, różnica potencjałów na diodzie LED maleje i *vice versa*. Przyjrzyj się rysunkom od 1.55 do 1.57. Kilka rzeczy do zapamiętania:

- Jeżeli zsumujesz spadki napięcia na urządzeniach w obwodzie, całkowita suma będzie taka sama, jak napięcie dostarczone przez baterie.
- Napięcie mierzysz w sposób względny, pomiędzy dwoma punktami w obwodzie.
- Używaj miernika jak stetoskopu, bez poruszania lub przerywania połączeń w obwodzie.

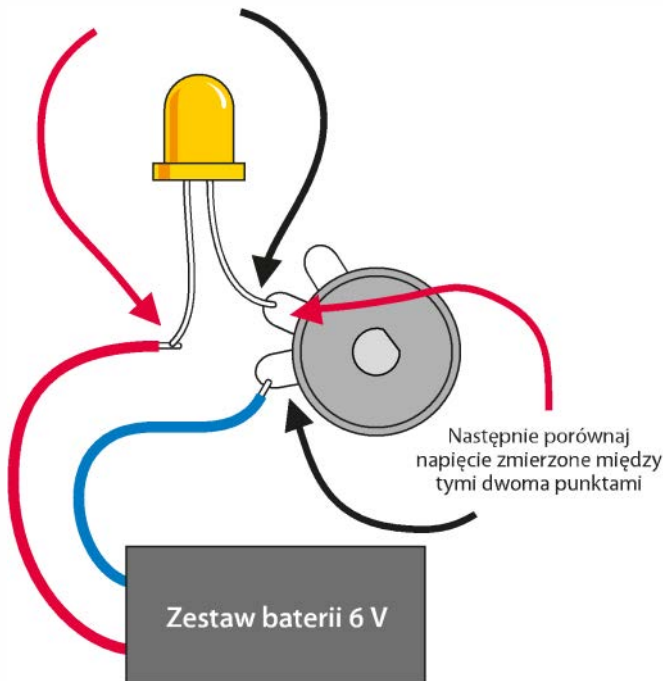


Rysunek 1.53.

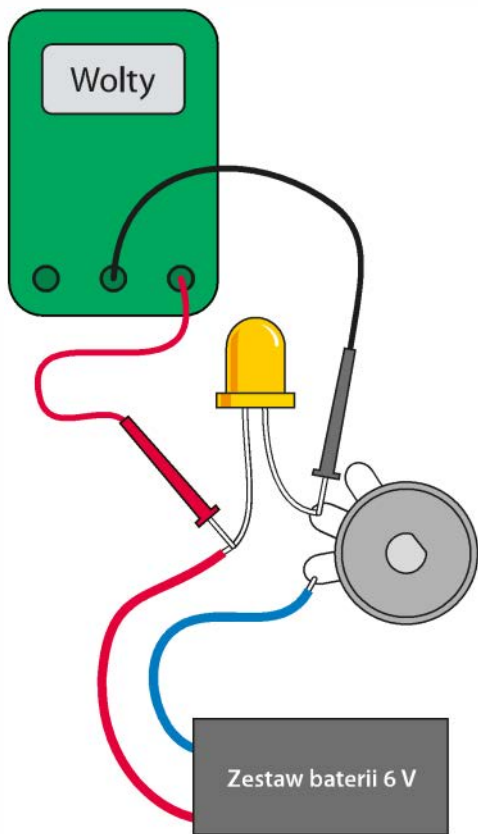
Użyj swojego miernika do pomiaru napięcia pomiędzy tymi dwoma punktami



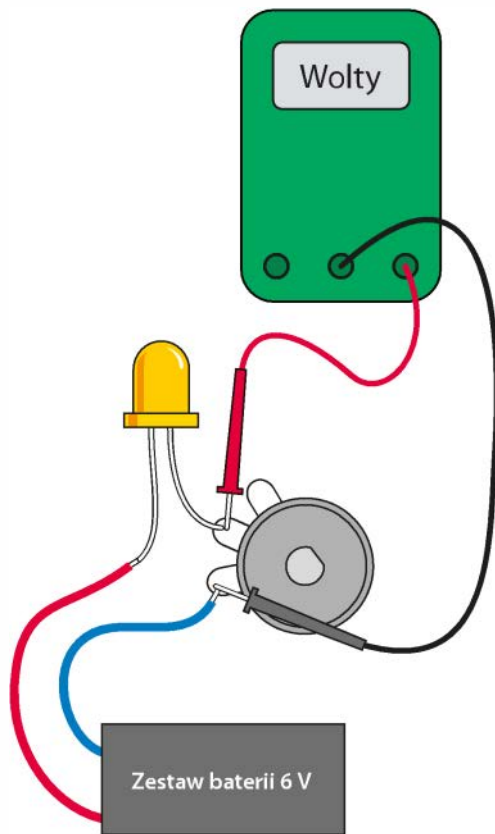
Rysunek 1.54. Każdy miernik posiada inny sposób pomiaru woltów napięcia stałego (DC). Miernik o ustawieniu manualnym (na samej górze) wymaga, abyś przesunął pokrętko do sekcji „DC”, a następnie wybrał najwyższy zakres napięcia, jakie chcesz zmierzyć. W tym przypadku wybrane napięcie to 20 (ponieważ 2 byłoby zakresem niewystarczającym). Używając miernika o automatycznym doborze zakresów (takiego jak produkowane przez firmę RadioShack), ustawiasz pokrętko na „V”, a on sam dobierze odpowiedni zakres pracy



Rysunek 1.55. Jak mierzyć napięcie w prostym obwodzie elektrycznym



Rysunek 1.56. Miernik pokazuje, jaki spadek napięcia występuje na diodzie



Rysunek 1.57. Miernik wskazuje, jaki spadek napięcia występuje na potencjometrze

Sprawdzanie przepływu

Chciałbym, abyś dokonał teraz innego rodzaju pomiaru — pomiaru przepływu prądu w obwodzie, używając Twojego miernika z ustawieniem mA (miliampery). Pamiętaj:

- Prąd możesz mierzyć jedynie, kiedy przepływa on **przez** miernik.
- Musisz wstawić swój miernik do obwodu.
- Zbyt duży prąd spowoduje przepalenie bezpiecznika wewnątrz miernika.

Zanim przejdziesz dalej, upewnij się, że ustawiłeś swój miernik na pomiar mA, a nie woltów. Niektóre mierniki wymagają do tego celu przełączenia jednego z przewodów pomiarowych do innego gniazda. Przyjrzyj się rysunkom od 1.58 do 1.61.



Rysunek 1.58. Jeśli spróbujesz zmierzyć prąd o zbyt dużym natężeniu, każdy miernik doprowadzi do przepalenia swojego wewnętrznego bezpiecznika. W naszym obwodzie nie ma takiego ryzyka, o ile tylko będziesz utrzymywał potencjometr w środku jego zakresu pracy. Wybierz ustawienie „mA” i pamiętaj, że miernik będzie wyświetlał liczby będące tysiącnymi częściami ampera



Rysunek 1.59.



Rysunek 1.60.



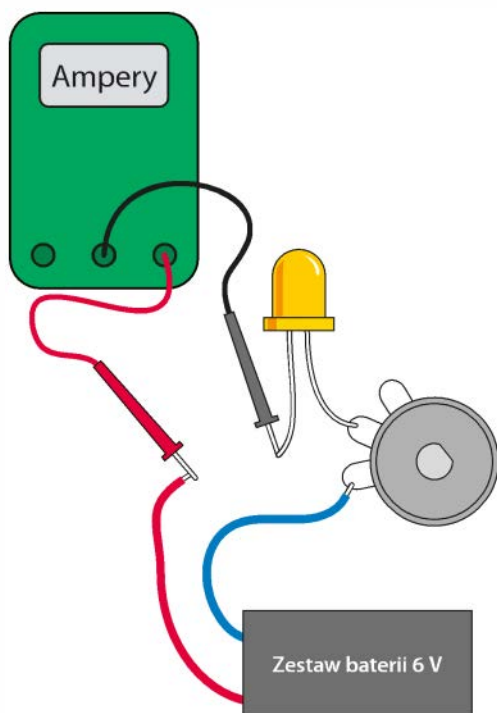
Rysunek 1.61. Miernik manualny, taki jak przedstawiony na tym zdjęciu, może wymagać, abys przełączył czerwony przewód do innego gniazda w celu pomiaru miliamperów. Większość nowoczesnych mierników nie wymaga takiego zabiegu do momentu, kiedy zdecydujesz się na pomiar prądu o większych wartościach

Włącz swój miernik do obwodu, tak jak pokazuje to rysunek 1.62. Nie przekraczaj potencjometru dalej niż do połowy jego zakresu. Rezystancja potencjometru będzie chronić Twój miernik, a także samą diodę LED. Jeżeli miernik otrzyma zbyt duży prąd, będziesz zmuszony do wymiany jego wewnętrznego bezpiecznika.

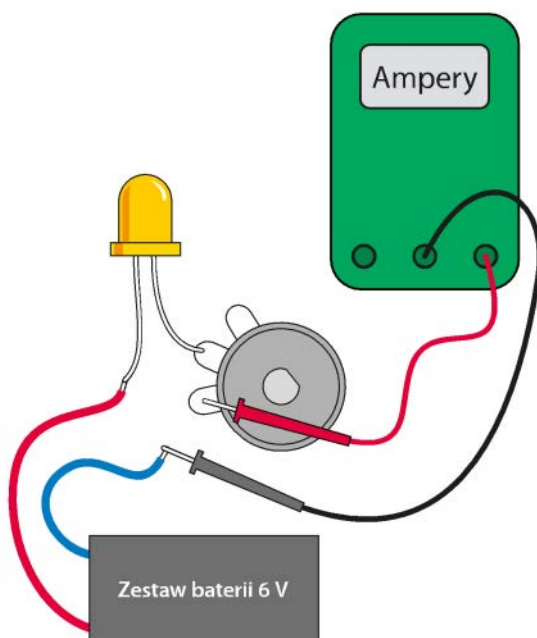
Przestawiając minimalnie pozycję potencjometru w górę i w dół, powinieneś zaobserwować wpływ zmieniającej się rezystancji w obwodzie na zmianę prądu — natężenia. Właśnie z tego powodu w poprzednim eksperymencie spaleni uległa dioda LED: zbyt duży prąd doprowadził do jej rozgrzania, a ciepło spowodowało stopienie jej wnętrza, podobnie jak w przypadku bezpiecznika, którym zajmowaliśmy się wcześniej. **Wyższa rezystancja ogranicza przepływ prądu (jego natężenie).**

Teraz wstaw miernik w inne miejsce obwodu, tak jak pokazuje to rysunek 1.63. Zmieniając położenie potencjometru w górę i w dół, powinieneś uzyskać dokładnie takie same wyniki, jak w konfiguracji z rysunku 1.62. Wynika to stąd, że prąd jest taki sam we wszystkich punktach podobnego obwodu. **Musi taki być, ponieważ elektrony nie mają innego miejsca, w kierunku którego mogłyby popłynąć.**

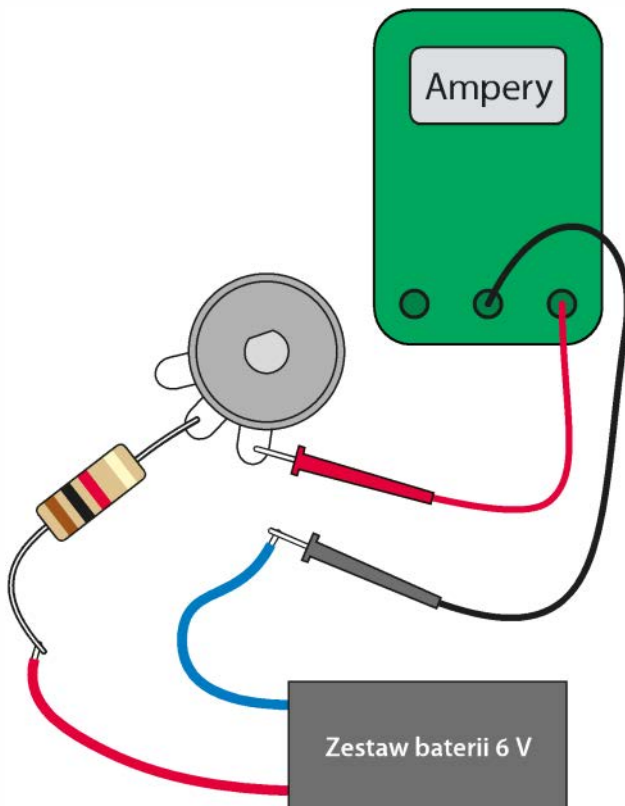
Nadeszła pora, aby przyjrzeć się liczbom. To ostatnia rzecz, jakiej spróbujesz. Odtóż na bok diodę LED i zastąp ją rezystorem o wartości $1\text{ k}\Omega$, tak jak pokazuje to rysunek 1.64. Całkowita rezystancja obwodu wynosi w tej chwili $1\text{ k}\Omega$ plus wartość wynikająca z aktualnego ustawienia potencjometru. (Również sam miernik wprowadza pewną rezystancję, ale jest ona na tyle mała, iż możemy ją pominąć).



Rysunek 1.62. Żeby móc mierzyć natężenie prądu, tak jak przedstawia to rysunek 1.63, prąd musi płynąć przez miernik. Kiedy podnosisz rezystancję, ograniczasz przepływ prądu, a to z kolei prowadzi do słabszego świecenia diody LED



Rysunek 1.63.



Rysunek 1.64. Jeżeli zastąpisz diodę LED rezystorem, będziesz mógł potwierdzić, iż prąd płynący w obwodzie zmienia się wraz ze zmianą całkowitej rezystancji tego obwodu, przy zachowaniu tego samego napięcia

Przekręć potencjometr do końca w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara. Uzyskasz w ten sposób całkowitą rezystancję rzędu $3\text{ k}\Omega$. Twój miernik powinien wskazywać przepływ prądu o natężeniu około 2 mA . Teraz przekręć potencjometr do połowy, uzyskując rezystancję całkowitą zbliżoną do $2\text{ k}\Omega$. Powinieneś widzieć prąd rzędu 3 mA . Przekręć potencjometr do końca zgodnie z ruchem wskazówek zegara, uzyskując w ten sposób rezystancję całkowitą $1\text{ k}\Omega$, a zobaczysz prąd rzędu 6 mA . Zauważ, że jeśli przemnożymy rezystancję układu przez natężenie prądu, za każdym razem otrzymamy 6 — co akurat odpowiada napięciu, jakie umieściliśmy w obwodzie. Spójrz na poniższą tabelkę:

Rezystancja całkowita	Prąd	Napięcie
[$\text{k}\Omega$]	[mA]	[V]
3	2	6
2	3	6
1	6	6

Możemy wręcz powiedzieć:

$$\text{wołty} = \text{kiloomy} \times \text{miliampery}$$

Ale skoro 1 k Ω to 1000 omów, a 1 mA to 1/1000 ampera, nasza formuła powinna wyglądać tak:

$$\text{wołty} = (\text{omy} \times 1000) \times (\text{ampery} \times 1/1000)$$

Współczynniki tysięczne upraszczają się wzajemnie i otrzymujemy:

$$\text{wołty} = \text{omy} \times \text{ampery}$$

Ta formuła jest znana jako prawo Ohma. Więcej na jej temat przeczytasz w sekcji „Podstawy. Prawo Ohma”.

PODSTAWY

Połączenia szeregowe i równoległe

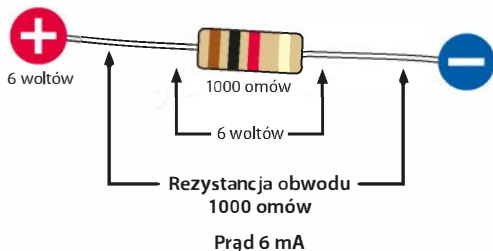
Zanim będziemy mogli przejść dalej, powinieneś dowiedzieć się, w jaki sposób rezystancja zachowuje się w obwodzie, kiedy połączysz rezystory szeregowo lub równoległe. Ilustrują to rysunki od 1.65 do 1.67. Pamiętaj:

- W połączeniu szeregowym rezystory występują jeden za drugim.
- W połączeniu równoległym rezystory znajdują się obok siebie.

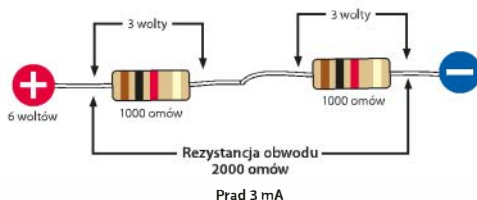
Kiedy połączysz dwa rezystory o jednakowej rezystancji w sposób szeregowy, podwoisz całkowitą rezystancję, ponieważ prąd będzie musiał pokonać kolejno dwie bariery.

Kiedy połączysz dwa rezystory o jednakowej wartości w sposób równoległy, podzielisz całkowitą rezystancję przez dwa, ponieważ umożliwisz prądowi przepływy przez dwie ścieżki zamiast jednej.

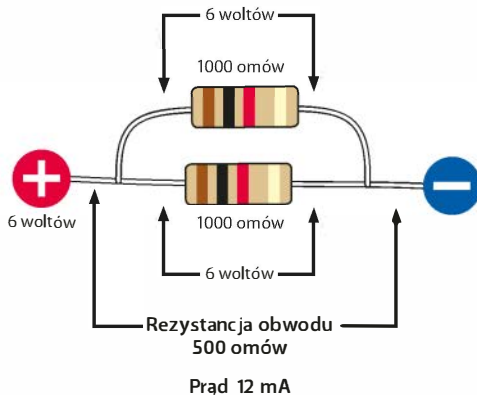
W praktyce, zazwyczaj nie potrzebujemy łączyć rezystorów w sposób równoległy, ale często łączymy tak inne komponenty. Dla przykładu, w taki sposób połączone są wszystkie żarówki w Twoim domu. Warto zatem rozumieć, że dodawanie kolejnych elementów do obwodu w sposób równoległy zmniejsza jego całkowitą rezystancję.



Rysunek 1.65. Pojedynczy rezystor przyjmuje na siebie całe napięcie i, zgodnie z prawem Ohma, wymusza przepływ prądu o natężeniu $U/R = 6/1000 = 0,006 \text{ A} = 6 \text{ mA}$



Rysunek 1.66. Kiedy dwa rezystory połączone są szeregowo, prąd musi przepłynąć przez pierwszy z nich, aby dotrzeć do drugiego, stąd każdy z nich zabiera połowę napięcia. Rezystancja w tej sytuacji wynosi 2000 omów i, zgodnie z prawem Ohma, obwód pobiera $U/R = 6/2000 = 0,003 \text{ A} = 3 \text{ mA}$ prądu



Rysunek 1.67. Kiedy dwa rezystory są połączone równoległe, każdy z nich „narażony” jest na pełne napięcie, zatem na każdym z nich występuje spadek 6 V. Prąd może teraz płynąć przez oba jednocześnie, zatem całkowita rezystancja jest o połowę mniejsza od poprzedniej. Zgodnie z prawem Ohma, obwód pobiera $U/R = 6/500 = 0,012 \text{ A} = 12 \text{ mA}$ prądu

Prawo Ohma

Z powodów, które wyjaśnię za chwilę, prąd (wyrażany w amperach) jest zazwyczaj reprezentowany przez literę *I*. *U* reprezentuje napięcie (wyrażone w woltach), a *R* rezystancję (w omach). Używając tych symboli, możesz zapisać prawo Ohma na trzy różne sposoby:

$$U = I \times R$$

$$I = U/R$$

$$R = U/I$$

Pamiętaj, *U* jest **różnicą** napięcia pomiędzy dwoma punktami w prostym obwodzie, *R* to wyrażona w omach rezystancja **pomiędzy** tymi samymi dwoma punktami, a *I* to prąd wyrażony w amperach płynący **przez** obwód pomiędzy tymi dwoma punktami.

Litera *I* jest używana ze względu na fakt, iż początkowo prąd był mierzony poprzez swoją **indukcyjność**, tzn. zdolność do tworzenia pola magnetycznego. Być może mniej mylące byłoby użycie litery *A* do oznaczenia prądu, ale niestety jest już na to za późno.

Stosowanie prawa Ohma

Prawo Ohma jest niezwykle użyteczne. Pozwala nam między innymi na sprawdzenie, czy komponent może zostać bezpiecznie użyty w obwodzie. Zamiast obciążania części do momentu, kiedy ulegnie spaleniu, możemy przewidzieć, czy będzie działać prawidłowo.

Dla przykładu, kiedy pierwszy raz bawiłeś się potencjometrem, nie wiedziałeś, do jakiej pozycji możesz go przekręcić bez uszkodzenia diody LED. Czy nie byłoby lepiej móc przewidzieć, jaką dokładnie rezystancję powinieneś połączyć szeregowo z diodą LED, aby chronić ją we właściwy sposób i jednocześnie dostarczać tyle światła, ile tylko jest możliwe?

Jak czytać strony katalogowe

Tak jak w większości przypadków, odpowiedź na to pytanie można znaleźć w sieci.

Oto jak znaleźć stronę katalogową producenta komponentu (rysunek 1.68). Po pierwsze, znajdź interesujący Cię komponent w zestawieniu, które otrzymałeś razem z częściami. Następnie użyj wyszukiwarki internetowej, wpisując numer części i producenta. W dużej części przypadków odnośnik do strony katalogowej pojawi się jako jeden z pierwszych wyników. Niektóre sklepy internetowe (np. www.elfaelektronika.pl) jeszcze bardziej ułatwiają sprawę, udostępniając dla wielu produktów bezpośredni odnośnik do karty katalogowej producenta.



TLHG / R / Y540.
Vishay Semiconductors

High Efficiency LED in 5 mm Tinted Diffused Package

Description
The TLH54... series was developed for standard applications like general indicating and lighting purposes. It is housed in a 5 mm tinted diffused plastic package. The wide viewing angle of these devices provides a high on-off contrast. Several selection types with different luminous intensities are offered. All LEDs are categorized in luminous intensity groups. The green and yellow LEDs are categorized additionally in wavelength groups.

That allows users to assemble LEDs with uniform appearance.

Features

- Choice of three bright colors
- Standard T-1 1/2 package
- Small mechanical tolerances
- Suitable for DC and high peak current
- Wide viewing angle
- Luminous intensity categorized
- Yellow and green color categorized
- TLH54... with stand-offs
- Lead-free device






Applications

- Status lights
- OFF / ON indicator
- Background illumination
- Resistor lights
- Maintenance lights
- Legend light

Rysunek 1.68. Początek typowej strony katalogowej, zawierającej wszelkie specyfikacje produktu i dostępnej za darmo w internecie

Ile prądu konsumuje przewód elektryczny?

Zazwyczaj ignorujemy rezystancję przewodów, takich jak końcówki wystające z rezystora, ponieważ jest ona niezwykle mała. Jeśli jednak spróbujesz wymusić przepływ prądu o znacznych wartościach przez długie odcinki bardzo cienkiego przewodu, ich rezystancja może nabrać znaczenia.

Jak dużego znaczenia? Dowiemy się tego, stosując ponownie prawo Ohma.

Załóżmy, że bardzo długi przewód ma rezystancję $0,2 \Omega$, a my chcemy przez niego przepuścić prąd o natężeniu 15 amperów. Ile napięcia „ukradnie” przewód w takim obwodzie ze względu na swoją rezystancję?

Zapiśmy to, co wiemy:

$$R = 0,2$$

$$I = 15$$

Chcemy poznać U , różnicę potencjałów dla przewodu, zatem używamy wzoru, w którym U znajduje się po lewej stronie równania:

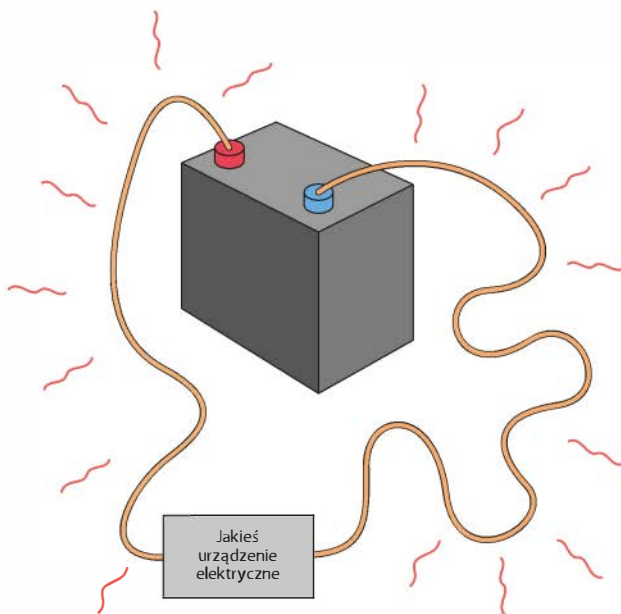
$$U = I \times R$$

Podstawiamy wartości:

$$U = 15 \times 0,2 = 3 \text{ wolt}$$

Trzy wolt to nic wielkiego, jeżeli Twoje źródło zasilania dysponuje dużym napięciem, ale jeśli jest to na przykład 12-woltowy akumulator samochodowy, taki przewód zabierze jedną czwartą dostępnego napięcia.

Teraz już wiesz, dlaczego okablowanie w samochodach nie należy do cienkich — celem jest zredukowanie rezystancji przewodów znacznie poniżej $0,2 \Omega$. Patrz rysunek 1.69.



Rysunek 1.69. Kiedy 12-woltowy akumulator samochodowy zasila pewne urządzenie elektryczne poprzez długie i cienkie przewody, rezystancja tych przewodów powoduje zawłaszczenie pewnej ilości napięcia i rozproszenie go w postaci ciepła

Początki mocy

Urodzony w Szkocji w roku 1736 James Watt (rysunek 1.70) jest znany jako wynalazca maszyny parowej. Watt urządził sobie małą pracownię na uniwersytecie w Glasgow, gdzie usiłował doprowadzić do doskonałości projekt efektywnego użycia maszyny parowej do poruszania tłokiem w cylindrze. Problemy finansowe oraz słabo rozwinięta wówczas sztuka formowania metali opóźniły pomyślane zakończenie prac aż do roku 1776.

Pomimo trudności w uzyskaniu patentów (które w owym czasie mogły być przyznane jedynie aktem parlamentu) Watt i jego partner biznesowy w końcu zarobili spore pieniądze na jego innowacji. Mimo że on sam pojawił się na kartach historii jeszcze przed erą elektryczności, w 1889 roku (70 lat po śmierci) jego nazwisko zostało użyte do oznaczenia podstawowej jednostki mocy elektrycznej, która definiowana jest jako iloczyn natężenia i napięcia. Zjrzyj do sekcji „Podstawy. Watty”.



Rysunek 1.70. Wkład Jamesa Watta w rozwój maszyny parowej umożliwił rewolucję przemysłową. Po śmierci został uhonorowany przez nazwanie jego nazwiskiem podstawowej jednostki mocy elektrycznej

Oto przykład. Założmy, że potrzebujemy czerwonej diody LED, takiej jak produkowana przez firmę Vishay o numerze TLHR5400 (dostępnej np. tutaj: www.elfaelektronika.pl). Mogą przejść na stronę katalogową tej diody, znajdującą się w serwisie internetowym producenta — Vishay Semiconductor (www.vishay.com). W miarę szybko na moim monitorze wyświetlony zostaje dokument PDF. Znalaziona strona katalogowa dotyczy typów diod TLHR, TLHG i TLHY, czyli odpowiednio czerwonych, zielonych i żółtych, co sugerują litery G (*green*), R (*red*) i Y (*yellow*) na końcu nazw typów. Przechodzę niżej w dokumencie i patrzę na sekcję *Optical and Electrical Characteristics* („Charakterystyki elektryczne i optyczne”). Dowiaduję się tutaj, że przy prądzie 20 mA dioda charakteryzuje się typowym (patrz sekcja *TYP* — skrót od angielskiego słowa *Typical*) „napięciem przewodzenia” 2 V. Maksymalne (patrz sekcja *MAX.*) napięcie wynosi 3 V.

Przyjrzyjmy się teraz innej karcie katalogowej, gdyż nie wszystkie pisane są w ten sam sposób. Wybiorę inną diodę LED, firmy Kingbright, o numerze części WP7113SGC. Po wyszukaniu jej w przeglądarce kliknij na odnośnik prowadzący do strony katalogowej. Na drugiej stronie dokumentu dowiadujemy się, że typowe napięcie przewodzenia to 2,2, a maksymalne 2,5. Maksymalny prąd przewodzenia wynosi 25 mA. Znaleźć tam można również dodatkowe informacje: maksymalne napięcie wsteczne wynosi 5 V, a maksymalny prąd wsteczny to 10 μA (mikroamperów, czyli tysięcznych części miliampera). To mówi nam, iż powinniśmy unikać przykładania do diody nadmiernego napięcia w odwrotnym kierunku. Jeżeli przekroczysz dopuszczalne napięcie wsteczne, ryzykujesz spalanie diody. Zawsze zwracaj uwagę na polaryzację!

Kingbright ostrzega nas również, ile ciepła jest w stanie wytrzymać dioda przez kilka sekund: 260°C. Jest to istotna informacja, gdyż już niedługo odłożymy na bok zaciski krokodylki i będziemy używać stopionej cyny do łączenia ze sobą części elektronicznych. Ponieważ do tej pory, w zaledwie czterech eksperymentach, zniszczyliśmy już baterię, bezpiecznik i diodę LED, prawdopodobnie nie będziesz zaskoczony, kiedy powiem Ci, że przyjdzie nam zniszczyć jeszcze kilka komponentów, testując ich wytrzymałość podczas lutowania rozgrzanym metalem.

Tak czy inaczej, wiemy już, czego oczekuje dioda LED, możemy więc pomyśleć, jak zaspokoić jej potrzeby. Jeżeli masz problemy z posługiwaniem się ułamkami dziesiętymi, zanim przejdiesz dalej, zjrzyj do sekcji „Podstawy. Ułamki dziesiętne”.

Jak dużego rezystora potrzebuje dioda LED

Założmy, że chcemy użyć diody LED firmy Vishay. Czy pamiętasz jej wymagania wynikające z karty katalogowej? Maksymalnie 3 woltów, a bezpieczny prąd to 20 mA.

Zamierzam ograniczyć napięcie do 2,5 V, aby mieć pewność, że jestem w bezpiecznej strefie. Mamy baterię o napięciu 6 V. Odejmujemy 2,5 od 6 i otrzymujemy 3,5. Potrzebujemy zatem rezystora, który zabierze 3,5 V w obwodzie, pozostawiając 2,5 dla diody.

Przepływ prądu jest taki sam we wszystkich miejscach naszego prostego układu. Chcemy, aby maksymalnie przez diodę przepływał prąd o natężeniu 20 mA, taka sama ilość będzie przepływać przez rezystor.

Możemy zapisać teraz to, co wiemy na temat rezystora w naszym obwodzie. Zauważ, że musimy przekonwertować wszystkie jednostki na wolty, ampery i omy, zatem 20 mA powinno zostać zapisane jako 0,02 A:

$$U = 3,5 \text{ (spadek napięcia na rezystorze)}$$

$$I = 0,02 \text{ (prąd płynący przez rezystor)}$$

Chcemy poznać R — rezystancję. Używamy zatem wariantu prawa Ohma, w którym R znajduje się po lewej stronie równania:

$$R = U/I$$

Podstawiamy wartości:

$$R = 3,5/0,02$$

Jeżeli nie radzisz sobie z ułamiakami w pamięci, użyj kalkulatora. Odpowiedź to:

$$R = 175 \Omega$$

Akurat tak się składa, że 175 Ω nie jest wartością standardową. Musisz dobrać 180 lub 220 Ω , ale obie wartości są dostatecznie blisko.

Patrząc wstecz, można powiedzieć, że rezystor 470 Ω , którego użyłeś w eksperymencie trzecim, był wyborem bardzo zachowawczym. Zasugerowałem taką wartość, ponieważ wcześniej powiedziałem, że możesz użyć dowolnej diody LED. Doszedłem do wniosku, że niezależnie do tego, jakiej diody użyjesz, nic nie powinno się stać, jeśli zabezpieczysz ją 470 omami.

Sprzątanie i recykliczacja

Diodę możesz wyrzucić. Cała reszta nadaje się do ponownego użycia.

PODSTAWY

Ułamki dziesiętne

Legendarny brytyjski polityk sir Winston Churchill jest znany ze swojego narzekania na temat „tych przeklętych kropek”. Odnosił się w ten sposób do miejsc dziesiętnych. Ponieważ w tym czasie Churchill był ministrem skarbu państwa, a zatem odpowiadał za wszystkie wydatki rządu, jego trudności z radzeniem sobie z ułamiakami stanowiły pewnego rodzaju problem. Mimo to poradził sobie z nim w starym, dobrym, brytyjskim stylu. Skoro on sobie poradził, i Ty możesz.

Możesz korzystać z pomocy kalkulatora lub przestrzegać dwóch poniższych zasad.

Mnożenie to przesuwanie miejsca dziesiętnego

Załóżmy, że chcesz pomnożyć 0,03 przez 0,002:

1. Przesuń miejsce dziesiętne na koniec obu liczb. W tym przypadku musisz przesunąć miejsca dziesiętne w sumie o 5 miejsc, uzyskując w ten sposób liczby 3 i 2.
2. Pomnóż przez siebie powstałe liczby i zanotuj wynik. W tym przypadku będzie to $3 \times 2 = 6$.
3. Przesuń miejsce dziesiętne z powrotem o taką samą liczbę miejsc, o jaką przesunąłeś je w pierwszym kroku. W tym przypadku otrzymasz 0,00006.

Dzielenie to usuwanie zer

Załóżmy, że chcesz podzielić 0,006 przez 0,0002:

1. Przesuń miejsca dziesiętne obu liczb w prawo o taką samą liczbę miejsc aż do momentu, kiedy obie będą większe od 1. W tym przypadku musisz przesunąć miejsca dziesiętne obu liczb o cztery miejsca. Otrzymasz zatem 60 dzielone na 2.
2. Wykonaj dzielenie. Wynikiem w tym przypadku jest 30.

Matematyka a Twój język

Powróć jeszcze raz do pytania, które zadałem przy okazji poprzedniego eksperymentu: dlaczego Twój język się nie rozgrzał?

Teraz, kiedy znasz prawo Ohma, możesz wywnioskować przyczynę na podstawie liczb. Załóżmy, że bateria dostarcza faktycznie 9 woltów, a Twój język ma rezystancję rzędu 50 k Ω , czyli 50 000 omów. Zapisz to, co wiemy:

$$U = 9$$

$$R = 50\ 000$$

Chcemy poznać wartość płynącego prądu, zatem używamy wersji prawa Ohma z prądem po lewej stronie równania:

$$I = U/R$$

Podstawiamy wartości:

$$I = 9/50\ 000 = 0,00018 \text{ ampera}$$

Przesuń miejsce dziesiętne o trzy miejsca, aby przekonwertować tę wartość na miliampery:

$$I = 0,18 \text{ mA}$$

Jest to prąd o bardzo małej wartości i nie wyprodukuje zbyt dużo ciepła przy 9 woltach.

A co z przypadkiem, kiedy zwarteś baterię? Jaka wartość prądu doprowadziła do rozgrzania przewodów? Załóżmy, że przewody mają rezystancję rzędu 0,1 oma (prawdopodobnie faktyczna wartość jest jeszcze mniejsza, ale przyjmijmy, że jest to faktycznie 0,1). Zapisujemy to, co wiemy:

$$U = 1,5$$

$$R = 0,1$$

Ponownie, chcemy znaleźć wartość płynącego prądu, zatem używamy wzoru:

$$I = U/R$$

Podstawiamy wartości:

$$I = 1,5/0,1 = 15 \text{ amperów}$$

To prąd o wartości ponad 100 000 razy większej niż ten, który płynął przez Twój język, co spowodowało wygenerowanie znacznie większej ilości ciepła, mimo że napięcie było mniejsze.

Czy taka mała bateria faktycznie była w stanie wydobyc z siebie 15 amperów? Przypomnij sobie, że zarówno ona, jak i przewody nagrzały się dosyć mocno. To mówi nam, że elektrony napotkały pewną rezystancję zarówno w baterii, jak i w przewodach (gdymy było inaczej, skąd wzięłoby się ciepło?). W normalnych warunkach możemy zapomnieć o wewnętrznej rezystancji baterii, ponieważ jest ona mała, ale przy dużych prądach staje się ona istotnym czynnikiem.

Byłem niechętny zwieraniu baterii poprzez miernik, aby spróbować zmierzyć taki prąd. Mój miernik wysiądzie, jeśli prąd przekroczy 10 A. Spróbowałem jednak wstawić inne bezpieczniki do obwodu, aby przekonać się, czy one ulegną zniszczeniu. Kiedy użyłem bezpiecznika 10 A, okazało się, że ten się nie spalił. Dlatego jestem całkiem pewien, że dla tej marki baterii, której użyłem, płynący prąd miał wartość poniżej 10 A, ale wiem, że był powyżej 3 A, ponieważ bezpiecznik 3 A spalił się niemal natychmiast.

Wewnętrzna rezystancja 1,5-woltowej baterii zapobiega przepływowi zbyt dużego prądu. Właśnie dlatego przestrzegalem przed używaniem większej baterii (w szczególności akumulatora samochodowego). Większe baterie mają znacznie mniejszą rezystancję wewnętrzną, pozwalając na przepływ niebezpiecznie wielkich prądów generujących ilość ciepła, która może doprowadzić wręcz do eksplozji. Akumulator samochodowy jest zaprojektowany do dostarczania wręcz setek amperów, kiedy następuje rozruch silnika. Prąd dostarczany przez akumulator wystarczy do spawania metalu.

Również baterie litowe mają małą rezystancję wewnętrzną, co czyni je bardzo niebezpiecznymi przy zwarciu. Prąd o dużym natężeniu może być również niebezpieczny, jak wysokie napięcie.

Waty

Nie wspominałem jeszcze o jednostce, która jest znana wszystkim jako wat.

Wat jest jednostką pracy. Inżynierowie mają swoją własną definicję pracy — mówią, że praca jest wykonywana, kiedy człowiek, zwierzę lub maszyna popycha coś, pokonując opór mechaniczny. Przykładami takiej pracy mogłyby być: maszyna parowa ciągnąca pociąg na płaskich torach (pokonując tarcie i opór powietrza) lub osoba wchodząca po schodach (pokonując siłę grawitacyjną).

Kiedy elektrony „przepychają” się przez obwód, pokonują pewien rodzaj rezystancji, zatem wykonują pracę, która może być zmierzona i wyrażona w watach. Definicja jest prosta:

$$\text{waty} = \text{wolt} \times \text{amper}$$

Można ją również wyrazić, używając odpowiednich symboli. Trzy poniższe formuły mają takie samo znaczenie:

$$P = U \times I$$

$$U = P/I$$

$$I = P/U$$

Waty, podobnie jak wolt, mogą być poprzedzone przedrostkiem „m” oznaczającym „mili”:

Liczba watów	Zwyczajowy sposób wyrażania	Wyrażenie skrótowe
0,001 wata	1 miliwat	1 mW
0,01 wata	10 miliwatów	10 mW
0,1 wata	100 miliwatów	100 mW
1 wat	1000 miliwatów	1 W

Ponieważ elektrownie mają do czynienia ze znacznie większymi wartościami, możesz czasem napotkać również kilowaty (z użyciem litery „k”) i megawaty (z użyciem wielkiej litery „M”, której nie należy mylić z małą literą „m”, służącą do wyrażenia miliwatów):

Liczba watów	Zwyczajowy sposób wyrażania	Wyrażenie skrótowe
1 000 watów	1 kilowat	1 kW
1 000 000	1 megawat	1 MW

Moc żarówek jest wyrażana w watach, podobnie moc kolumn głośnikowych. Wat pochodzi od nazwiska Jamesa Watta, wynalazcy maszyny parowej. Nawiasem mówiąc, wartość mocy wyrażoną w watach można przekonwertować na odpowiednik w koniach mechanicznych i odwrotnie.

Ocena mocy

Wspominałem wcześniej, że rezystory są zazwyczaj ustawione w szeregu dopuszczalnej mocy, który zawiera takie wartości jak 0,25 W, 0,5 W, 1 W itd. Zasugerowałem, abyś kupił rezystory o mocy 0,25 W lub wyższej. Skąd miałem taką wiedzę?

Wróćmy do obwodu z diodą LED. Jak pamiętasz, chcieliśmy, aby rezystor tracił napięcie 3,5 wolta, przy prądzie rzędu 20 mA. Jaką moc wymusiłoby to na rezystorze ?

Zapiszmy to, co wiemy:

$$U = 3,5 \text{ (wymuszony spadek napięcia na rezystorze)}$$

$$I = 20 \text{ mA} = 0,02 \text{ A (prąd płynący przez rezystor)}$$

Chcemy poznać P, zatem używamy wzoru:

$$P = U \times I$$

Podstawiamy wartości:

$$P = 3,5 \times 0,02 = 0,07$$

$$\text{W (moc tracona przez rezystor)}$$

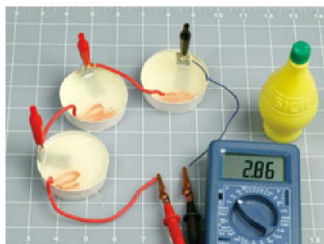
Rezystor o mocy 0,25 W będzie miał w takim przypadku czterokrotnie większy zapas. Mógłbyś właściwie użyć również rezystora o mocy 0,125 W, ale w kolejnych eksperymentach będziemy potrzebować takich o mocy 0,25 W, a nic nie stoi na przeszkodzie, aby używać rezystorów o większej mocy, nawet jeśli dany obwód elektryczny nie stawia takich wymagań.

Eksperyment 5: Zrobmy własną baterię

Dawno temu, zanim wymyślono surfowanie po sieci, współdzielenie plików czy choćby telefony komórkowe, dzieci były do tego stopnia pozbawione zajęć, że próbowały same wypełnić sobie czas eksperymentami kuchennymi, takimi jak tworzenie prymitywnej baterii przez wciskanie gwoździa i małej monety do cytryny. Trudno w to uwierzyć? Być może, ale to prawda!



Rysunek 1.71. Bateria złożona z trzech cytryn. Nie bądź rozczarowany, jeśli nie uda się z ich pomocą oświetlić diody LED. Cytryny mają dużą rezystancję wewnętrzną, dlatego nie mogą dostarczyć prądu o większym natężeniu, szczególnie przez względnie małą powierzchnię gwoździ i monet. Wygenerowane przy ich pomocy napięcie jest jednak dostatecznie duże, aby można było zmierzyć je miernikiem uniwersalnym



Rysunek 1.72. Sok z cytryny w butelce wydaje się działać równie dobrze co ten wyciśnięty z samego owocu. Odciałem dna trzech papierowych kubeczków, włożyłem do każdego z nich galwanizowany uchwyt, natomiast do zrobienia dodatnich elektrod użyłem zwykłego grubego drutu miedzianego

To naprawdę bardzo stara sztuka, ale mimo to chcę jej spróbować, ponieważ każdy, kto chce poczuć elektryczność, powinien zobaczyć, jak łatwo można wyluskać ją z otaczających nas obiektów codziennego użytku. Dodatkowo, jeśli użyjesz cytryny, być może będziesz w stanie wygenerować wystarczająco duże napięcie, aby zasilić diodę LED.

Podstawowymi elementami baterii są dwie metalowe elektrody zanurzone w elektrolicie. Nie będę tutaj definiował tych określeń (ich wyjaśnienie znajdziesz w dalszej sekcji, zatytułowanej „Teoria. Natura elektryczności”). Na chwilę obecną powinieneś tylko wiedzieć, że sok cytrynowy będzie Twoim elektrolitem, natomiast miedź i cynk posłużą jako elektrody. Miedzi dostarczy np. jednocentówka, pod warunkiem że jest w miarę nowa i błyszcząca. Monety tego typu nie są już wykonywane wyłącznie z miedzi, ale nadal są nią pokryte, co w zupełności wystarcza³.

Aby znaleźć element cynkowy, będziesz musiał udać się do sklepu z wyrobami metalowymi, gdzie powinieneś zapytać o gwoździe stosowane do budowy dachów. Gwoździe tego typu są pokryte cynkiem, co zapobiega ich rdzewieniu. Z cynku wykonane są małe wsporniki i jest nim pokryta również blacha służąca do prac dekarских. Elementy pokryte tym metalem powinny mieć srebrny, matowy odcień. Jeżeli mają bardziej błyszczące wykończenie, najprawdopodobniej są pokryte niklem.

Przetnij cytrynę na pół, ustaw swój miernik na pomiar napięcia stałego, rzędu dwóch woltów, i chwyć jedną końcówką element miedziany, a drugą cynkowy gwoździe (lub inny obiekt pokryty cynkiem). Teraz wciśnij obie rzeczy do miąższu cytryny, trzymając je w miarę blisko siebie, ale tak, aby się nie dotykały. Na swoim mierniku powinieneś odczytać napięcie pomiędzy 0,8 a 1 V.

Możesz poeksperymentować z innymi obiektami i płynami, aby przekonać się, które z nich dają najlepszy wynik. Wydajność swojej baterii możesz zwiększyć, zanurzając monetę i gwoździe w soku cytrynowym wyciśniętym do małego kieliszka lub podstawki na jajko, chociaż możesz mieć wtedy problem z utrzymaniem wszystkiego razem. Jako zamiennika soku z cytryny można użyć soku z grejfruta lub octu.

Aby oświetlić typową diodę LED, potrzeba więcej niż jednego wolta. W jaki sposób wygenerować dodatkowe „ciśnienie” elektryczne? Oczywiście, przez ułożenie baterii w szereg. Innymi słowy, trzeba więcej cytryn! (Lub więcej kieliszków, względnie podstawek na jajko). Będziesz również potrzebował przewodów, aby połączyć ze sobą poszczególne elektrody, co z kolei może wymusić przejście do rozdziału drugiego, gdzie wyjaśniam, w jaki sposób zdjąć izolację z przewodów. Całą konfigurację pokazują rysunki 1.71 i 1.72.

Jeśli ustawisz wszystko tak jak trzeba, upewniając się, że żadna z elektrod nie dotyka swojego sąsiada, być może będziesz w stanie oświetlić diodę przy użyciu dwóch lub trzech baterii cytrynowych połączonych w szereg. (Niektóre diody LED są bardziej czułe na mały prąd niż inne. O tego typu diodach LED — wymagających bardzo małego prądu — będziemy mówić później. Jeżeli zależy Ci na zwiększeniu szansy zadziałania Twoich baterii z cytryn, poszukaj niskoprądowych diod LED w sieci i kup kilka sztuk).

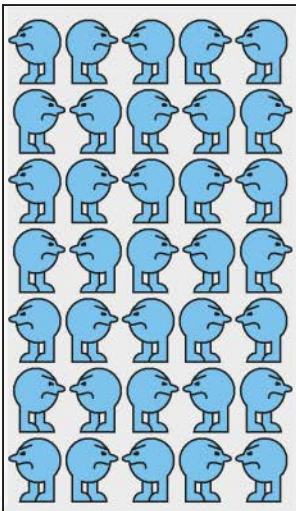
³ Niestety, żadna z polskich monet nie jest pokryta miedzią. Dlatego można użyć do tego eksperymentu innego elementu miedzianego. Może to być na przykład jedna z miedzianych kształtek używanych do budowy instalacji wodnych, najlepiej zaślepka miedzianej rurki — *przypr. tłum.*

Natura elektryczności

Aby zrozumieć elektryczność, musisz zacząć od pewnej podstawowej wiedzy na temat atomów. Każdy atom składa się z jądra zawierającego protony o dodatnim ładunku elektrycznym. Jądro jest otoczone przez elektrony o ujemnym ładunku elektrycznym.

Rozerwanie jądra atomu wymaga sporo energii, ale jednocześnie prowadzi do uwolnienia sporej dawki energii — dzieje się tak w trakcie wybuchu jądrowego. O wiele mniej energii wymaga przekonanie kilku elektronów, aby opuściły atom (lub złączyły się z nim). Dla przykładu, kiedy cynk reaguje chemicznie z kwasem, jest w stanie uwolnić elektrony. Taka sytuacja ma miejsce w przypadku cynkowej elektrody baterii chemicznej z eksperymentu numer pięć.

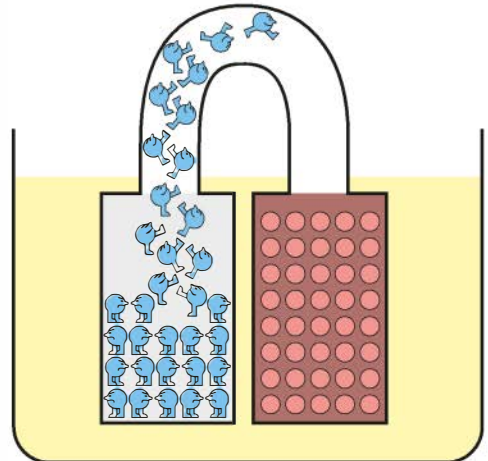
Reakcja tego typu ulega szybko zatrzymaniu, elektrony akumulują się na elektrodzie cynkowej. Czują one siłę wzajemnego odpychania, ale nie mają żadnego miejsca, w które mogłyby się udać. Możesz wyobrazić je sobie jako tłum wrogich osób, z których każda chce, aby cała reszta sobie poszła, i żadna nie chce, aby dołączył do nich ktoś nowy (rysunek 1.73).



Rysunek 1.73. Elektrony na elektrodzie mają „złe” podejście, znane jako wzajemne odpychanie

Zastanów się teraz, co się stanie, kiedy do cynkowej elektrody, posiadającej nadwyżkę elektronów, podłączony zostanie przewód łączący ją z inną elektrodą, która ma niedobór elektronów. Elektrony mogą bardzo łatwo przejść przez przewód, skacząc z jednego atomu na kolejny. Uciekają zatem z elektrody cynkowej i biegną przez przewód, napędzane swoim wielkim pragnieniem odsunięcia się od wszystkich pozostałych. Zobacz rysunek 1.74. Ta wzajemna siła napędowa jest sprawcą prądu elektrycznego.

Teraz, kiedy populacja elektronów na elektrodzie cynkowej została zredukowana, kontynuowana może być reakcja chemiczna między cynkiem i kwasem, prowadząc do zastąpienia brakujących elektronów nowymi, które natychmiast pójdą w ślady swoich poprzedników i spróbują oddalić się od siebie, biegnąc przez przewód. Cały proces będzie kontynuowany do momentu ustania reakcji chemicznej między cynkiem a kwasem, zazwyczaj ze względu na powstanie na powierzchni elektrody bariery w postaci tlenku cynku, która nie wchodzi w reakcję z kwasem i zapobiega reakcji z cynkiem znajdującym się w głębi elektrody. (Właśnie z tego powodu Twoja elektroda może wyglądać na okopconą po wyjęciu jej z płynu elektrolitycznego).



Rysunek 1.74. Kiedy tylko otworzymy ścieżkę z zapelnionej elektronami elektrody cynkowej do elektrody miedzianej, zawierającej „dziury” dla elektronów, ich wzajemne odpychanie sprawi, że będą próbowały jak najszybciej uciec od siebie nawzajem do nowego domu

Natura elektryczności (ciąg dalszy)

Ten opis ma zastosowanie do „podstawowej baterii”, tzn. takiej, która jest gotowa do generowania prądu, kiedy tylko połączenie pomiędzy jej końcówkami pozwoli elektronom na przejście z jednej elektrody do drugiej. Ilość prądu, jaką jest w stanie wygenerować podstawowa bateria, wynika z szybkości uwalniania elektronów przez zachodzące w środku reakcje chemiczne. Kiedy surowy metal w elektrodach zostanie zużyty przez reakcje chemiczne, bateria nie jest w stanie wygenerować więcej prądu i staje się bezużyteczna. Nie może zostać ponownie naładowana, ponieważ zachodzących w niej reakcji chemicznych nie da się cofnąć w prosty sposób, a elektrody są już najprawdopodobniej utlenione.

W baterii wielokrotnego ładowania, znanej również jako bateria drugiego rzędu, bardziej przemyślany dobór elektrod i płynu elektrolitycznego pozwala na odwrócenie reakcji chemicznych.

Ile prądu generuje Twoja cytrynowa bateria? Przetaw swój miernik na pomiar miliamperów i podłącz między gwóźdź i monetę. Ja zmierzyłem około 2 mA, ale udało mi się uzyskać nawet 10 mA, kiedy monetę zastąpiłem grubym drutem miedzianym, a gwóźdź dużym cynkowanym kawałkiem blachy, zanurzonymi w filiżance soku z grejpfruta. Kiedy duża powierzchnia metalu ma lepszy kontakt z elektrolitem, można uzyskać większy przepływ prądu. (Nie próbuj nawet podłączać miernika w celu pomiaru natężenia między końcówkami prawdziwej baterii. Prąd będzie zbyt duży i może doprowadzić do przepalenia wewnętrznego bezpiecznika).

Jaką rezystancję wewnętrzną ma Twoja cytryna? Odlóż na bok elektrody cynkową i miedzianą i wetknij w cytrynę końcówki pomiarowe Twojego miernika. Ja odczytałem wartość ok. 30 k Ω , kiedy obie końcówki znajdowały się w tej samej części miąższu cytryny, oraz ok. 40 k Ω , kiedy końcówki były w różnych fragmentach. Czy rezystancja jest mniejsza w przypadku płynu w filiżance?

Oto kilka dodatkowych pytań, na które możesz poszukać odpowiedzi samodzielnie. Jak długo Twoja bateria z cytryny będzie generować prąd? I dlaczego Twoim zdaniem elektroda pokryta cynkiem traci kolor po dłuższym użytkowaniu?

Prąd jest generowany w baterii przez wymianę jonów, lub wolnych elektronów, pomiędzy metalami. Jeżeli chcesz się dowiedzieć więcej na ten temat, zajrzyj do sekcji „Teoria. Natura elektryczności”.

Sprzątanie i recykliczacja

Części metalowe, które wtykałeś w cytryny lub zanurzałeś w soku z cytryny, mogły utracić swój pierwotny kolor, ale nadal nadają się do użytku. Decyzję o spożyciu cytryn pozostawiam Tobie.

Dodatni i ujemny

Jeżeli elektryczność to przepływ elektronów mających ujemny ładunek, dlaczego ludzie mówią o niej jako o przepływie z dodatniej do ujemnej końcówki baterii?

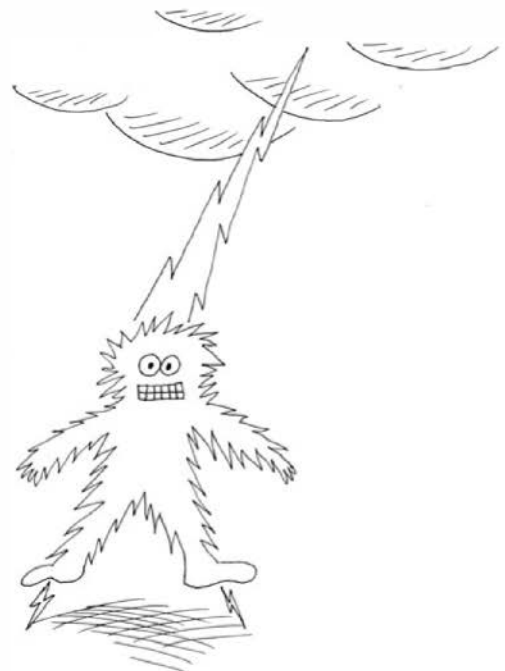
Odpowiedź tkwi w fundamentalnej pomyłce, jaką popełniono u samych początków odkrywania elektryczności. Z różnych powodów, kiedy Benjamin Franklin próbował zrozumieć naturę prądu elektrycznego przez studiowanie zjawisk takich jak błyskawice w czasie burzy, doszedł do przekonania, że obserwuje „elektryczną ciecz” płynącą z dodatniego do ujemnego źródła. Taką koncepcję zaproponował w roku 1747.

W rzeczywistości popełnił niefortunny błąd, który pozostał nienaprawiony do chwili, kiedy fizyk J. J. Thomson ogłosił swoje odkrycie elektronu w 1897 roku, czyli 150 lat później. Faktycznie prąd płynie z obszaru o większym ujemnym ładunku elektrycznym do obszaru, który jest „mniej ujemny” — czyli „bardziej dodatni”. Innymi słowy, elektryczność to przepływ cząstek naładowanych ujemnie. W baterii pochodzą one z końcówki ujemnej i płyną w kierunku końcówki dodatniej.

Być może pomyślałeś, że kiedy odkryto ten fakt, wszyscy powinni byli odrzucić ideę Franklina przepływu od potencjału dodatniego do ujemnego. Kiedy jednak elektron porusza się przez przewód, możesz wyobrazić sobie równoważny dodatni ładunek poruszający się w kierunku przeciwnym. Kiedy elektron opuszcza swój dom, zabiera ze sobą mały ładunek ujemny, a zatem jego dom pozostaje naładowany odrobinę dodatnio. Kiedy elektron dotrze do swojego celu, jego ujemny ładunek sprawi, że to miejsce docelowe stanie się odrobinę mniej dodatnie. Mniej więcej coś takiego miałoby miejsce, gdyby domniemana dodatnia cząsteczka podróżowała w kierunku przeciwnym. Co więcej, cały mechanizm matematyczny opisujący zjawisko elektryczności będzie nadal prawidłowy, jeśli zastosujesz go do wyimaginowanego przepływu ładunków dodatnich.

Ze względu na tradycję i przyzwyczajenia nadal utrzymujemy w mocy błędny koncept Bena Franklina przepływu ładunku od pozytywnego do negatywnego

źródła, chociaż tak naprawdę nie ma on znaczenia. Przy symbolach opisujących takie komponenty jak diody i tranzystory znajdziesz strzałki wskazujące, w jaki sposób te komponenty powinny być podłączone — te strzałki wskazują od miejsca dodatniego w kierunku ujemnego, mimo że w praktyce sytuacja wygląda inaczej! Ben Franklin byłby zaskoczony, dowiadując się, że chociaż większość błyskawic występuje, kiedy ujemnie naładowane chmury rozładowują się, neutralizując dodatni ładunek ziemi, niektóre formy wyładowań są w rzeczywistości przepływem elektronów z ujemnie naładowanej powierzchni ziemi w górę do pozytywnego ładunku w chmurach. Tak, to prawda: ktoś, kto został „porażony przez błyskawicę”, mógł doznać obrażeń w wyniku **emitowania** elektronów, a nie ich absorpcji (patrz rysunek 1.75).



Rysunek 1.75. W pewnych warunkach pogodowych przepływ elektronów podczas wyładowania elektrycznego może następować od podłoża, poprzez Twoje stopy, a następnie głowę w kierunku chmur. Ta informacja zaskoczyłaby zapewne Benamina Franklina

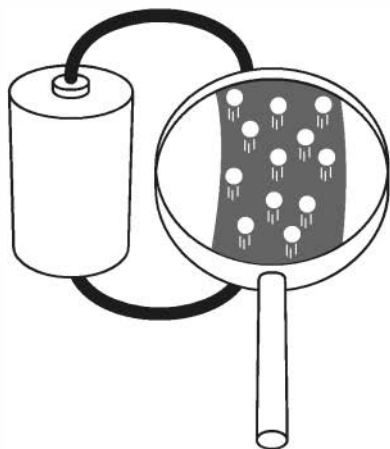
Podstawy pomiarów

Ładunek elektryczny jest mierzony przez sumowanie ładunków pojedynczych elektronów. Podstawową jednostką jest **kulomb**, będący równoważnikiem całkowitego ładunku około 6 250 000 000 000 000 000 elektronów.

Jeżeli wiesz, ile elektronów przepływa przez kawałek przewodu w każdej sekundzie, masz pojęcie o przepływie prądu (natężeniu) mierzonym w amperach. Dokładnie mówiąc, jeden amper można zdefiniować jako jeden kulomb na sekundę, stąd:

$$1 \text{ amper} = 1 \text{ kulomb/sekundę} \\ = \text{około } 6,25 \text{ kwintyliona elektronów/sekundę}$$

Nie ma możliwości, aby „zobaczyć” taką liczbę elektronów płynących przez przewodnik (rysunek 1.76), ale istnieją pośrednie sposoby wywnioskowania tej informacji. Na przykład, kiedy elektron „przebiega” przez przewód elektryczny, tworzy wokół siebie fale siły elektromagnetycznej. Tę siłę można zmierzyć i przeliczyć na wartość w amperach. Na tej zasadzie działa licznik prądu zamontowany w Twoim domu przez przedstawiciela firmy energetycznej.



Rysunek 1.76. Gdybyś mógł spojrzeć do wnętrza przewodu elektrycznego przy użyciu dostatecznie dużego szkła powiększającego, a w tym drucie następowałby właśnie przepływ elektronów o natężeniu 1 ampera, mógłbyś teoretycznie zobaczyć 6,25 kwintyliona elektronów mknących w każdej sekundzie

Jeżeli elektrony poruszają się swobodnie, nie wykonują żadnej pracy. Gdybyś dysponował pętlą drutu o zerowej rezystancji i potrafiłbyś w jakiś sposób zainicjować w niej przepływ elektronów, mogłyby one płynąć bez końca. (Mniej więcej takie zjawisko zachodzi w nadprzewodniku).

W normalnych warunkach nawet przewód miedziany wykazuje pewną rezystancję. Siła, której potrzebujemy, aby przepchnąć przez niego elektrony, określana jest mianem „napięcia” i tworzy przepływ prądu, który może generować ciepło, o czym przekonałeś się, zwierając baterię. (Gdyby przewód, którego używałeś, miał zerową rezystancję, przepływający przez niego prąd nie wygenerowałby żadnego ciepła). Wygenerowane ciepło możemy wykorzystać w sposób bezpośredni, jak ma to miejsce w piecach elektrycznych. Innym zastosowaniem dla energii elektrycznej jest na przykład poruszanie silników. Tak czy inaczej, wydobywamy energię z elektronów w celu wykonania pewnej pracy.

Jeden wolt można zdefiniować jako ilość ciśnienia potrzebną do wytworzenia przepływu o natężeniu 1 ampera, który wykona pracę 1 wata. Zgodnie z naszą poprzednią definicją, 1 wat = 1 wolt × 1 amper, chociaż faktyczna definicja powstała w trochę inny sposób:

$$1 \text{ wolt} = 1 \text{ wat} / 1 \text{ amper}$$

Takie podejście jest bardziej znaczące, ponieważ wat może być zdefiniowany w sposób niezwiązany z elektrycznością. Jeśli jesteś zainteresowany, możemy prześledzić cały proces, posługując się jednostkami systemu metrycznego:

$$1 \text{ wat} = 1 \text{ dżul/sekundę} \\ 1 \text{ dżul równa się sile } 1 \text{ niutona działającego} \\ \text{na odcinku } 1 \text{ metra}$$

1 niuton równa się sile potrzebnej do przesunięcia 1 kilograma masy o 1 metr na sekundę, w każdej sekundzie

Na tej podstawie można wyrazić wszystkie jednostki elektryczne poprzez obserwację masy, czasu i ładunku elektrycznego.

Mówiąc praktycznie

Bardziej użyteczne od teoretycznej wiedzy wydaje się być intuicyjne rozumienie elektryczności. Osobiście lubię analogie związane z wodą, które od wieków stosowane są w książkach poświęconych elektryczności. Rysunek 1.77 pokazuje zbiornik pełen wody, z otworem wybitym blisko jego podstawy. Wyobraź sobie, że ten zbiornik reprezentuje baterię. Wysokość słupa wody odpowiada napięciu. Ilość wody przepływająca przez otwór na sekundę odpowiada natężeniu prądu. Rozmiar otworu odpowiada rezystancji (patrz rysunek 1.79).

Gdzie na tym obrazku widać moc? Załóżmy, że w pobliżu zbiornika umieścimy koło młyńskie, w miejscu gdzie będzie na nie trafiał strumień wody. Teraz przepływająca woda wykonuje pewną pracę (pamiętaj, że moc jest miarą pracy).

Być może wygląda to tak, jakbyśmy uzyskiwali coś z niczego, wydobywali pracę z koła młyńskiego bez wkładania energii z powrotem do systemu. Pamiętaj jednak, że poziom wody w zbiorniku spada. Kiedy tylko dołączę pewnych pomocników wlewających zużytą wodę z powrotem do zbiornika z jego szczytu (rysunek 1.78), zobaczysz, że musimy włożyć pewną pracę, aby następnie ją odzyskać.

Podobnie, bateria wydaje się dawać moc bez przyjmowania niczego w zamian, ale tak naprawdę energię czerpiemy dzięki zachodzącym w jej środku reakcjom chemicznym, które zmieniają czyste metale w ich związki. Jeżeli jest to bateria, którą można ładować wielokrotnie, musimy dostarczyć jej z powrotem energii, aby odwrócić reakcje chemiczne, które wcześniej były źródłem energii.

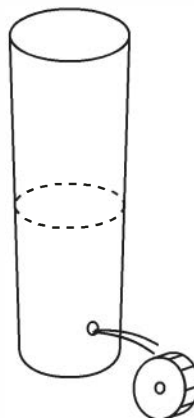
Wracając do zbiornika z wodą, załóżmy, że nie jesteśmy w stanie wydobyć z niej dostatecznie dużo energii, aby obrócić kołem. Jednym z rozwiązań tego problemu byłoby dołanie większej ilości wody. Zwiększenie wysokości słupa wody stworzy większą siłę. Odpowiadałoby to połączeniu dwóch baterii w szereg, pozytywnym końcem do ujemnego, i podwojeniu w ten sposób napięcia (patrz rysunek 1.80). Dopóki rezystancja w obwodzie pozostaje bez zmian, większe napięcie wygeneruje większe natężenie prądu, ponieważ natężenie = napięcie/rezystancja.

A co, jeśli chcemy obracać dwoma kołami zamiast jednym? Możemy wybić drugą dziurę w zbiorniku i wtedy siła (napięcie) przy obu z nich będzie taka sama, ale poziom wody w zbiorniku będzie spadał dwa razy szybciej. W rzeczywistości byłoby lepiej, gdybyśmy zbudowali drugi zbiornik, i tutaj również pojawia się analogia do baterii. Jeżeli połączymy równolegle dwie baterie, otrzymamy to samo napięcie, ale na dwa razy dłużej. Dwie baterie mogą również dostarczyć więcej prądu niż w przypadku użycia tylko jednej z nich (patrz rysunek 1.81).

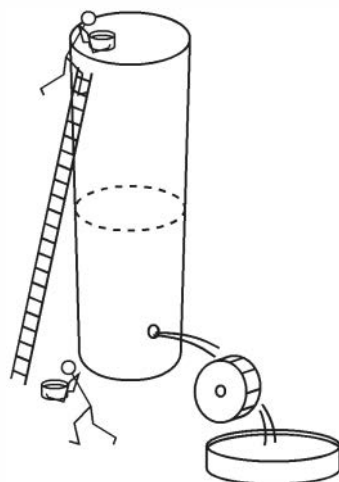
Podsumowując:

- Dwie baterie połączone szeregowo dostarczają dwukrotnie więcej napięcia.
- Dwie baterie połączone równolegle mogą dostarczyć dwukrotnie większe natężenie prądu.

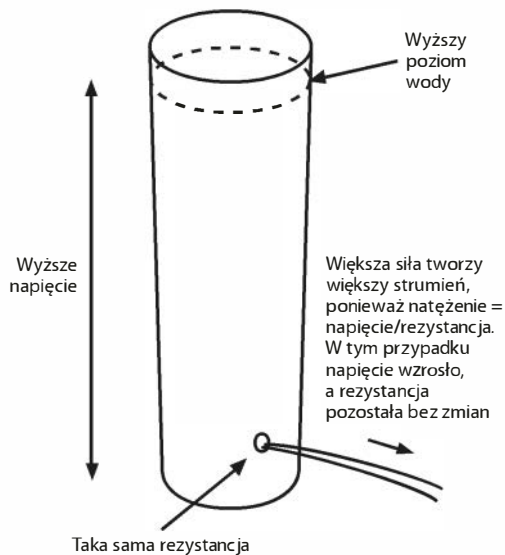
Myślę, że wystarczy tej teorii na teraz. W następnym rozdziale będziemy kontynuować eksperymenty bazujące na naszej wiedzy odnośnie podstaw elektryczności i kierujące nas stopniowo w kierunku gadżetów, które dają dużo zabawy i jednocześnie mogą być użyteczne.



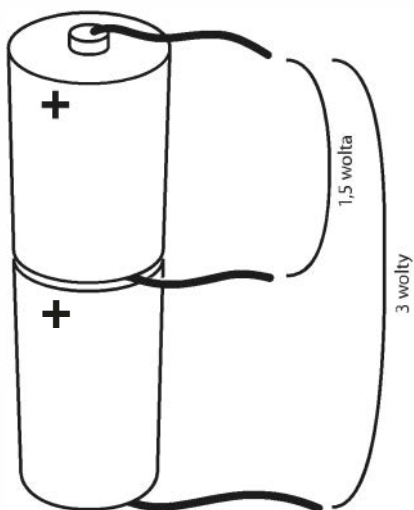
Rysunek 1.77. Jeżeli chcesz wydobyć pracę z pewnego systemu...



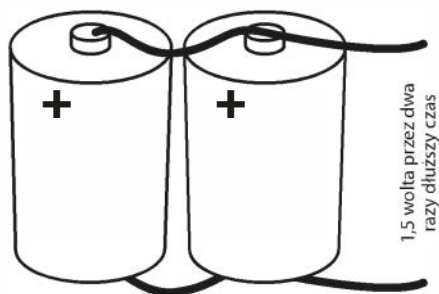
Rysunek 1.78. ... w jakiś sposób musisz najpierw włożyć w niego pracę



Rysunek 1.79. Większa siła generuje większy strumień, pod warunkiem iż rezystancja pozostaje bez zmian



Rysunek 1.80. Kiedy połączysz dwie baterie szeregowo, podwoisz napięcie



Rysunek 1.81. Dwie takie same baterie połączone równolegle dostarczą takiego samego napięcia, ale w czasie dwa razy dłuższym, niż zrobiłaby to bateria pojedyncza

Przełączanie i nie tylko

2

Koncepcja przełączenia ma fundamentalne znaczenie w elektronice i nie mam tu na myśli wyłącznie przełączników elektrycznych (takich jak kontakty oświetleniowe). „Przełączanie” to używanie jednego strumienia prądu do przełączania lub kontrolowania innego. Jest to tak istotna rzecz, iż bez niej nie jest w stanie funkcjonować żaden układ elektroniczny.

W dzisiejszych czasach przełączanie jest realizowane głównie przy użyciu półprzewodników. Zanim do nich dojdziemy, chciałbym zrobić krok wstecz i zilustrować całą koncepcję, ucząc Cię działania przekaźników, które są o wiele prostsze do zrozumienia, ponieważ możesz zobaczyć, co dzieje się w ich wnętrzu. Jeszcze przed przekaźnikami rozprawimy się ze zwykłymi przełącznikami typu włączony/wyłączony, których działanie jest trywialne, jeśli tylko opanujemy podstawy.

W tym rozdziale przedstawię również pojęcie pojemności. Pojemność i rezystancja mają fundamentalne znaczenie w obwodach elektronicznych. Pod koniec tego rozdziału będziesz bogatszy o podstawową wiedzę elektroniczną i będziesz w stanie zbudować moduł generujący dźwięk dla alarmu antywłamaniowego. Będzie to Twój pierwszy układ elektroniczny wykonujący coś użytecznego!

Lista zakupów: Eksperymenty od 6 do 11

Podobnie jak w przypadku poprzedniej listy zakupów, powinieneś odwiedzić wiele sklepów internetowych, aby sprawdzić ceny i dostępność danych części lub urządzeń. Producenci bardzo rzadko zgadzają się na bezpośrednią sprzedaż małej części towaru. Kompletną listę adresów internetowych firm wspomnianych w książce znajdziesz w dodatku A.

Urządzenia

- Zasilacz uniwersalny, o zakresie napięć od 3 do 12 V i prądzie 1 A (1000 mA). Patrz rysunek 2.1. ZS3-12V/1A (dostępny w www.tme.eu) lub zasilacz o numerze katalogowym 11569 (dostępny w sklepie www.centrumelektroniki.pl). Dużo zasilaczy tego typu znaleźć można również na <http://www.allegro.pl>.
- Płytką prototypowa nadająca się do układów scalonych (zobacz rysunki 2.2 i 2.3). Liczba: 1. Na przykład SD12N, SD12F (dostępne w sklepie www.elfaelektronika.pl) lub podobna. Płytką z zakręcanymi zaciskami na jednej ze stron będzie łatwiejsza w użyciu, ale droższa od tej pozbawionej takich zacisków.

ZAWARTOŚĆ ROZDZIAŁU:

Lista zakupów:
eksperymenty od 6 do 11.

Eksperyment 6:
Bardzo proste przełączanie.

Eksperyment 7:
Diody sterowane przekaźnikiem.

Eksperyment 8: Oscylator
zbudowany na przekaźniku.

Eksperyment 9:
Czas i kondensatory.

Eksperyment 10:
Przełączanie tranzystorami.

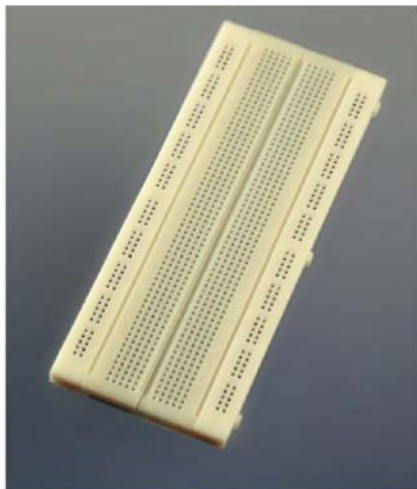
Eksperyment 11:
Projekt modułowy.



Rysunek 2.1. Zasilacze tego typu mogą dostarczać napięcie różnej wartości, z zakresu od 3 do 12 V



Rysunek 2.2. Ta płytka prototypowa posiada metalową podstawę i zakręcane końcówki pozwalające na przyłączenie przewodów źródła zasilania



Rysunek 2.3. Płytkę prototypową bez zakręcanych końcówek jest niemal tak samo użyteczna, ale znacznie tańsza

Narzędzia

Szczypce do zdejmowania izolacji

Idealne narzędzie tego typu powinno zdejmować izolację z przewodów o średnicach od 0,4 do 1,3 mm. Zobacz rysunek 2.4 (w tej książce będziemy używać głównie przewodów o średnicach od 0,5 mm do 0,8 mm). Do zdejmowania izolacji z przewodów o takich średnicach nadaje się model CSP 30-1 firmy Piergiacomini (dostępny w sklepie www.elfaelektronika.pl).

Możesz również rozważyć zakup narzędzia zdejmującego izolację automatycznie, na przykład o symbolu TZB-021 (dostępnego w sklepie www.tme.eu) lub GB SE-92 (dostępnego w sklepie www.amazon.com). Zobacz rysunek 2.5.

TZB-021 i GB są funkcjonalnie identyczne. Ich przewaga polega na możliwości zdjęcia izolacji z przewodu przy użyciu jednej ręki, nie nadają się jednak do bardzo cienkich przewodów.



Rysunek 2.4. Aby użyć ściągacza izolacji, umieść zaizolowany przewód w dziurce o odpowiedniej średnicy (między szczękami narzędzia), zaciśnij rączki i pociągnij fragment izolacji, który chcesz zdjąć



Rysunek 2.5. Narzędzie do automatycznego zdejmowania izolacji, jakto, pozwala na wykonanie operacji jedną ręką, ale nie nadaje się do przewodów o bardzo małej średnicy. Patrz również rysunek 2.19

Zaopatrzenie

Drut

Drut 0,5 mm², min. 7,5 metra długości z każdego koloru. Zobacz rysunek 2.6. Może to być część o numerze 6685 ze sklepu www.centrumelektro-niki.pl. Szukaj też na stronie www.eltronix.pl, w sekcji „Przewody i sznury”. Dobre oferty znajdziesz również na Allegro.pl.

Bardzo łatwo można popełnić błąd i kupić drut złego typu. Potrzebujesz drutu jednożyłowego, tzn. takiego, który posiada tylko jeden przewódnik umieszczony w plastikowej izolacji, a nie linki, składającej się z wielu cieńszych przewodów zaplечonych razem. Zobacz rysunki 2.7 i 2.8. W trakcie prac będziesz wpychał przewody do małych otworów płytki prototypowej. Nie zdołasz jednak tego zrobić w przypadku, gdy przewód jest linką. Również drut grubszy niż 0,5 mm² może sprawić problemy.

Jeśli masz trochę więcej pieniędzy, możesz kupić zestaw przewodów przyciętych na małe odcinki, ze zdjętą izolacją na końcach i gotowych do natychmiastowego użycia. Zapytaj o takie przewody w swoim sklepie elektrycznym lub poszukaj ich na Allegro.pl. Zobacz rysunek 2.9.



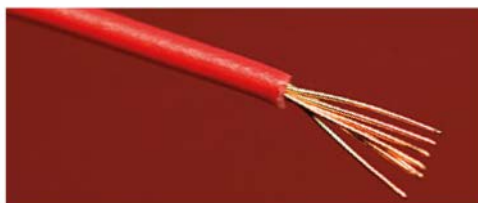
Rysunek 2.6. Używanie drutów w izolacjach o różnych kolorach pozwoli Ci w Twoim układzie odróżnić dany przewód od pozostałych

Przewody z końcówkami

Przewody z końcówkami nie są niezbędne, ale za to bardzo wygodne. Nie potrzebujesz przewodów typu audio lub wideo z wtyczkami na końcu. Wystarczą Ci przewody z krokodylkami na końcu, zwane czasem również „przewodami pomiarowymi”. Znajdziesz je na przykład w sklepie www.eltronix.pl (szukaj „przewód pomiarowy z krokodylkami”). Zobacz rysunek 2.10.



Rysunek 2.7. Drut jednożyłowy o grubości 0,5 mm² lub 0,75 mm² będzie najlepszy do wszystkich eksperymentów w tym rozdziale



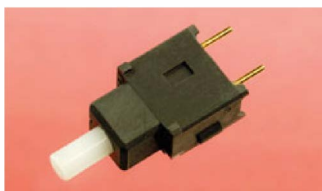
Rysunek 2.8. Drut wielożyłowy (linka) jest bardziej elastyczny, ale trudno użyć go w połączeniu z płytką prototypową, do której trzeba wtykać przewody



Rysunek 2.9. Przycięte przewody z zastrzonymi końcówkami mogą zaoszczędzić sporo czasu i kłopotów, pod warunkiem że masz trochę więcej pieniędzy do wydania



Rysunek 2.10. Przewody z końcówkami, nazywane czasem „przewodami pomiarowymi”, składają się z przewodu zakończonego z obu stron krokodylkami. Są one kolejnym przykładem małych luksusów, które pozwalają oszczędzić sobie kłopotów w trakcie zabawy z elektroniką



Rysunek 2.11. Końcówki wychodzące z tego małego przełącznika są rozstawione zaledwie w odległości 0,5 cm, co sprawia, że nadaje się on idealnie do płytki prototypowej, którą będziesz się posługiwał

Części

Przełącznik przyciskany

Chwilowo włączony, SPST, czasami okreśłany mianem typu OFF-(ON) lub (ON)-OFF. Musi być montowany do płytki PCB lub PC, co znaczy, że będzie bardzo mały, z igiełkowatymi kontaktami u dołu. Liczba: 1. Zobacz rysunek 2.11.

Przykładowe części tego typu to: PS-03BU dostępny w sklepie www.tme.eu lub 1P, 178-1-2 dostępny w sklepie www.elfaelektronika.pl. Jeżeli masz większy wybór, wybierz najtańszy, będziemy go używać do przełączania bardzo małego prądu.

Przełącznik biegunowy

Jednopozycyjny, jednobiegunowy, dwupołożeniowy (SPDT), czasami okreśłany mianem typu ON-ON. Zobacz rysunek 2.12.

Idealny byłby model S302T-RO firmy NKK; ma końcówki zakończone śrubami, co eliminuje potrzebę stosowania krokodyłków (można go dostać na przykład w sklepie pl.mouse.com). Inna możliwość to element 1MS2T1B-1M1QE dostępny w sklepie www.tme.eu.

Nie będziemy przełączać dużych prądów lub napięć, stąd dokładny typ przełącznika nie ma znaczenia. Zwróć jednak uwagę, iż wyprowadzenia w większych przełącznikach są od siebie bardziej oddalone, co sprawia, że łatwiej jest się nimi posługiwać.

Przełączniki

DPDT, bez blokady, zasilany stałym napięciem 12 V. Liczba: 2.

Istotne jest, abyś kupił odpowiedni typ, taki, którego konfiguracja będzie odpowiadać używanym przeze mnie rysunkom. Szukaj części typu FTR-F1CA012V lub FTRF1CD012V firmy Fujitsu (dostępnych w sklepie www.tme.eu), G2RL-24-DC12 firmy Omron lub OMI-SH-212D firmy Tyco (oba dostępne w sklepie pl.mouse.com). Unikaj zamienników.

Potencjometr

1-megaomowy potencjometr liniowy. Na przykład PR167-1M-A firmy TEL-POD (www.tme.eu), 23PSB-105MWA50N firmy Piher (www.elfaelektronika.pl) lub podobny.

Tranzystory

Tranzystor NPN, ogólnego przeznaczenia, taki jak 2N2222 (dostępny w sklepie www.elfaelektronika.pl, jako część numer 71-009-06), PN2222 (dostępny w sklepie www.tme.eu). Zobacz rysunek 2.13.

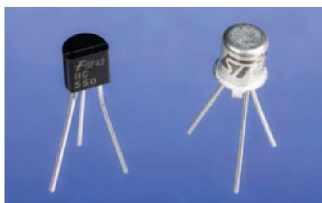
Tranzystor typu 2N6027, programowalny, jednozłączowy (dostępny na przykład tutaj: www.elfaelektronika.pl). Liczba: 4 (dwie sztuki dodatkowo, na wypadek uszkodzenia).

Kondensatory

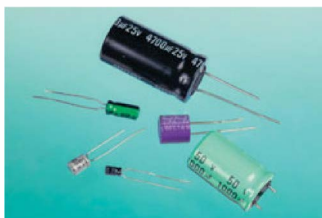
Elektrolityczne, o różnych wartościach. Wszystkie muszą być przeznaczone dla minimum 25 V i wśród nich powinien znaleźć się przynajmniej jeden o pojemności 1000 μF (mikrofaradów) i dwa o pojemności 2,2 μF . Jeżeli będziesz szukał na Allegro.pl, upewnij się, że znalezione kondensatory



Rysunek 2.12. Ten względnie duży przełącznik biegunowy, wyprodukowany przez firmę NKK, ma wyprowadzenia zakończone śrubami, co znacznie redukuje niewygodę przy podłączeniu do niego przewodów



Rysunek 2.13. Sprzedawane tranzystory mają najczęściej obudowę metalową (w formie małej puszki) lub są zalane małą bryłką plastiku. W naszym przypadku opakowanie nie ma większego znaczenia



Rysunek 2.14. Asortyment kondensatorów elektrolitycznych

są **elektrolityczne**. Nie ma znaczenia, jeśli przewidziane są dla wyższego napięcia, chociaż w takiej sytuacji będą fizycznie większe. Zobacz rysunek 2.14.

Ceramiczne, o różnych wartościach. Upewnij się, iż jest wśród nich przynajmniej jeden o wartości $0,0047 \mu\text{F}$ (jego wartość może być również zapisana jako $4,7 \text{ nF}$). Patrz rysunek 2.15.

Rezystory

Jeżeli kupiłeś tylko minimalny zestaw rezystorów, potrzebny do eksperymentów od 1 do 5, teraz przyszła pora, aby kupić wielki asortyment, który pozwoli Ci swobodnie wykonać kolejne eksperymenty. Wszystkie rezystory powinny mieć moc minimum $0,25 \text{ W}$.

Głośnik

Dowolny 8-omowy, miniaturowy głośnik, o średnicy około 3 cm , taki jak KDSG-30008 dostępny w sklepie www.elfaelektronika.pl. Patrz rysunek 2.16.

Eksperyment 6: Bardzo proste przełączanie

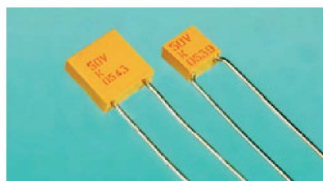
Potrzebne będą:

- baterie AA, liczba: 2,
- uchwyt na dwie baterie AA, liczba: 1,
- dioda LED, liczba: 1,
- przełączniki biegunowe, SPDT, liczba: 2 (patrz rysunek 2.12),
- rezystor 220Ω lub podobny, minimum $0,25 \text{ W}$, liczba: 1
- zaciski-krokodyłki, liczba: 8
- drut lub przewody testowe (pokazane wcześniej na rysunku 2.10),
- szczypce z ostrzem do cięcia drutu oraz szczypce do zdejmowania izolacji, jeśli nie używasz przewodów testowych (patrz rysunek 2.4).

Podczas trzeciego eksperymentu oświetliłeś diodę, podłączając ją do baterii, a następnie wyłączyłeś, usuwając baterie. Dla większej wygody nasze obwody powinny posiadać odpowiednie przełączniki kontrolujące źródło zasilania. Ponieważ jesteśmy przy temacie przełączników, zamierzam przedstawić wszystkie możliwe rodzaje przełączników i zasugerować konkretne możliwości przy użyciu obwodu elektrycznego.

Połącz części zgodnie z rysunkami 2.17 i 2.18. Dłuższa końcówka diody LED musi zostać podłączona z rezystorem, ponieważ jest to część obwodu o wyższym potencjale.

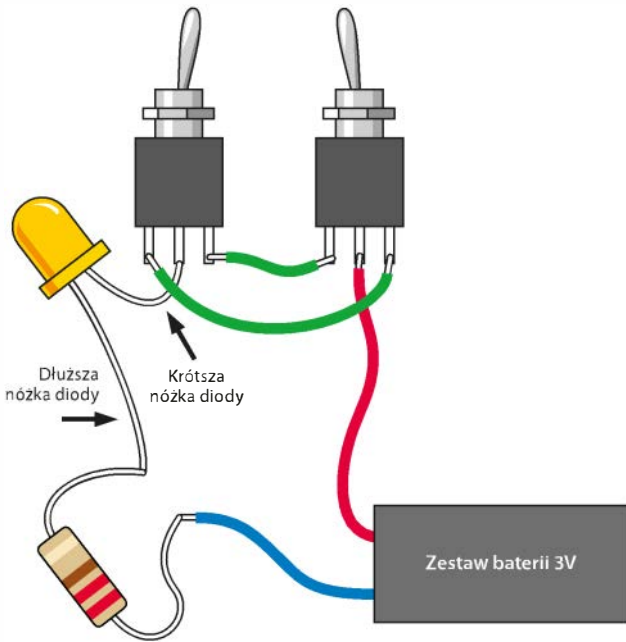
Przekonasz się, że będziesz musiał zastosować kilka odcinków przewodu. Proponuję użyć przewodu koloru zielonego, mówiącego, iż te części nie są połączone bezpośrednio z dodatnim lub ujemnym źródłem zasilania. Wybór koloru pozostawiam jednak Tobie. Jeśli zaopatrzyłeś się w przewody testowe, możesz posłużyć się nimi. Jakikolwiek sposób wybierzesz, prędzej czy później będziesz musiał nauczyć się zdejmować izolację z przewodów. Jest to bardzo ważna umiejętność. Rozprawmy się z nią już teraz.



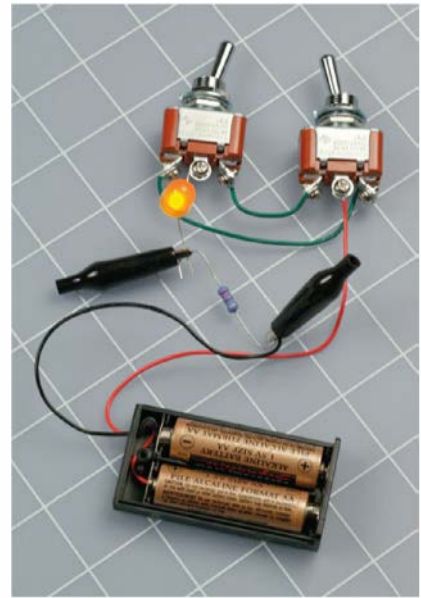
Rysunek 2.15. Kondensatory ceramiczne w większości wypadków wyglądają właśnie tak, chociaż niektóre mogą być okrągłe lub podłużne. Sam kształt kondensatora nie ma dla nas znaczenia



Rysunek 2.16. Taki miniaturowy głośnik, o średnicy około 3 cm , jest bardzo użyteczny przy weryfikacji dźwięków generowanych przez obwody tranzystorowe



Rysunek 2.17. Jeżeli dioda jest włączona, przełączenie któregośkolwiek z przełączników spowoduje jej wyłączenie. Przełączenie któregośkolwiek z przełączników spowoduje jej włączenie. Użyj krokodyłków do połączenia ze sobą przewodów, a także samych przełączników, jeśli te nie posiadają śrub na swoich końcówkach. Upewnij się, iż krokodyłki nie dotykają siebie nawzajem



Rysunek 2.18. Duże przełączniki biegunowe zakończone śrubami ułatwiają połączenie elementów tego obwodu

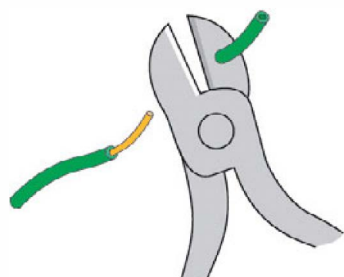
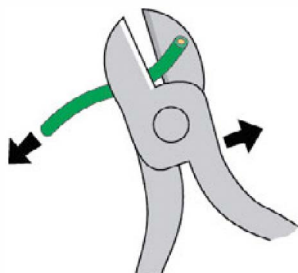


Rysunek 2.19. Kiedy ściśniesz rączki narzędzia do automatycznego zdejmowania izolacji, szczęki po lewej stronie chwycą przewód, a ostre rowki po prawej wbiją się w izolację. Kiedy ściśniesz mocniej, obie szczęki oddalą się od siebie, zdejmując izolację z przewodu

Narzędzia

Jeżeli narzędzie do automatycznego zdejmowania izolacji (rysunek 2.19) nie poradzi sobie z drutem o średnicy 0,65 mm w sprawny sposób, spróbuj idealnego ściągacza izolacji, pokazanego na rysunku 2.4. Możesz też użyć zwykłych szczypec z ostrzem, tak jak pokazuje to rysunek 2.20. Jedną ręką trzymasz przewód, a w drugiej narzędzie. Ściśnij rączki ze średnią siłą — wystarczającą do przecięcia samej izolacji, ale nie aż tak dużą, aby odciąć sam przewód w środku. Pociągnij przewód w dół, a samo narzędzie w górę. Poświęcając trochę czasu na praktykę, będziesz w stanie zdejmować izolację, odstawiając końcówkę przewodu.

Młotowce elektroniczne typu macho mogą użyć swoich zębów do zdejmowania izolacji. Sam tak robiłem, będąc młodszym. Na dowód tego mogę pokazać dwa nieco uszczerbione zęby. Naprawdę, lepiej użyć odpowiedniego narzędzia do tego celu.



Rysunek 2.20. Do usunięcia izolacji z końca przewodu możesz również użyć szczyptec z ostrzem. Wymaga to jednak trochę praktyki

Rysunek 2.21. Osoby mające tendencję do gubienia narzędzi i braku cierpliwości do ich odnajdywania mogą ulegać pokusie zdejmowania izolacji przy użyciu własnych zębów. Nie jest to jednak dobre podejście

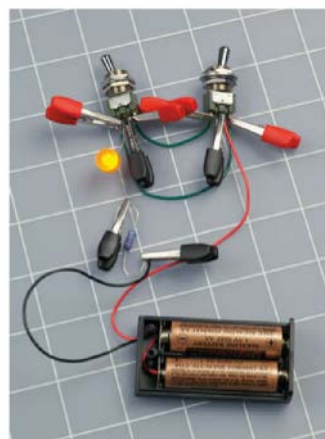
Problemy z połączeniem

Jeżeli przełączniki biegunowe nie są zbyt duże, możesz mieć problemy z podłączeniem do nich krokodyłków razem z przewodami. Miniaturowe przełączniki, obecnie bardziej popularne od swoich odpowiedników większego rozmiaru, mogą sprawić szczególnie dużo problemów (patrz rysunek 2.22). Bądź cierpliwy, już niedługo zacniemy stosować płytkę prototypową, która całkowicie eliminuje potrzebę stosowania krokodyłków.

Testowanie

Upewnij się, że dłuższy przewód diody jest podłączony do dodatniego źródła zasilania (w tym przypadku rezystora). Teraz przetłącz dowolny z dwóch przełączników biegunowych. Jeżeli dioda świeciła się, zgaśnie, a jeśli była zgaszona, zaświeci się. Przetłącz drugi przełącznik, a uzyskasz dokładnie taki sam wynik. Jeżeli dioda nie zapala się, prawdopodobnie podłączyłeś ją odwrotnie. Inna możliwość to przypadkowe zwarcie baterii przez stykające się ze sobą zaciski krokodyłki.

Zakładając, że dwa przełączniki działają zgodnie z moim opisem, co dzieje się w tym obwodzie? Nadeszła pora przyjrzeć się pewnym faktom.



Rysunek 2.22. Możesz korzystać z miniaturowych przełączników biegunowych, najlepiej w połączeniu z miniaturowymi zaciskami krokodyłkowymi, ale uważaj na zwarcia

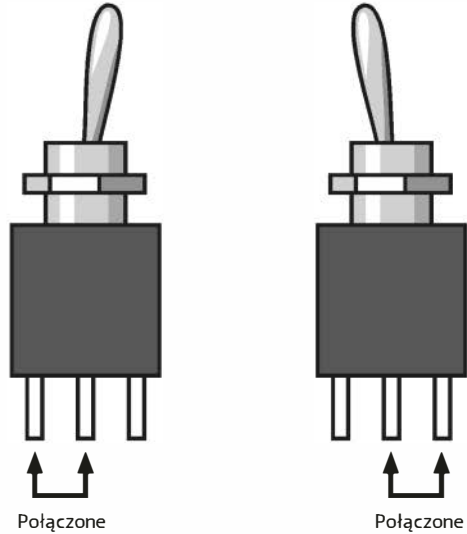
Wszystko o przełącznikach

Kiedy przelączysz przełącznik biegunowy, jakiego użyłeś w eksperymencie numer 6, łączy on swoje środkowe wyprowadzenie z jednym z wyprowadzeń skrajnych. Przelącz go z powrotem, a połączenie zostanie przeniesione na drugie wyprowadzenie zewnętrzne. Pokazuje to rysunek 2.23.

Środkowe wyprowadzenie jest nazywane biegunem przełącznika. Ponieważ przełącznik może znajdować się w jednej z dwóch pozycji, tworząc dwa możliwe połączenia, nazywany jest **przełącznikiem dwupozycyjnym**. Jak wspominałem wcześniej, przełącznik tego typu określanymi skrótem **SPDT**.

Niektóre przełączniki są typu włącz/wyłącz (on/off), co oznacza, że jeśli przelączysz je w jednym kierunku, utworzysz połączenie, ale w drugiej pozycji połączenia nie będzie. Większość przełączników w Twoim domu jest właśnie tego typu. Są one znane pod nazwą **przełączników jednopozycyjnych**, określanymi skrótem **SPST**.

Jeszcze inne przełączniki mają dwa zupełnie niezależne bieguny, dzięki czemu możesz tworzyć dwa niezależne połączenia jednocześnie, przez jedno przelączenie pozycji. Są to tzw. **przełączniki dwubiegunowe**. Przyjrzyj się rysunkom od 2.24 do 2.26, przedstawiającym przełączniki „nożowe” starego typu (używane nadal w szkołach na przedmiotach związanych z elektryką), a zobaczysz najprostszą możliwą reprezentację przelączania jedno- i dwubiegunowego, a także jedno- i dwupozycyjnego. Różnorodne przełączniki biegunowe, z kontaktami zatopionymi w ich wnętrzu, przedstawione zostały na rysunku 2.27.



Rysunek 2.23. Środkowe wyprowadzenie jest biegunem przełącznika. Kiedy przelączasz dźwignię, biegun zmienia swoje połączenie na przeciwnie



Rysunek 2.24. Ten prymitywnie wyglądający jednobiegunowy, dwupozycyjny przełącznik wykonuje dokładnie takie samo zadanie jak przełączniki biegunowe pokazane na rysunkach 2.23 i 2.27



Rysunek 2.25. Jednobiegunowy, jednopozycyjny przełącznik tworzy wyłącznie jedno połączenie. Jego dwoma stanami są: stan włączony i wyłączony



Rysunek 2.26. Dwubiegunowy, jednopozycyjny przełącznik tworzy dwa niezależne połączenia typu włączony/ wyłączony

Wszystko o przełącznikach (ciąg dalszy)

Żeby jeszcze bardziej urozmaicić cały temat, możesz również kupić przełączniki o trzech lub czterech biegunach. (Niektóre przełączniki rotacyjne mają ich jeszcze więcej, ale takich nie będziemy używać). Ponadto, niektóre przełączniki dwubiegunowe mają dodatkową pozycję środkową (typu „wyłącz”).

Aby podsumować wszystkie powyższe informacje, zbudowałem tabelę możliwych przełączników (rysunek 2.28). Możesz do niej zajrzeć, kiedy będziesz przeglądał katalog z częściami, aby przypomnieć sobie, co oznaczają poszczególne skróty.



Rysunek 2.27. To wszystko są przełączniki biegunowe. Ogólna zasada mówi, że im większy przełącznik, tym większy prąd może przewodzić

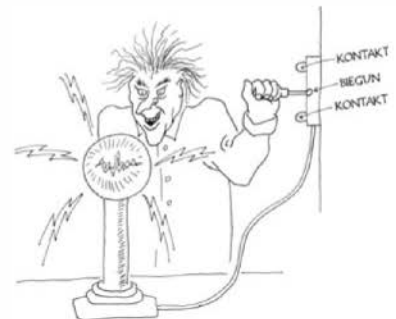
	Jednobiegunowy	Dwubiegunowy	Trójbiegunowy	Czterobiegunowy
Jednopolaryjny	SPST ON-OFF	DPST ON-OFF	3PST ON-OFF	4PST ON-OFF
Dwupolaryjny	SPDT ON-ON	DPDT ON-ON	3PDT ON-ON	4PDT ON-ON
Dwupolaryjny ze środkową pozycją typu „wyłącz”	SPDT ON-OFF-ON	DPDT ON-OFF-ON	3PDT ON-OFF-ON	4PDT ON-OFF-ON

Rysunek 2.28. Tabela podsumowująca wszystkie możliwe opcje przełączników biegunowych i przyciskanych

A co z przełącznikami przyciskowymi? Kiedy naciskasz dzwonek u drzwi, tworzysz połączenie elektryczne, więc jest to rodzaj przełącznika i, w rzeczy samej, jego właściwą nazwą jest przełącznik chwilowy, ponieważ tworzy on jedynie „chwilowe” połączenie. Każdy przełącznik ze sprężyną lub przycisk, który chce odskoczyć do swojej pierwotnej pozycji, określany jest mianem przełącznika chwilowego. Zachowanie takie wskazujemy przez umieszczenie stanu chwilowego w nawiasach. Oto kilka przykładów:

- OFF-(ON): Ponieważ stan ON (włączony) jest w nawiasach, jest stanem chwilowym. Zatem jednobiegunowy przełącznik tego typu tworzy połączenie jedynie, kiedy go naciśniesz, a następnie, po puszczeniu, powraca do pozycji pierwotnej, w której nie ma kontaktu. Jest on również znany jako „normalnie otwarty” przycisk chwilowy, oznaczany skrótem „NO”.
- ON-(OFF): Przeciwny rodzaj chwilowego przycisku jednobiegunowego. Jego normalnym stanem jest ON (włączony), ale kiedy go naciśniesz, przerzujesz połączenie. Zatem stan OFF (wyłączony) jest chwilowy. Jest on również znany jako „normalnie zamknięty” przycisk chwilowy, oznaczany skrótem „NC”.
- (ON)-OFF-(ON). Taki przycisk ma środkową pozycję typu „wyłączony”. Kiedy naciśniesz go w którymkolwiek kierunku, utworzy chwilowe połączenie, a po puszczeniu powróci do wyjściowej pozycji środkowej.

Możliwe są również inne warianty, takie jak ON-OFF-(ON) lub ON-(ON). Nie powinieneś mieć problemu z wywnioskowaniem zachowania danego typu przycisku, o ile tylko będziesz pamiętał, że nawiasy oznaczają stan chwilowy.



Rysunek 2.29. Szalony naukowiec jest gotowy do podłączenia energii do swojego eksperymentu. W tym celu stosuje jednobiegunowy, dwupolaryjny przełącznik „nożowy”, montowany zwyczajowo na ścianie laboratorium umieszczonego w piwnicy

Wszystko o przełącznikach (ciąg dalszy)

Iskwienie

Kiedy stworzysz i przerywasz połączenie elektryczne, ma ono tendencję do iskwienia. Iskwienie nie służy przełącznikom. Powoduje ich stopniowe uszkodzenie aż do momentu, kiedy przełącznik nie jest już dłużej w stanie utworzyć pewnego połączenia. Z tego powodu musisz używać przełączników pasujących do napięcia i prądu, jakimi posługujesz się w danym przypadku. Obwody elektroniczne zazwyczaj operują na małych natężeniach i napięciach, dlatego możesz używać niemal dowolnych przełączników, ale jeśli przełączasz energię dla silnika, początkowy prąd zapiłonu będzie minimum dwa razy większy od prądu, jaki ten silnik pobiera w trakcie normalnej pracy. Do włączania i wyłączania silnika pobierającego 2 ampery prądu powinieneś użyć przełącznika 4-amperowego.

Sprawdzanie przełącznika

Do sprawdzenia przełącznika możesz użyć swojego miernika. Dzięki temu będziesz mógł się przekonać, które wyprowadzenia są połączone dla danego ustawienia. Jeżeli zapomniałeś, jakiego typu przełącznik

przyciskany masz w ręce, miernik pozwoli stwierdzić, czy jest on typu normalnie otwartego (czyli takiego, który trzeba nacisnąć, aby utworzyć połączenie), czy normalnie zamkniętego (czyli takiego, który trzeba nacisnąć, aby przerwać połączenie). Ustaw swój miernik na pomiar omów i dotknij końcówkami wyprowadzeń przełącznika, manipulując jednocześnie samym przełącznikiem.

Nie jest to zbyt wygodne, ponieważ musisz poczekać, aż miernik dokona odpowiedniego pomiaru. Jeśli chcesz się dowiedzieć jedynie, czy dane ustawienie tworzy połączenie, użyj miernika z nastawieniem „akustycznego testu przewodzenia”. Będzie on wtedy wydawał jednostajny dźwięk w sytuacji napotkania kontaktu elektrycznego między końcówkami lub zamilknie, jeśli takiego kontaktu nie będzie. Przykłady mierników z testem przewodzenia pokazują rysunki od 2.30 do 2.32. Rysunek 2.33 przedstawia test przełącznika na okoliczność zwarcia (przewodzenia).

Testu przewodzenia w swoim mierniku używaj wyłącznie w obwodach lub komponentach, które nie są w danej chwili zasilane.



Rysunek 2.30



Rysunek 2.31



Rysunek 2.32. Aby sprawdzić, czy ma przerwy w obwodzie, ustaw pokrętkę swojego miernika na symbol pokazany na zdjęciu. Używaj tego ustawienia wyłącznie, kiedy mierzony komponent lub obwód nie jest zasilany



Rysunek 2.33. Kiedy przełącznik łączy dwie ze swoich końcówek, miernik pokazuje zerową rezystancję między nimi i wydaje dźwięk, jeśli ustawiliście go na test przewodzenia

Pierwsze systemy przełączające

Przełączniki wydają się być tak fundamentalną rzeczą w naszym świecie, a ich koncepcja jest tak prosta, że bardzo łatwo można zapomnieć, iż przeszły one stopniowy proces rozwoju i udoskonalania. Pionierom elektryki, którzy potrzebowali jedynie włączyć lub wyłączyć zasilanie pewnego urządzenia w laboratorium, w zupełności wystarczyły proste przełączniki nożowe. Kiedy jednak zaczęły powstawać systemy telefoniczne, zaszła potrzeba stworzenia rozwiązań bardziej zaawansowanych technicznie. Operator „łącznicy” musiał mieć możliwość połączenia ze sobą par dziesięciu tysięcy linii. Jak można było zrealizować coś takiego?

W roku 1878 Charles E. Scribner (rysunek 2.34) stworzył „szczyrzykowy przełącznik typu jack”, nazywany tak ze względu na fakt, iż część trzymana przez operatora w ręku wyglądała jak rączka od szczyrzyka (ang. *jackknife*). Z rączki tej wystawała wtyczka, która po włożeniu do gniazda tworzyła połączenie w jego wnętrzu. Dokładnie mówiąc, przełącznik stanowiło samo gniazdo.



Rysunek 2.34. Charles E. Scribner wymyślił „szczyrzykowy przełącznik typu jack”, aby zaspokoić potrzeby przełączania w systemach telefonicznych pod koniec XIX wieku. Dzisiejsze wtyczki typu jack, używane w systemach audio, nadal działają na tej samej zasadzie⁴

Do dzisiaj na tej samej zasadzie funkcjonują połączenia gitar ze wzmacniaczami, a kiedy nazywasz je połączeniami typu „jack”, termin ten wywodzi się od wynalazku Charlesa Scribnera. Połączenia nadal tworzone są w gnieździe typu jack.

Oczywiście, w obecnych czasach „łącznice” są tak rzadkie, jak sami operatorzy telefoniczni. Na początku zostali oni zastąpieni przez przekaźniki — przełączniki sterowane elektrycznie, o których będę mówił w dalszej części tego rozdziału. Później przekaźniki zastąpiono tranzystorami, które sprawiły, że wszystko zaczęło działać bez jakichkolwiek części ruchomych. Zanim dotrzemy do końca tego rozdziału, Ty również będziesz przełączał prąd, używając tranzystorów.

⁴ Pokazane tutaj zdjęcie pojawiło się pierwszy raz w książce Herberta Newtona Cassona *The History of the Telephone* wydanej w roku 1910 w Chicago przez A. C. McClurg & Co.

Wprowadzenie do schematów

Na rysunku 2.35 narysowałem obwód z eksperymentu numer 6 w uproszczonej formie, zwanej „schematem”. Od tego momentu będę przedstawiał obwody w formie schematów, ponieważ pozwalają one na ich łatwiejsze zrozumienie. Aby móc je właściwie interpretować, musisz poznać zaledwie kilka symboli.

Większe wersje wszystkich schematów oraz płytek prototypowych dostępne są na stronie książki pod adresem <http://helion.pl/ksiazki/eleodp.htm>.

Porównaj ten schemat z obwodem na rysunku 2.17. Oba pokazują dokładnie tę samą rzecz: komponenty i połączenia między nimi. Szare prostokąty to przełączniki, prostokąt reprezentuje rezystor, a symbol z dwoma strzałkami to dioda LED.

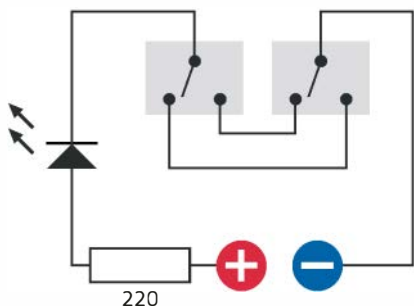
Symbol diody LED zawiera dwie strzałki informujące, iż emituje ona światło. Jest to istotne, ponieważ istnieją inne diody — dotrzemy do

nich później — którego tego nie robią. Trójkąt wewnątrz symbolu diody wskazuje zawsze kierunek od dodatniego do ujemnego potencjału zasilania.

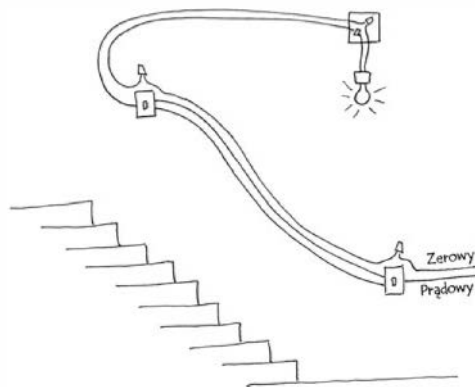
Prześledź ścieżki, którymi prąd może popłynąć przez obwód, i wyobraź sobie przełączniki zmieniające pozycję. Powinieneś teraz bez problemu zrozumieć, jak każdy z przełączników odwraca stan diody LED z włączonego na wyłączony i odwrotnie.

Taki sam obwód jest używany w domach, gdzie jeden przełącznik znajduje się u dołu schodów, a drugi u ich szczytu i oba kontrolują tę samą żarówkę. Przewody w domu są znacznie dłuższe i ukrywają się gdzieś w ścianach, ale ponieważ ich połączenia są takie same, mogłyby być przedstawione przy użyciu tego samego podstawowego schematu. Patrz rysunek 2.36.

Schemat nie mówi, gdzie dokładnie należy umieścić poszczególne komponenty. Mówi jedynie, jak połączyć je ze sobą. Jest tutaj jeden problem: różni ludzie używają nieco odmiennych symboli do reprezentacji tej samej rzeczy. Więcej na ten temat dowiesz się w sekcji „Podstawy. Symbole używane na schematach”.



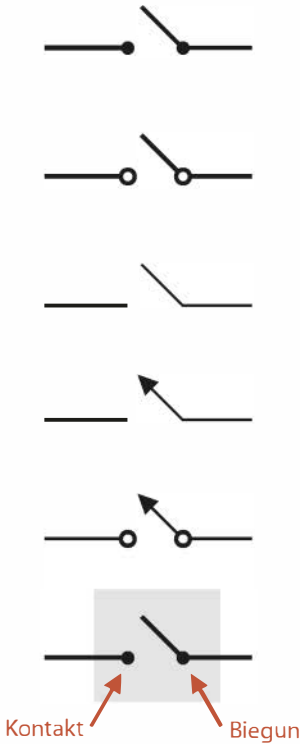
Rysunek 2.35. Ten schemat przedstawia taki sam obwód jak ten pokazany na rysunku 2.17 i ułatwia zrozumienie funkcji realizowanej przez przełączniki



Rysunek 2.36. Obwód z dwoma przełącznikami, pokazany na rysunkach 2.17 i 2.35, można często spotkać w okablowaniu domowym, szczególnie jeśli przełączniki znajdują się na obu końcach długich schodów. Rysunek pokazuje, czego mógłbyś się spodziewać po usunięciu tynku. Przewody łączą się w kostkach elektrycznych, znajdujących się w puszkach schowanych pod tynkiem

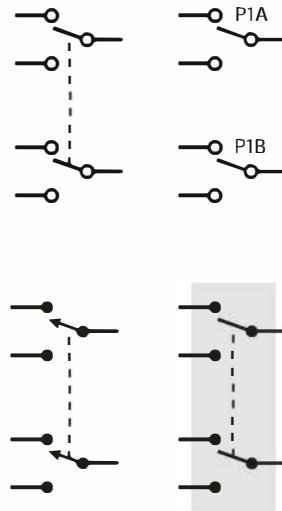
Symbole używane na schematach

Symbole schematów są jak słowa w języku: z biegiem czasu ulegały mutacji, tworząc często trudne do zrozumienia odmiany. Dla przykładu, prosty przełącznik typu włącz/wyłącz (SPST) może być reprezentowany przez jeden z symboli pokazanych na rysunku 2.37. Wszystkie one oznaczają dokładnie ten sam element.



Rysunek 2.37. Kilka różnych stylów stosowanych do przedstawienia jednobiegunowego, jednopozycyjnego przełącznika na schematach. W tej książce stosowana jest wersja przedstawiona na samym dole

Rysunek 2.38. przedstawia przełączniki dwubiegunowe, dwupozycyjne. Przerywana linia wskazuje mechaniczne połączenie wewnątrz przełącznika, które sprawia, że przestawienie pozycji wpływa jednocześnie na oba bieguny. Pamiętaj, że bieguny są od siebie odizolowane elektrycznie.



Rysunek 2.38. Różne style przedstawiania przełącznika dwubiegunowego, dwupozycyjnego. W niniejszej książce stosowany jest symbol znajdujący się u dołu po prawej stronie

Od czasu do czasu możesz spotkać schemat, w którym przełączniki są porzucane po całej okolicy, ale ich oznaczenia (takie jak P1A, P1B, P1C) sugerują, że w rzeczywistości jest to jeden przełącznik z wieloma biegunami.

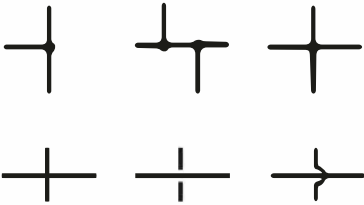
W tej książce przełączniki umieszczone są na szarych prostokątach. Te prostokąty nie są częścią standardowego symbolu; nie znajdziesz ich w innych książkach. Robię tak wyłącznie, aby przypomnieć Ci, że zawarte w nim elementy stanowią w rzeczywistości jedną zwartą całość.

Ważnym elementem stylu, który często podlega zmianom, jest sposób przedstawiania połączeń przewodów z innymi. Według starej szkoły schematy pokazywały półokrągły łuk w miejscach, gdzie przewody krzyżowały się bez kontaktu elektrycznego. Ponieważ nowoczesne oprogramowanie do rysowania schematów nie wyróżnia skrzyżowań w ten sposób, ten styl jest rzadko używany. Nowy styl, który spotkasz, przeglądając schematy w sieci, może zostać podsumowany następująco:

- Kropka łącząca dwa przewody wskazuje, że istnieje między nimi kontakt elektryczny.
- Brak kropki wskazuje brak kontaktu elektrycznego.

Symbole używane na schematach (ciąg dalszy)

- Problem polega na tym, że nie jest to zbyt intuicyjne, szczególnie jeśli dopiero zaczynasz korzystać ze schematów. Widząc dwa krzyżujące się przewody, łatwo można sobie wyobrazić, że tworzą one połączenie, nawet jeśli w miejscu ich przecięcia nie widać kropki. Właśnie z tego powodu postanowiłem w tej książce używać starego stylu z łukami (patrz rysunek 2.39). Można go podsumować następująco:



Rysunek 2.39. W schematach połączeń kropka wskazuje zawsze kontakt elektryczny. Trzeba jednak dodać, iż połączenie w stylu krzyża, przedstawione w prawym górnym rogu rysunku, jest uważane za przejaw złego stylu, ponieważ jeśli kropka zostanie przypadkowo pominięta lub źle wydrukowana, przecięcie takie można łatwo pomylić z pokazanym w lewym dolnym rogu, gdzie przewody nie tworzą kontaktu elektrycznego. Wszystkie trzy konfiguracje u dołu wskazują brak połączenia, przy czym dominuje styl przedstawiony jako pierwszy, styl środkowy jest spotykany najrzadziej, a ostatni jest najbardziej staromodny — chociaż, ze względu na swoją klarowność, jest używany w tej książce

- Kropka łącząca dwa przewody wskazuje połączenie elektryczne między nimi.
- Łuk na przewodzie krzyżującym się z innym przewodem wskazuje brak połączenia elektrycznego.

W niniejszej książce nie znajdziesz krzyżujących się przewodów bez kropki lub łuku.

W obwodzie zasilanym baterią możesz znaleźć symbol baterii, chociaż częściej spotkasz małą notkę wskazującą, gdzie dodatni potencjał zasilania wchodzi do systemu, podczas gdy potencjał ujemny przedstawiany jest jako symbol „masy”⁵. Symbole tego typu mogą być rozsiane po całym schemacie. Musisz

jednak pamiętać, że podczas budowy układu wszystkie przewody prowadzące do masy muszą być połączone razem do ujemnego źródła zasilania.

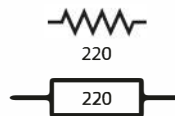
Idea symbolu masy sięga czasów, kiedy urządzenia elektroniczne były montowane w metalowych obudowach łączonych elektrycznie z ujemnym potencjałem zasilania. Symbol masy oznaczał faktycznie „podłącz do obudowy”. Niektóre odmiany symbolu masy zostały przedstawione na rysunku 2.40.



Rysunek 2.40. Wszystkie przedstawione tutaj symbole mają to samo znaczenie: podłącz przewód do „masy” lub „obudowy”, lub ujemnego potencjału źródła zasilania. W tej książce używany jest symbol skrajnie prawy

Książka zawiera kolorowy druk, dlatego będę stosował kolor czerwony do oznaczenia potencjału dodatniego i niebieski do oznaczenia potencjału ujemnego, jasno wskazując, gdzie należy podłączyć źródło zasilania. Nie będę używał symbolów masy. Moim celem jest ponownie zminimalizowanie ryzyka niezrozumienia, ponieważ wiem, jak frustrujące potrafi być zbudowanie obwodu, który nie chce działać.

Z bardzo dużą niespójnością na schematach reprezentowane są rezystory. Tradycyjny symbol zygzaka został porzucony w Europie. Zamiast niego używany jest prostokąt z liczbą w środku wskazującą rezystancję w omach. Spójrz na rysunek 2.41. W Europie zmieniony został również sposób reprezentacji miejsca dziesiątego: przecinki unikane są z całej siły, ponieważ źle wydrukowane kropki mają tendencję do znikania (lub są z czasem mylone z brudem pojawiającym się na papierze). W związku z tym rezystor 4,7 k Ω przedstawiany jest jako 4K7, a 1,2 M Ω jako 1M2.



Rysunek 2.41. Dwa style przedstawiania rezystora 220 Ω . Wyżej wersja stosowana w Stanach Zjednoczonych, niżej wersja europejska

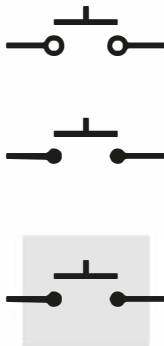
⁵ Chociaż autor nazywa ten symbol „uziemieniem” (ang. *ground*), tekst tłumaczony będzie konsekwentnie mówił o masie układu (pozostawiając termin „uziemienie” dla obwodów elektrycznych wymagających specjalnego zabezpieczenia przepięciowego) — *przyp. tłum.*

Symbole używane na schematach (ciąg dalszy)

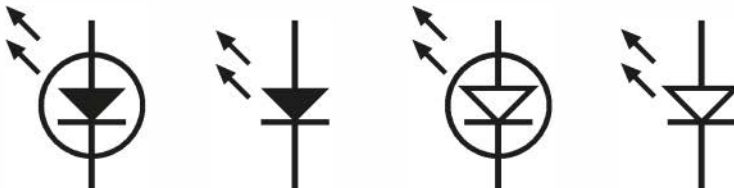
Takim samym brakiem konsekwencji obarczony jest sposób oznaczania potencjometrów pomiędzy Europą i Stanami Zjednoczonymi, ale w obu przypadkach znajdziesz strzałkę symbolizującą miejsce, gdzie ruchomy element (zazwyczaj powiązany ze środkowym wyprowadzeniem) styka się z materiałem stanowiącym rezystancję. Patrz rysunek 2.42. Dodatkowo diody LED są czasem pokazywane w kółku, a czasem bez. Patrz rysunek 2.46.



Rysunek 2.42. Symbole potencjometrów: po lewej stronie wersja używana w Stanach Zjednoczonych, po prawej wersja europejska. W obu przypadkach strzałka symbolizuje ruchomy element dotykający rezystancji (najczęściej podłączony do środkowego wyprowadzenia)



Rysunek 2.43. Trzy sposoby przedstawiania przełącznika przyciskowego



Rysunek 2.46. Czasami dioda LED jest przedstawiana w otaczającym ją okręgu, a czasem bez niego. W tej książce stosuje wersję bez okręgu. Strzałki symbolizują emisję światła



Rysunek 2.44. Symbol baterii jest przedstawiany często bez znaków + i -. Ja dodaję je dla przejrzystości



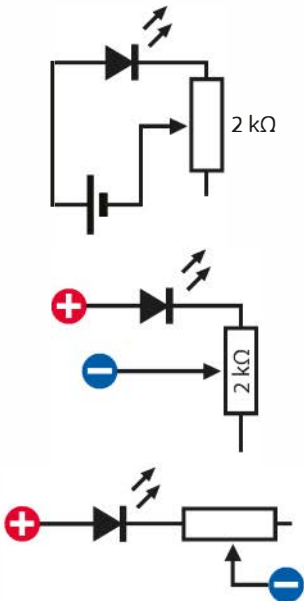
Rysunek 2.45. Symbol żarówki z żarnikiem

Pozostałe symbole będą stopniowo przedstawiał w książce. Najważniejsze rzeczy do zapamiętania na teraz to:

- Pozycje komponentów na schemacie są nieistotne.
- Konkretny styl użyty do przedstawiania symboli na schemacie jest bez znaczenia.
- Połączenia pomiędzy komponentami są niezwykle istotne.

Symbole używane na schematach (ciąg dalszy)

Dla przykładu trzy obwody z diodą LED, które przedstawiłem na rysunku 2.47, pokazują komponenty w różnym położeniu i przy użyciu różnych symboli, ale wszystkie trzy funkcjonują w dokładnie taki sam sposób, ponieważ ich połączenia są identyczne. Dokładnie mówiąc, wszystkie przedstawiają obwód, który zbudowałeś podczas eksperymentu numer 4, przedstawionego na rysunku 1.50.



Rysunek 2.47. Wszystkie trzy schematy przedstawiają ten sam obwód. Zbudowałeś go, używając potencjometru, w trakcie eksperymentu numer 4

Często symbole na schemacie umiejscowione są w taki sposób, aby cały obwód był zrozumiały w sposób intuicyjny, bez związku z tym, jak konkretnie zbudujesz go przy użyciu fizycznych części. Porównaj przykład na rysunku 2.48, przedstawiający dwa przełączniki DPDT, z wersją pokazaną wcześniej na rysunku 2.35. Wcześniejsza wersja wygląda tak, jakbyś wygiął do góry część rysunku, natomiast rysunek 2.48 jaśniej przedstawia przepływ prądu.

Na wielu schematach dodatni potencjał źródła zasilania jest pokazany u góry diagramu, a ujemny lub masa u dołu. Wiele osób ma również w zwyczajcu rysować schematy z wejściem (na przykład

sygnałem audio w przypadku wzmacniaczy) po lewej stronie i wyjściem po prawej stronie. Zatem dodatnie napięcie dostarczane jest z góry, podczas gdy sygnał przepływa od lewej do prawej strony.

Kiedy planowałem tę książkę, początkowo rysowałem schematy przestrzegające tych reguł „z góry w dół” i „od lewej do prawej”, ale po rozpoczęciu budowania i testowania obwodów zmieniłem zdanie. Do tworzenia obwodów używamy części zwanej płytką prototypową. Jej wewnętrzne połączenia wymagają, abyśmy rozkładali komponenty zupełnie odmiennie w porównaniu do typowego schematu. Na początku nauki elektroniki bardzo myląca jest konieczność przeniesienia komponentów ze schematu do konfiguracji wymaganej przez płytkę prototypową.

Właśnie dlatego przekonasz się, iż w całej książce narysowałem schematy imitujące sposób, jaki zastosujesz do połączenia ich na płytce. Uważam, że korzyści płynące z takiego podejścia przeważają wadę, jaką stanowi odejście od powszechnie stosowanego stylu schematów.



Rysunek 2.48. Jest to jedynie inny, prostszy i bardziej przejrzysty sposób pokazania obwodu, który pojawił się wcześniej na rysunku 2.35

Eksperyment 7: Diody sterowane przełącznikami

Potrzebne będą:

- zasilacz, szczytce z ostrzem oraz szczytce do zdejmowania izolacji,
- przełącznik DPDT, liczba: 2,
- diody LED, liczba: 2,
- rezystor w pobliżu wartości 680 Ω , liczba: 1,
- przełącznik przyciskany, SPST, liczba: 1,
- przewód jednożyłowy, 0,5 mm² lub przewody testowe,
- krokodylki, liczba: 8,
- nóż do prac technicznych.

Następnym krokiem na naszej ścieżce odkrywania obwodów przełączających jest użycie zdalnie sterowanego przełącznika. Przez „zdalnie sterowany” rozumiem taki, do którego możesz wysłać sygnał, aby go włączyć lub wyłączyć. Tego typu przełącznik określamy jest mianem **przełącznika**, ponieważ przekazuje instrukcję z jednej części obwodu do innej. Często przełącznik jest kontrolowany przez niskie napięcie lub prąd, natomiast przełącza większe napięcie lub większy prąd.

Taka konfiguracja może być bardzo wydajna. Na przykład kiedy uruchamiasz silnik samochodu, względnie mały i tani przełącznik wysyła sygnał poprzez długi, cienki i niedrogi przewód do przełącznika znajdującego się w pobliżu rozrusznika. Przełącznik uruchamia silnik przez krótszy, grubszy i droższy przewód elektryczny zdolny do przenoszenia prądu rzędu 100 A.

Podobnie, kiedy podnosisz pokrywę ładowanej od góry pralki, gdy ta obraca bębniem, zamykasz obwód małego przełącznika, który wysyła sygnał o małej wartości przez cienki przewód do przełącznika. Przełącznik odpowiada za wyłączenie potężnego silnika, który obraca bębniem pełnym mokrych ubrań.

Zanim zaczniesz ten eksperyment, musisz podnieść klasę swojego źródła zasilania. Nie będziemy już korzystać z baterii, ponieważ większość przełączników wymaga więcej niż 6 V. Ponadto powinieneś dysponować źródłem, które jest w stanie dostarczyć różnych wartości napięcia. Najprostszym rozwiązaniem jest zasilacz uniwersalny.

Zaczniesz od przygotowania zasilacza do pracy. Kiedy będzie działał, użyjesz go do zasilenia przełącznika. Początkowo przełącznik będzie przełączał obwód pomiędzy diodami, ale później zmodyfikujesz układ w taki sposób, aby diody zapalały się automatycznie. W końcu zbudujesz cały układ na płytce prototypowej i pożegnasz się z krokodylkami (od tej pory będziemy używać ich sporadycznie).

Przygotowanie zasilacza

Zasilacz wpinany jest do gniazdka elektrycznego i powoduje konwersję napięcia zmiennego o dużej wartości na małą, bezpieczną wartość napięcia stałego, które może zasilac urządzenia elektroniczne. Każda ładowarka używana w połączeniu z telefonem komórkowym, tabletem lub laptopem jest swego rodzaju zasilaczem, który dostarcza danemu urządzeniu energię poprzez specjalnie zaprojektowaną do tego celu wtyczkę. Prosiłem Cię, abyś zakupił zasilacz uniwersalny, mogący dostarczyć napięcia o różnych wartościach. Zacniemy od pozbawienia go wtyczki.

PODSTAWY

Pomiar napięcia z zasilacza

Jeżeli podłączysz swój zasilacz do gniazdka, a następnie podłączysz miernik do jego wyjścia (ustawiając go wcześniej na pomiar woltów napięcia stałego), możesz zostać zaskoczony niespodziewanie dużym odczytem. Wynika to stąd, iż napięcie dostarczane przez niektóre zasilacze jest zdecydowanie większe przy braku odpowiednio dużego obciążenia, a właśnie tak się dzieje ze względu na bardzo dużą rezystancję wewnętrzną Twojego miernika (zasilacz „myśli”, że nie jest w ogóle obciążony). Aby test odpowiadał rzeczywistości, wybierz rezystor o wartości 680 Ω i wstaw go pomiędzy wyprowadzenia zasilacza. To sprawi, że napięcie na zasilaczu spadnie do odpowiedniego poziomu. Przyłóż końcówki miernika do obu końców rezystora.

Użycie rezystora o wartości mniejszej niż 680 Ω nie jest zbyt dobrym pomysłem, ponieważ te zakupione przez Ciebie mają moc zaledwie 0,25 W i jeśli spróbujesz wymusić na nich większą moc, zaczną się nagrzewać i ostatecznie się przepalać. Prawo Ohma mówi nam, że kiedy rezystor o wartości 680 Ω jest podłączony do 12 V, płynący przez niego prąd jest rzędu 17,7 mA, a wtedy tracona moc wynosi 0,21 W. Możesz również spróbować połączyć kilka rezystorów równolegle, aby przekonać się, jak zachowuje się napięcie przy silniejszym obciążeniu.



Rysunek 2.49. Przygotowanie zasilacza uniwersalnego. Zacznij od odcięcia wtyczki dostarczającej niskie napięcie i wyrzuć ją do kosza



Rysunek 2.50. Po drugie, odizoluj przewody w taki sposób, aby jeden z nich był krótszy od drugiego. Zmniejszysz w ten sposób ryzyko ich wzajemnego zetknięcia. Pokoloruj przewód z wyższym potencjałem, używając markera, lub doklej do niego etykietkę

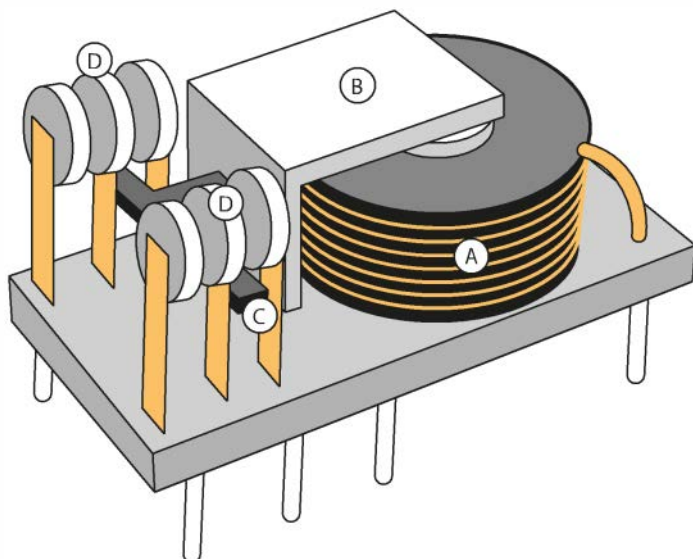
1. Zanim zaczniesz, upewnij się, że zasilacz nie jest podłączony do gniazdka!
2. Odetnij małą wtyczkę znajdującą się na końcu przewodu wyprowadzonego z zasilacza. Patrz rysunek 2.49.
3. Użyj noża lub szczyryka, aby rozciąć dwa przewody na głębokość mniej więcej jednego centymetra, a następnie rozerwij je na kilka centymetrów.
4. Przytnij oba przewody, używając szczypiec z ostrzem. Jeden z przewodów utnij krócej od drugiego. W ten sposób zapobiegiesz przypadkowemu zwarciu obu przewodów (po odsłonięciu izolacji) i spaleniu zasilacza.
5. Usuń izolację z końców obu przewodów. Wystające przewody linki miedzianej zapleć, obracając je między kciukiem a palcem wskazującym tak, aby żaden z nich nie odstawał. Patrz rysunek 2.50.
6. Upewnij się, że oba przewody nie dotykają siebie nawzajem, a następnie podłącz zasilacz do gniazdka. Ustaw miernik na pomiar woltów napięcia stałego (DC) i dotknij końcówkami przewodów zasilacza. Jeżeli wartość wyświetlona na zasilaczu jest poprzedzona znakiem minus, znaczy to, że końcówki są podpięte do przewodów odwrotnie. Zamień je miejscami, wtedy znak minus powinien zniknąć. W ten sposób dowiesz się, który przewód jest dodatni.
7. Zaznacz dodatni przewód zasilacza. Jeżeli izolacja przewodu jest koloru białego, możesz użyć do tego celu czerwonego markera. Jeżeli izolacja jest czarna, możesz dokleić etykietkę. Przewód dodatni pozostaje zawsze z takim potencjałem, niezależnie od tego, jak podłączysz sam zasilacz do gniazdka.

Przełącznik

Przełącznik, którego użycie Ci zalecam, ma małe szpilkowate nóżki u dołu obudowy. Ich rozstaw jest standardowy. Jeżeli kupisz inny rodzaj przełącznika, będziesz musiał sam dojść do tego, które nóżki są podpięte do cewki, które łączą się z biegunami, a które z kontaktami normalnie otwartymi i normalnie zamkniętymi. Tego typu informacje znaleźć możesz na stronie katalogowej producenta, ale ja osobiście gorąco zachęcam Cię, abyś użył jednego z przełączników wspomnianych w liście zakupów. Dzięki temu łatwiej będzie Ci przestrzegać z zawartych dalej instrukcji.

Prosiłem, abyś kupił dwa przełączniki. Jednego z nich będziesz mógł użyć w celach badawczych, tzn. będziesz mógł się do niego włamać i przekonać się, co znajduje się w środku. Jeżeli zrobisz to niezwykle ostrożnie, sam przełącznik powinien później nadal nadawać się do użytku. Jeśli się nie uda, masz drugi w zapasie.

Najprostszy sposób otwarcia przełącznika opiera się na użyciu noża do otwierania paczek lub innego noża do prac technicznych. Technika otwierania pokazują rysunki od 2.52 do 2.54. Odcinaj delikatnie krawędzie plastikowej powłoki zawierającej przełącznik aż do momentu, kiedy powstanie minimalna przerwa. Nie posuwaj się dalej; elementy w środku znajdują się bardzo blisko krawędzi. Teraz zdejmij górę. Możesz użyć cienkich szczypiec do wydlubania pozostałej części obudowy. Przestuduj sekcję „Podstawy. Wewnątrz przełącznika”, a następnie podłącz zasilanie do przełącznika, aby przekonać się, jak działa.



Rysunek 2.51. Oto jeden ze sposobów rozmieszczenia elementów wewnątrz przełącznika. Cewka (A) wytwarza pole magnetyczne przesuwające dźwignię (B) w dół. Plastikowy element (C) napiera na giętkie metalowe paski i przesuną bieguny przełącznika (D) pomiędzy kontaktami



Rysunek 2.55



Rysunek 2.56. Najważniejszą rzeczą w trakcie otwierania obudowy przełącznika jest cierpliwość. Szybsze metody przy użyciu ciężkiego sprzętu lub ognia zaspokoją potrzeby emocjonalne osób o mniejszych możliwościach koncentracji uwagi, ale wyniki mogą być nieprzewidywalne



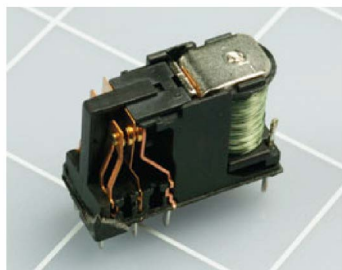
Rysunek 2.52. Aby zajrzeć do zapieczątowanego przełącznika, przycinaj krawędzie przełącznika do momentu, kiedy uzyskasz minimalną wolną przestrzeń



Rysunek 2.53. Wsuń ostrze noża, aby odciąć górę obudowy, a następnie powtórz tę procedurę dla pozostałych ścian obudowy



Rysunek 2.57. Cztery przełączniki różnego typu zasilane napięciem 12 V, pokazane w swojej obudowie i bez niej. Przełącznik stosowany w samochodach (skrajnie lewy) jest najprostszy i najłatwiejszy do zrozumienia, ponieważ przy jego projektowaniu rozmiar obudowy nie miał szczególnego znaczenia. Mniejsze przełączniki są zaprojektowane bardziej pomysłowo, ich konstrukcja jest bardziej złożona i trudniejsza do rozpracowania. Mniejsze przełączniki są przeważnie przeznaczone do przełączania mniejszych prądów niż ich większe odpowiedniki



Rysunek 2.54. Jeżeli będziesz naprawdę ostrożny, przełącznik powinien nadal działać po otwarciu

Wewnątrz przekaźnika

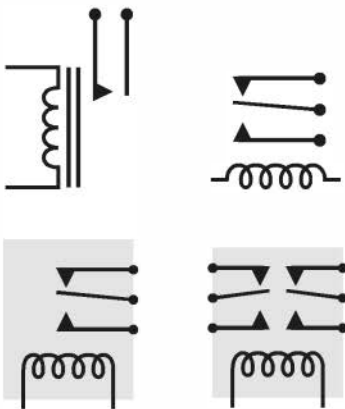
Przekaźnik zawiera cewkę nawiniętą na metalowym rdzeniu. Kiedy przez cewkę przepływa prąd, metalowy rdzeń wytwarza siłę elektromagnetyczną, która ciągnie plastikową dźwignię. Ta dźwignia napiera z kolei na sprężyste blaszki metalowe, powodując połączenie ze sobą dwóch wyprowadzeń. Zatem jak długo przez cewkę płynie prąd, tak długo przekaźnik jest „naładowany” i jego połączenia są zwarte.

Kiedy przez cewkę przestanie płynąć prąd, przekaźnik „odpuszcza”, a sprężyste metalowe blaszki odskakują do swojej pierwotnej pozycji, rozwierając połączenia. (Odstępstwo od tej zasady stanowią przekaźniki zatraskowe, gdzie powrót do pierwotnej pozycji wymaga impulsu przechodzącego przez drugą cewkę, ale tego typu przekaźnikami będziemy zajmować się w dalszej części książki).

Przekaźniki dzielą się na takie same kategorie jak przełączniki: SPST, DPST, SPDT itd.

Porównaj schematy przedstawione na rysunku 2.58 ze schematami przełączników na rysunku 2.38. Główna różnica polega na tym, że przekaźnik posiada cewkę, która aktywuje przełącznik. Sam przełącznik pokazany jest w swoim stanie spoczynkowym, kiedy cewka nie jest zasilana.

Kontakty przedstawione są jako małe trójkąty. Jeśli w przekaźniku znajdują się dwa bieguny, cewka aktywuje oba przełączniki jednocześnie.



Rysunek 2.58. Różne sposoby przedstawiania przekaźnika na schematach. U góry po lewej stronie przekaźnik typu SPST. U góry po prawej stronie i na dole po lewej SPDT. Na dole po prawej DPST. W książce używane będą symbole umieszczone na dole rysunku

Większość przekaźników nie wymaga polaryzacji, tzn. możesz zasilic cewkę w dowolnym kierunku, a przekaźnik i tak będzie działał. Najlepiej sprawdzić to w karcie katalogowej producenta. Niektóre przekaźniki zasilane są napięciem zmiennym, chociaż większość przekaźników niskiego napięcia korzysta z prądu stałego, takiego, jaki uzyskujesz na przykład z baterii. W tej książce będziemy korzystać z przekaźników prądu stałego.

Przekaźniki cierpią na tę samą przypadłość co przełączniki: ich kontakty ulegają zniszczeniu pod wpływem iskrzenia spowodowanego przełączaniem zbyt dużych napięć. Nie warto oszczędzać, kupując przekaźniki przeznaczone dla mniejszego prądu i napięcia niż wymagane przez Twój układ. Przekaźnik może zawieść w najmniej oczekiwanym momencie, a jego wymiana będzie skomplikowana.

Ze względu na dużą różnorodność typów przekaźników radzę, abyś dokładnie przestudiował specyfikację, zanim dokonasz zakupu. Szukaj następujących podstawowych informacji:

Napięcie znamionowe:

Napięcie, jakiego powinieneś użyć do zasilenia przekaźnika.

Minimalne napięcie zadziałania:

Minimalne napięcie, jakiego potrzebuje przekaźnik, aby zamknąć styki. Będzie ono minimalnie mniejsze od idealnego napięcia znamionowego.

Prąd pracy:

Prąd płynący przez cewkę, zwykle wyrażany w miliamperach, po zasileniu przekaźnika. Czasami zamiast prądu określa się pobór mocy cewki wyrażony w miliwatach.

Obciążalność styków:

Maksymalny prąd możliwy do przełączania pomiędzy kontaktami w przekaźniku. Zazwyczaj jest on wyrażony w odniesieniu do pewnego obciążenia w postaci stałej rezystancji, tzn. dla urządzenia pasywnego, takiego jak żarówka. Jeżeli używasz przekaźnika do przełączania silnika, musisz wiedzieć, że ten bierze znacznie większy prąd przy rozruchu niż podczas regulowanej pracy. Dla takiego przypadku najlepiej będzie, jeśli wybierzesz przekaźnik radzący sobie z prądem dwa razy większym od tego, jaki silnik pobiera w czasie normalnej pracy.

Procedura

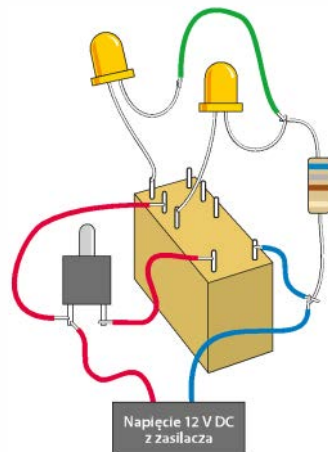
Odwróć przełącznik nóżkami do góry i podłącz do nich przewody oraz diody LED tak, jak pokazuje to rysunek 2.59. Użyj rezystora 680 Ω (jeżeli nie masz takiej wartości, może być również 1 k Ω). Podłącz również przelącznik przyciskany. (Twój konkretny typ przycisku może być inny od pokazanego, ale będzie działał tak samo, jeśli tylko jest to przycisk typu SPST z wyprowadzeniami u dołu). Kiedy naciśniesz przycisk, przełącznik spowoduje zgaśnięcie pierwszej diody i zapalenie drugiej. Po jego puszczeniu pierwsza dioda zapali się, a druga zgaśnie.

Jak to działa?

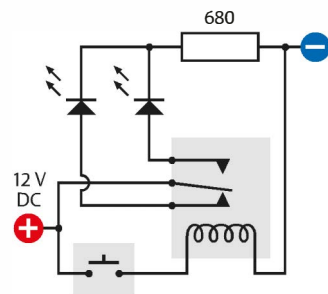
Porównaj schemat na rysunku 2.60 z rysunkiem 2.59. Przyjrzyj się również rysunkowi 2.62, który demonstruje wyprowadzenia przełącznika tworzące połączenia w jego wnętrzu dla przypadku zasilenia cewki i jego braku. Jest to przełącznik typu DPDT, ale my używamy tylko jednego bieguna, zupełnie ignorując drugi. Dlaczego zatem nie kupiliśmy przełącznika typu SPDT? Ponieważ zależy mi, aby przełącznik miał ten konkretny rozstaw wyprowadzeń, kiedy będziesz modernizował swój obwód, przenosząc go na płytkę prototypową, co nastąpi już niebawem.

Na schemacie pokazałem przełącznik w jego stanie spoczynkowym. Kiedy cewka zostaje zasilona, przelącznik przesuwają się do góry, co wydaje się być sprzeczne z intuicją, ale ten konkretny przełącznik skonstruowany jest właśnie w ten sposób.

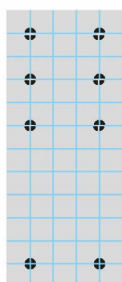
Jeżeli jesteś pewien, że rozumiesz zasadę działania tego układu, nadeszła pora, aby przejść do kolejnego etapu: małej modyfikacji, która sprawi, że przełącznik będzie przelączczał się samodzielnie. Tym zagadnieniem zajmiemy się podczas eksperymentu numer 8.



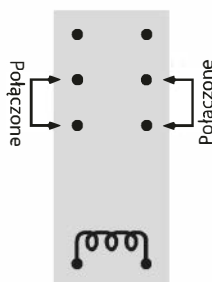
Rysunek 2.59. Tak jak poprzednio zamiast zwykłych przewodów pokazanych na rysunku możesz użyć przewodów testowych



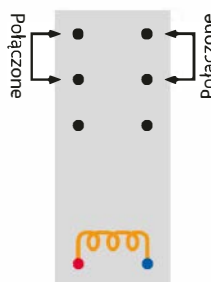
Rysunek 2.60. Ten sam obwód pokazany w formie schematu



Rysunek 2.61. Układ wyprowadzeń przełącznika, rysowany w siatkę o grubości oczka równej 0,1 cala. Tego typu przełącznika będziesz potrzebował w eksperymencie numer 8



Rysunek 2.62. Połączenia między wyprowadzeniami przełącznika, kiedy ten nie jest zasilany (po lewej) i kiedy jest zasilany (po prawej)



Większe wersje wszystkich schematów oraz płytek prototypowych dostępne są na stronie książki pod adresem <http://helion.pl/ksiazki/eleodp.htm>.

Eksperyment 8: Oscylator zbudowany na przekaźniku

Potrzebne będą:

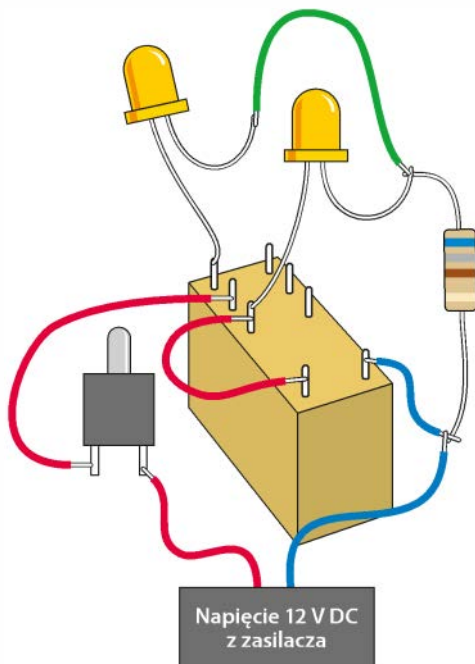
- zasilacz, płytka prototypowa, szczypce do cięcia drutu i zdejmowania izolacji,
- przekaźnik DPDT, liczba: 1,
- diody LED, liczba: 2,
- przełącznik przyciskany, SPST, liczba: 1,
- krokodylki, liczba: 8,
- rezystor w pobliżu wartości $680\ \Omega$, liczba: 1,
- kondensator elektrolityczny, $1000\ \mu\text{F}$, liczba: 1.

Przyjrzyj się poprawionemu układowi połączeń na rysunku 2.63 oraz poprawionemu schematowi na rysunku 2.64. Porównaj je z ich poprzednikami. Wcześniej istniało bezpośrednie połączenie między przełącznikiem a cewką przekaźnika. W nowej wersji zasilanie jest dostarczane do cewki przez kontakty przekaźnika.

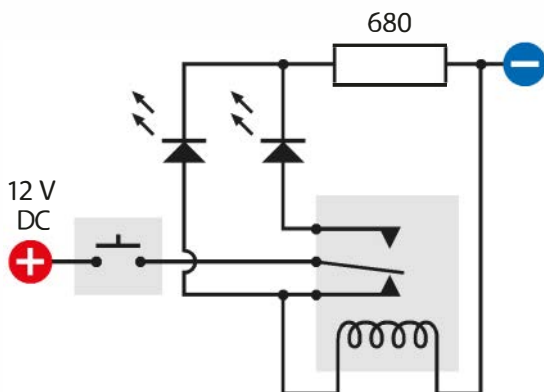
Teraz po naciśnięciu przycisku kontakty przekaźnika w stanie spoczynku przekaźnika zasilają jego cewkę, a także diodę LED po lewej stronie, ale kiedy tylko cewka zostanie zasilona, otwiera to połączenie między tymi kontaktami. To przerywa zasilanie cewki, powodując przejście przekaźnika w stan spoczynku i ponowne zamknięcie kontaktów. Te dostarczają kolejną porcję energii do cewki, powodując ponowne otwarcie kontaktów. Ten cykl powtarza się w nieskończoność.

Ponieważ używamy bardzo małego przekaźnika, jego przełączanie odbywa się bardzo szybko. W ciągu sekundy następuje w przybliżeniu 50 oscylacji (zbyt wiele, aby diody LED były w stanie pokazać, co właściwie się dzieje). Upewnij się, iż Twój obwód wygląda tak jak ten przedstawiony na diagramie, i na krótką chwilę naciśnij przycisk. Powinieneś usłyszeć bzyczenie dochodzące z przekaźnika. Jeżeli masz problemy ze słuchem, dotknij delikatnie przekaźnika, powinieneś poczuć jego wibrowanie.

Jeżeli pozwolił na pracę przekaźnika w takiej formie, narazisz go na spalenie lub uszkodzenie kontaktów. Dlatego prosiłem, abyś naciśnął przycisk jedynie na krótką chwilę. Aby uczynić ten obwód bardziej praktycznym, potrzebujemy jakiegoś środka do spowolnienia przekaźnika i zapobieżenia jego samozniszczeniu. Tym środkiem jest kondensator.



Rysunek 2.63. Mała poprawka poprzedniego układu sprawia, że pod dostarczeniu energii przekaźnik zaczyna oscylować



Rysunek 2.64. Układ oscylatora pokazany w formie schematu

Dodawanie pojemności

Podłącz kondensator elektrolityczny o pojemności 1000 μF równoległe do cewki przekaźnika, tak jak pokazuje to rysunek 2.65 i schemat na rysunku 2.66. Jeżeli nie jesteś pewien, jak wygląda kondensator, wróć na chwilę do rysunku 2.14. Wartość 1000 μF będzie nadrukowana na jego boku. Znaczenie tej wartości wyjaśnię później.

Upewnij się, iż **krótsze** wyprowadzenie kondensatora jest podłączone do ujemnej części obwodu, w przeciwnym wypadku nie będzie on działał. Oprócz krótszego wyprowadzenia powinieneś również znaleźć znak minus na boku kondensatora. Jest to dodatkowe wskazanie, przypominające, która z jego „nóg” jest ujemna. Kondensatory elektrolityczne są bardzo czule pod tym względem.

Jeśli teraz naciśniesz przycisk, przekaźnik powinien zacząć klikać o wiele wolniej. Dlaczego tak się dzieje?

Kondensator można porównać do miniaturowej baterii wielokrotnego ładowania. Jest ona tak mała, iż ładuje się w ciągu ułamka sekundy, zanim przekaźnik będzie miał czas na otwarcie swojej położonej niżej pary kontaktów. Potem, kiedy kontakty zostaną otwarte, kondensator zachowuje się jak bateria i zasila przekaźnik. Cewka otrzymuje energię przez około sekundę. Po wyczerpaniu energii przez kondensator przekaźnik powraca do stanu spoczynku i cały proces się powtarza.

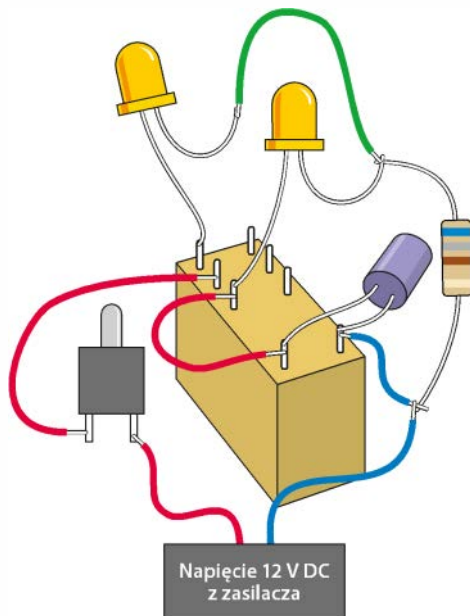
PODSTAWY

Farady

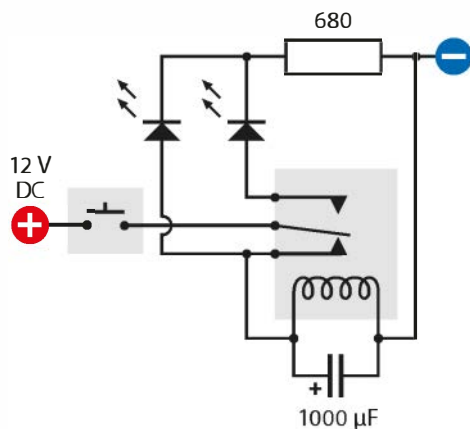
Farad jest międzynarodową jednostką miary pojemności. Nowoczesne układy wymagają zazwyczaj kondensatorów o małej pojemności. Stąd o wiele łatwiej można spotkać kondensatory o pojemnościach rzędu pikofaradów (milionowych części farada), a nawet pikofaradów (bilionowych części farada). W Europie (częściej niż w Stanach Zjednoczonych) używane są również nanofarady. Przyjrzyj się poniższej tabeli konwersji.

0,001 nanofarada	1 pikofarad	1 pF
0,01 nanofarada	10 pikofaradów	10 pF
0,1 nanofarada	100 pikofaradów	100 pF
1 nanofarad	1000 pikofaradów	1000 pF
0,001 mikrofarada	1 nanofarad	1 nF
0,01 mikrofarada	10 nanofaradów	10 nF
0,1 mikrofarada	100 nanofaradów	100 nF
1 mikrofarad	1000 nanofaradów	1000 nF
0,000001 farada	1 mikrofarad	1 μF
0,00001 farada	10 mikrofaradów	10 μF
0,0001 farada	100 mikrofaradów	100 μF
0,001 farada	1000 mikrofaradów	1000 μF

Możesz również trafić na kondensatory o pojemnościach większych niż 1000 μF , ale są one rzadko spotykane.



Rysunek 2.65. Dodanie kondensatora sprawia, że przekaźnik oscyluje wolniej



Rysunek 2.66. Kondensator pojawia się na samym dole naszego schematu

Kondensatory

Prąd stały nie płynie przez kondensator, ale przyłożone napięcie prowadzi do bardzo szybkiego nagromadzenia się w jego wnętrzu ładunku, który pozostaje tam, nawet kiedy źródło zasilania zostanie odłączane. Pewne pojęcie na temat tego, co dzieje się wewnątrz kondensatora, kiedy ten jest w pełni naładowany, dają rysunki 2.67 i 2.68.

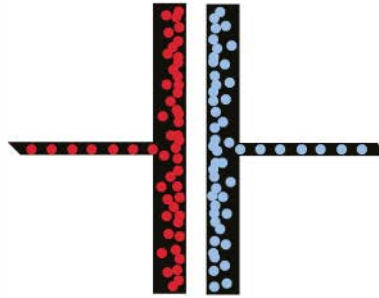


Kondensator może być niebezpieczny

Jeżeli duży kondensator zostanie naładowany przy użyciu wysokiego napięcia, jego ładunek może przetrwać długi okres. Ponieważ obwody elektryczne budowane z pomocą tej książki używają bardzo niskiego napięcia, nie musisz martwić się tym zagrożeniem, ale jeśli będziesz dostatecznie lekkomyślny, aby włączyć się do starego odbiornika telewizyjnego i zacząć w nim grzebać (czego nie polecam), może Cię spotkać niemiła niespodzianka. Rozładowujący się kondensator może zabić Cię z równą łatwością co włożenie palców do gniazdka elektrycznego. Nigdy nie dotykaj dużych kondensatorów, o ile nie jesteś pewien tego, co robisz.



Rysunek 2.67. Kiedy do kondensatora przyłożone zostanie stałe napięcie, nie płynie żaden prąd, ale on sam ładuje się tak jak bateria. Dodatni i ujemny ładunek są jednakowe, ale przeciwstawne wobec siebie



Rysunek 2.68. Możesz wyobrazić sobie dodatnio naładowane cząstki skumulowane po jednej stronie kondensatora przyciągające ujemnie naładowane cząstki po jego drugiej stronie

W większości nowoczesnych kondensatorów elektrolitycznych dwie płytki kondensatora zostały zredukowane do dwóch pasków bardzo cienkiej i giętkiej metalowej folii, zwiniętych razem i odseparowanych jedynie równie cienkim izolatorem. Kondensatory ceramiczne o kształcie dysku zazwyczaj składają się jedynie z pojedynczego okrągłego elementu stanowiącego izolator z naniesionymi na obu stronach metalowymi okładzinami, do których przymocowane są wyprowadzenia.

Kondensatory wykonywane są najczęściej jako ceramiczne (o względnie małej pojemności) i elektrolityczne (mogące przechowywać duży ładunek). Ceramiczne mają często kształt dysku i pomalowane są na żółto, elektrolityczne przypominają aluminiowe puszki z napojami i mogą być niemal dowolnego koloru. Przykłady kondensatorów obu typów pokazane zostały na rysunkach 2.14 i 2.15.

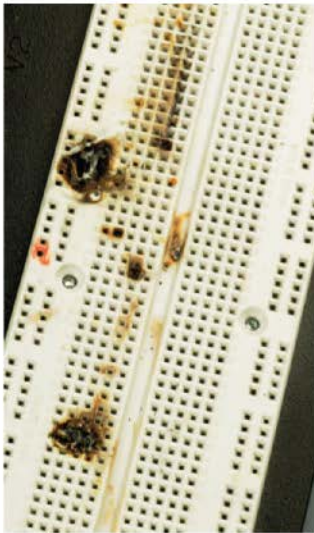
Kondensatory (ciąg dalszy)

Kondensatory ceramiczne nie mają polaryzacji, możesz podłączyć ujemne napięcie do którejkolwiek nóżki. Kondensatory elektrolityczne mają polaryzację i nie będą działać, jeśli nie podłączysz ich w prawidłowy sposób.

Symbol reprezentujący kondensator ma dwie istotne odmiany: z dwoma prostymi liniami (symbolizującymi okładziny w jego wnętrzu) lub z jedną linią prostą i jedną wykrzywioną, tak jak pokazuje to rysunek 2.69. Widząc wykrzywioną linię, powinieneś przyjąć, iż ta strona kondensatora powinna być przyłączona do niższego potencjału niż druga. Symbole na schemacie mogą również zawierać znak plus (+). Niestety, niektórzy twórcy schematów nie zadają sobie trudu narysowania zakrzywionej linii dla kondensatora z polaryzacją, podczas gdy inni rysują ją nawet, jeśli kondensator nie ma polaryzacji.



Rysunek 2.69. Ogólny symbol kondensatora znajduje się po lewej stronie. Wersja po prawej stronie wskazuje na kondensator z polaryzacją, którego lewa okładzina powinna być „bardziej pozytywna” niż prawa. Znak plus jest często pomijany



Rysunek 2.70. Do tej płytki przez przypadek wpięty został odwrotnie kondensator tantalowy, a źródło zasilania było w stanie wygenerować duży przepływ prądu. Po minucie działania kondensator „zbuntował się”, wybuchając i rozrzucając po okolicy małe płonące odłamki, które wypaliły plastik na płytce. Była to dobra nauczka, aby zwracać uwagę na polaryzację



Polaryzacja kondensatora

Kondensator elektrolityczny musisz podłączać w taki sposób, aby jego dłuższe wyprowadzenie miało potencjał wyższy od potencjału wyprowadzenia krótszego. Pokrywa kondensatora posiada zazwyczaj oznaczenie w postaci znaku minusa w okolicy krótszego wyprowadzenia.

Niektóre kondensatory mogą zachować się nieprzewidywalnie, jeśli nie będziesz uważał na ich polaryzację. Zdarzyło mi się podłączyć kondensator tantalowy do obwodu zasilanego przez źródło wydajne prądowo. Przyglądałem się właśnie całemu układowi, zastanawiając się, czemu nie działa, kiedy kondensator wystrzelił, rozrzucając małe płonące fragmenty w promieniu kilku centymetrów. Zapomniałem, że kondensatory tantalowe są bardzo wybredne pod względem swojej polaryzacji. Wynik tego eksperymentu pokazuje rysunek 2.70.

Michael Faraday i kondensatory

Pierwsze kondensatory składały się z dwóch metalowych płytek z bardzo małą przerwą między nimi. Zasada ich działania była bardzo prosta:

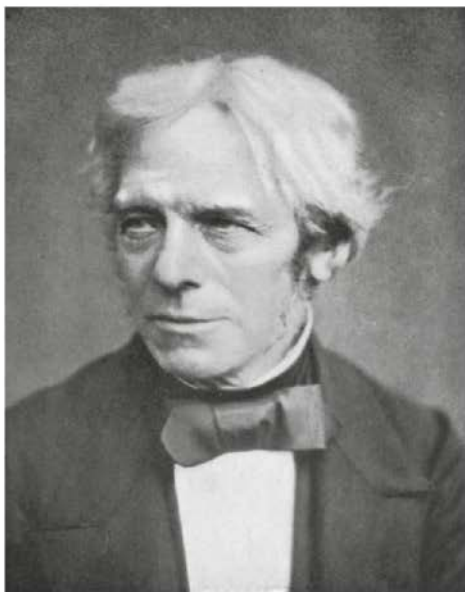
- Jeżeli jedna płytka była podłączona do dodatniego potencjału, dodatni ładunek przyciągał ładunki ujemne do drugiej płytki.
- Jeżeli jedna płytka była podłączona do ujemnego potencjału, ujemne ładunki przyciągały dodatnie ładunki do drugiej płytki.

Te proste zasady demonstrują zamieszczone wcześniej rysunki 2.67 i 2.68.

Zdolność do przechowywania ładunku przez kondensator jest znana jako **pojemność** i jest mierzona w faradach. Jednostka ta pochodzi od nazwiska kolejnego pioniera w dziedzinie elektryczności — Michaela Faradaya (rysunek 2.71). Był on angielskim chemikiem i fizykiem, żyjącym w latach 1791 – 1867.

Chociaż Faraday nie był człowiekiem wykształconym, a także słabo znał się na matematyce, miał możliwość przestudiowania różnorodnych książek podczas siedmioletniej pracy jako uczeń introligatorstwa i dzięki temu samodzielnie wykształcił się. Ponadto, żył w czasach, kiedy względnie proste eksperymenty prowadziły do odkrywania fundamentalnych praw związanych z elektrycznością. To wszystko sprawiło, że dokonał wielkich odkryć. Wśród nich znalazła się indukcja elektromagnetyczna — zjawisko, które otworzyło drogę do rozwoju silników elektrycznych. Odkrył również, że magnetyzm może wpływać na promienie światła.

Jego praca przyniosła mu niesamowite zaszczyty, a jego podobizna była w latach od 1991 do 2001 drukowana na brytyjskich banknotach o nominale 20 funtów.



Rysunek 2.71. Michael Faraday

Montowanie układu na płytce

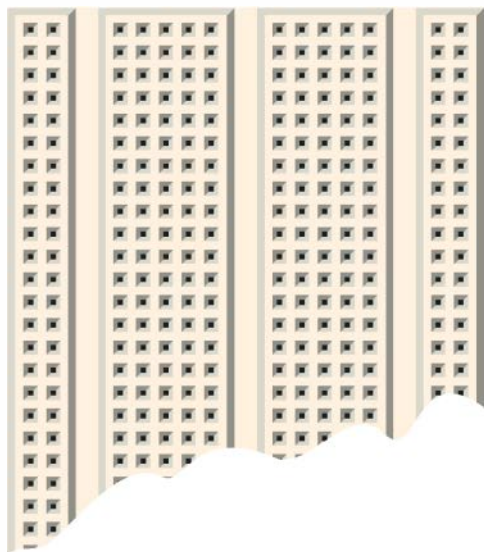
Wcześniej obiecywałem, że uwolnię Cię od frustrujących krokodylków i właśnie nadeszła ta pora. Zwróć teraz uwagę na blok plastiku z dużą liczbą małych otworów, o którego zakup prosiłem Cię na początku rozdziału. Jest on nazywany **plytką prototypową**. Kiedy wepniesz komponent w otwory, ukryte pod spodem metalowe paski utworzą dla Ciebie połączenia z innymi elementami układu. W ten sposób możesz stworzyć układ, przetestować go i w prosty sposób dokonać niezbędnych modyfikacji. Po skończonej pracy możesz wymontować wszystkie części z płytki i zachować je na potrzeby przyszłych eksperymentów.

Płytki prototypowe są bez wątpienia najbardziej wygodnym sposobem przetestowania układu, zanim podejmiesz decyzję o jego wykonaniu w formie ostatecznej.

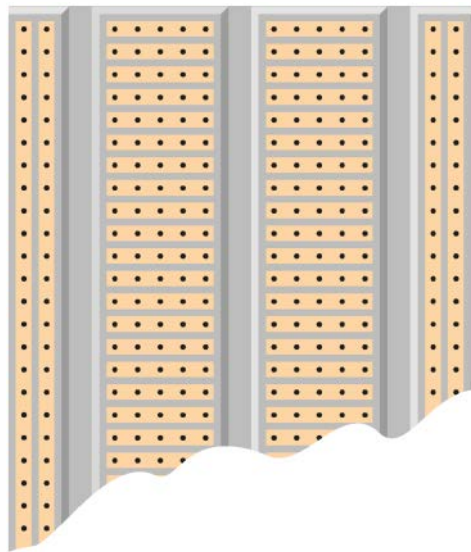
Niemal wszystkie płytki prototypowe są przystosowane do współpracy z układami scalonymi (których będziemy używać, poczynając od rozdziału czwartego). Kość wpinana jest po obu stronach pustego kanału biegnącego przez środek płytki z wierszami małych otworów po jednej i drugiej stronie — zazwyczaj na jeden wiersz przypada około pięć otworów. Do tych otworów wstawiać będziesz pozostałe elementy układu.

Dodatkowo, płytka powinna posiadać kolumny otworów biegnące z góry na dół na obu swoich krawędziach. Te używane są do dystrybucji dodatniego i ujemnego potencjału zasilania.

Przyjrzyj się rysunkom 2.72 i 2.73, przedstawiającym górną część typowej płytki prototypowej widzianą z góry, a także tę samą płytkę widzianą od środka, z metalowymi paskami przymocowanymi poniżej otworów.



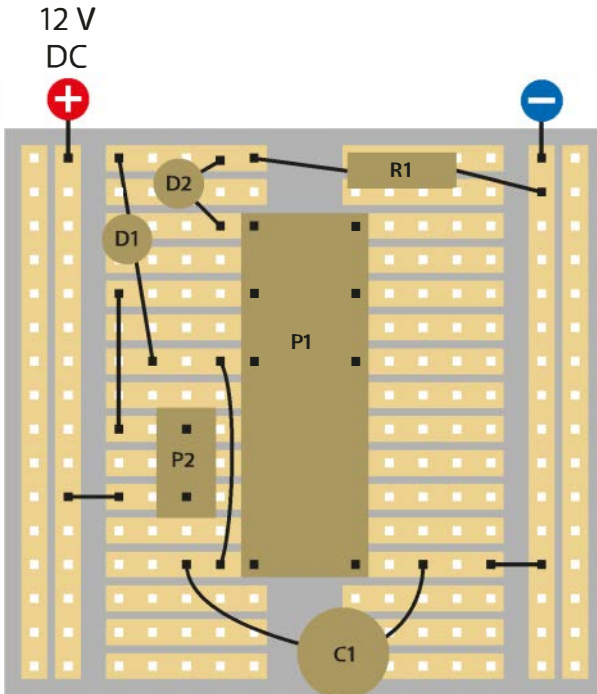
Rysunek 2.72. Typowa płytka prototypowa. Pozwala na bardzo szybkie zmontowanie i przetestowanie układu poprzez umieszczanie komponentów w otworach



Rysunek 2.73. „Prześwietlona” wersja płytki ukazuje miedziane paski osadzone w jej wnętrzu. Paski zapewniają przewodzenie pomiędzy poszczególnymi komponentami

Ważna uwaga: niektóre płytki dzielą każdą pionową kolumnę otworów (po lewej i prawej stronie) na dwie oddzielne sekcje (górną i dolną). Użyj miernika z ustawionym testem przewodzenia, aby przekonać się, czy płytka daje zasilanie na całej swojej wysokości. Jeśli tak nie jest, możesz w miarę potrzeby użyć przewodów, aby połączyć ze sobą obie sekcje.

Rysunek 2.74 pokazuje, w jaki sposób możesz powtórzyć swój obwód oscylatora na płytce prototypowej. Do płytki musisz dostarczyć energię ze swojego zasilacza. Wepchnięcie przewodów zasilacza w otwory płytki może być trudne, gdyż te niemal na pewno wykonane są w formie linki. Sposobem na obejście tego problemu jest wstawienie do płytki dwóch drutów 0,5 mm², stanowiących wyprowadzenia, do których podepniesz przewody zasilacza. Patrz rysunek 2.75. (Tak, do podłączenia będziesz musiał użyć dwóch krokodyłków). Innym rozwiązaniem jest użycie płytki prototypowej z przymocowanymi do niej zakręcanymi końcówkami zasilającymi. Pozwalają one na wygodniejsze podłączenie zasilania.



Rysunek 2.74. Jeżeli umieścisz swoje komponenty na płytce montażowej według pozycji pokazanych na rysunku, stworzą one taki sam obwód, jaki zbudowałeś podczas eksperymentu numer 8 z pomocą przewodów i krokodyłków. Poszczególne komponenty to:

- D1, D2: diody LED*
- P1: przełącznik typu DPDT*
- P2: przełącznik chwilowy typu SPST*
- C1: kondensator elektrolityczny, 1 000 μ F*
- R1: rezystor, minimum 680 Ω*



Rysunek 2.75. Jeżeli Twoja płytka nie posiada zakręcanych końcówek zasilających, umieść w otworach dwa kawałki drutu z odizolowanymi końcami i podłącz do nich przewody zasilacza, używając do tego celu krokodyłków

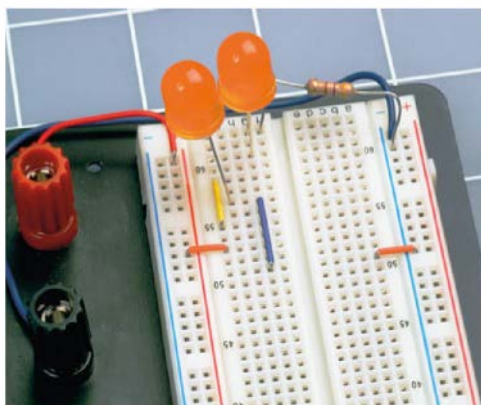
Będziesz potrzebował trochę więcej przewodu 0,5 mm² lub już przyciętych odcinków drutu, aby dostarczyć zasilanie do swoich komponentów, które wpięte są w płytkę prototypową, tak jak pokazują to rysunki 2.76 i 2.77. Jeżeli uda Ci się połączyć wszystko prawidłowo, obwód powinien funkcjonować w taki sam sposób, jak poprzednio.

Geometria metalowych pasków łączących otwory w płytce często będzie Cię zmuszać do łączenia komponentów okrężnymi drogami. Dla przykładu, przełącznik przyciskany dostarcza zasilanie do bieguna przekaźnika, ale on sam nie może być umieszczony dokładnie naprzeciw wyprowadzenia tego bieguna, ponieważ nie ma na to miejsca.

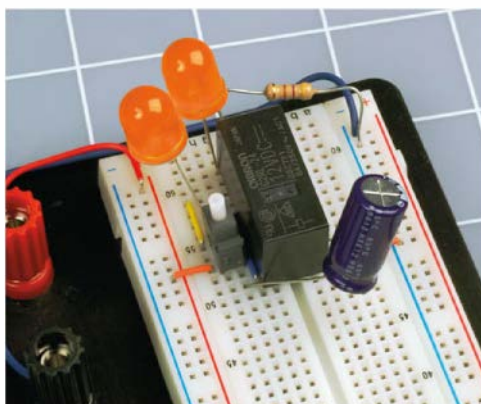
Pamiętaj, że paski metalu na płytce niepodłączone z żadnymi przewodami lub komponentami nie mają znaczenia dla budowanego układu. Nie pełnią żadnej funkcji.

W dalszej części książki będę sugerował odpowiedni rozkład elementów na płytce dla budowanych obwodów, ale prędzej czy później będziesz musiał zacząć samodzielnie rozplanowywać połączenie części i ich połączenia. Jest to kluczowa umiejętność miłośnika elektroniki.

Większe wersje wszystkich schematów oraz płytek prototypowych dostępne są na stronie książki pod adresem <http://helion.pl/ksiazki/eleodp.htm>.



Rysunek 2.76. Na płytce umieszczone zostały diody LED o przesadzonym rozmiarze, jeden rezystor i połączenia drutowe



Rysunek 2.77. Następnie dołożone zostały: przycisk, przekaźnik i kondensator. W ten sposób powstał pełny układ pokazany wcześniej na schemacie. Po naciśnięciu przycisku przekaźnik zaczyna oscylować, powodując miganie diod

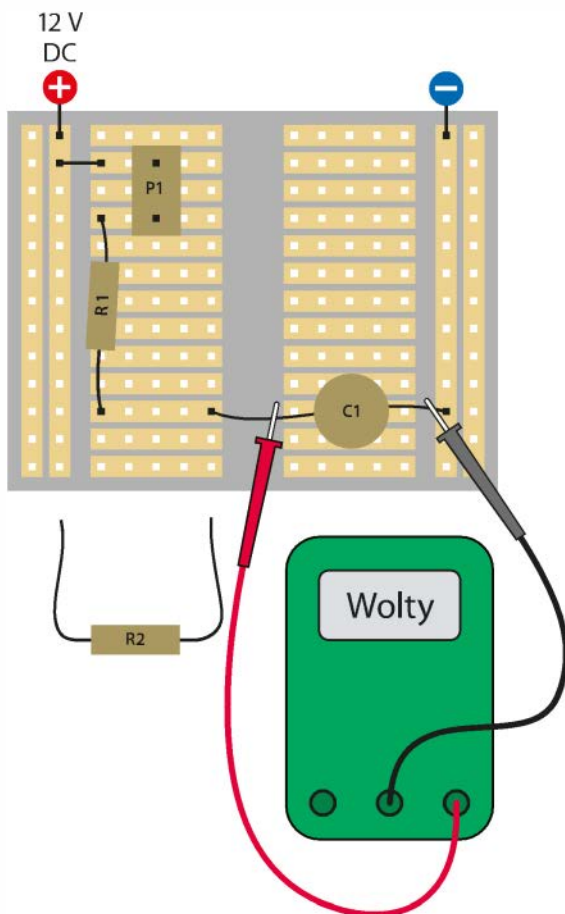
Eksperyment 9: Czas i kondensatory

Potrzebne będą:

- zasilacz, płytka prototypowa, przewody, szczypce do cięcia i zdejmowania izolacji,
- miernik,
- przełącznik przyciskany, SPST, liczba: 1,
- rezystory i kondensatory o różnych wartościach.

W eksperymencie ósmym kondensator umieszczony równolegle do cewki przekaźnika naładowywał się niemal natychmiast i rozpoczynał rozładowywanie przez obwód cewki. Jeżeli do kondensatora podepniesz szeregowo rezystor, jego czas ładowania ulegnie wydłużeniu. Sprawiając, iż kondensator ładuje się dłużej, możesz mierzyć czas. Ta koncepcja jest bardzo ważna.

Usuń komponenty ze swojej płytki prototypowej, a następnie przygotuj bardzo prosty obwód pokazany na rysunku 2.78, gdzie C1 to kondensator $1000\ \mu\text{F}$, R1 to rezystor $100\ \text{k}\Omega$, R2 to rezystor $100\ \Omega$, a P1 to przełącznik przyciskany, którego używaliśmy wcześniej. Ustaw miernik na pomiar napięcia stałego, umieść końcówki pomiarowe na wyprowadzeniach kondensatora i trzymając w takiej pozycji, naciśnij przycisk. Powinieneś zobaczyć napięcie rosnące stopniowo wraz ze zbieraniem się ładunku w kondensatorze. (Pomiar łatwiej będzie wykonać z użyciem miernika, który nie ma automatycznego doboru zakresów, ponieważ wtedy nie musisz czekać, aż urządzenie dostosuje zakres pracy przed podaniem wyniku). Rezystor R1 spowalnia czas ładowania kondensatora.



Rysunek 2.78. Obserwuj napięcie rosnące na kondensatorze w czasie, gdy trzymasz naciśnięty przycisk. Spróbuj innych wartości rezystora R1. Aby powtórzyć eksperyment, rozładuj kondensator, przykładając do niego równolegle rezystor R2, następnie ponownie przyłóż końcówki pomiarowe miernika

P1: Przycisk chwilowy typu OFF (ON)

R1: (początkowo) $100\ \text{k}\Omega$

R2: $100\ \Omega$

C1: $1000\ \mu\text{F}$

Zwolnij przycisk, odtóż na bok swój miernik i rozładuj kondensator, przykładając do niego rezystor R2 na sekundę lub dwie. Zastąp następnie R1 rezystorem o wartości 50 k Ω i powtórz eksperyment. Miernik powinien zacząć liczyć w górę dwa razy szybciej.

Napięcie, rezystancja i pojemność

Wyobraź sobie, że rezystor to kurek kranowy, a kondensator to balon, który usiłujesz wypełnić wodą. Kiedy przykręcisz kurek do tego stopnia, iż z kranu lecieć będzie jedynie strużka wody, wypełnienie balonu wodą potrwa dłużej. Zmniejszony przepływ wody nadal jednak doprowadzi do całkowitego napełnienia balonu wodą i (przy założeniu, że balon nie pęknie) ustanie w chwili, kiedy ciśnienie wewnątrz balonu będzie odpowiadać ciśnieniu w przewodach dostarczających wodę. Patrz rysunek 2.79.

Podobnie, jeśli poczekaś odpowiednio długo ze swoim obwodem, napięcie w końcu osiągnie taką samą wartość, jak źródło zasilania. W obwodzie zasilanym przez 12 V napięcie na kondensatorze powinno ostatecznie osiągnąć 12 V (choć „ostatecznie” może zająć dłużej, niż jesteś w stanie sobie wyobrazić).

To może wydawać się niezrozumiałe, ponieważ wcześniej dowiedzieliś się, że po przyłożeniu napięcia do jednego końca rezystora otrzymujesz na wyjściu mniejsze napięcie od tego wyjściowego. Jak to możliwe, aby rezystor połączony z kondensatorem dostarczał pełnego napięcia?

Zapomnij na chwilę o kondensatorze i przypomnij sobie, jak testowałeś dwa rezystory 1-kiloomowe. W takiej sytuacji każdy rezystor stanowił połowę rezystancji całego układu, zatem na każdym z nich następowała połowa całkowitego spadku napięcia. Umieszczając ujemną końcówkę miernika na ujemnym wyprowadzeniu źródła zasilania, a dodatnią w środku pomiędzy dwoma rezystorami, zmierzyłbyś 6 V. Ilustruje to rysunek 2.80.

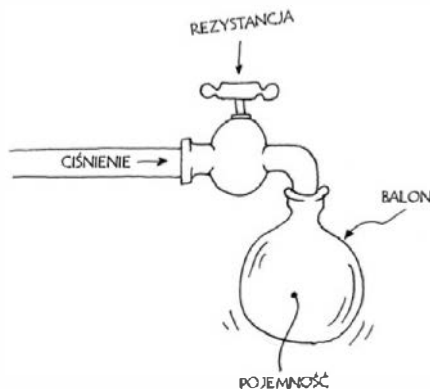
Załóżmy teraz, że usuniesz z obwodu jeden rezystor 1-kiloomowy i zastąpisz go innym, o wartości 9 k Ω . Całkowita rezystancja w obwodzie wynosi teraz 10 k Ω , a zatem 9-kiloomowy rezystor traci 90% z Twoich 12 V. To 10,8 V. Powinieneś sprawdzić to praktycznie. (Nie znajdziesz rezystora 9 k Ω , ponieważ nie jest to wartość standardowa; poszukaj innego o zbliżonej wartości).

Idąc dalej, przyjmijmy, że usuwasz z obwodu rezystor 9 k Ω i zastępujesz go rezystorem 99 k Ω . Spadek napięcia na nim wyniesie 99% dostępnego napięcia lub 11,88 V. Powinieneś już dostrzegać, dokąd to wszystko zmierza: im większy rezystor, tym większy wpływ na spadek napięcia.

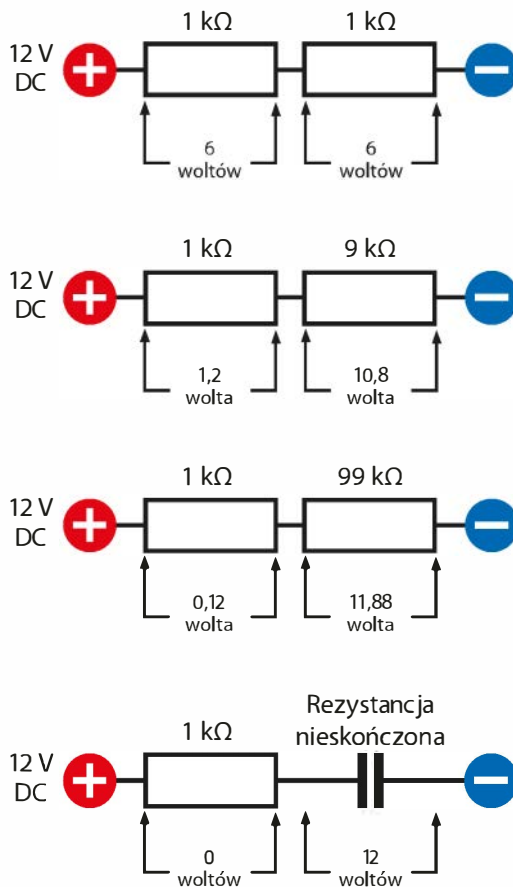
Wcześniej nadmieniałem jednak, że kondensator stanowi całkowitą blokadę dla napięcia stałego. Może akumulować ładunek elektryczny, ale nie może przez niego płynąć prąd. Innymi słowy, dla napięcia stałego kondensator zachowuje się jak rezystor o nieskończonej rezystancji.

(W praktyce izolacja wewnątrz kondensatora pozwala na minimalne „przecieki”, ale idealny kondensator posiadałby rezystancję nieskończoną).

Wartość rezystora połączonego szeregowo z kondensatorem staje się w takiej sytuacji nieistotna. Niezależnie od tego, jak wysoką wartość rezystora zastosujemy, znacznie większą rezystancję nadal stanowić będzie sam kondensator. Oznacza to, że kondensator „kradnie” niemal cały spadek napięcia w obwodzie, a różnica potencjałów między jednym końcem rezystora a drugim wynosi zero (przy założeniu, że pominiemy pewną niedoskonałość samego kondensatora). W zrozumieniu tej koncepcji powinien pomóc rysunek 2.80.



Rysunek 2.79. Kiedy kran jest zamknięty do połowy, napełnienie balonu zajmie więcej czasu, ale ostatecznie balon napełni się i nabierze odpowiedniego ciśnienia



Rysunek 2.80. Kiedy dwa rezystory zostaną połączone szeregowo, ten o większej rezystancji powoduje większy spadek napięcia niż drugi, o rezystancji mniejszej. Jeżeli większa rezystancja zmierza do nieskończoności (jak w przypadku kondensatora), spadek napięcia na mniejszej rezystancji spada do wartości niemierzalnych i stąd potencjały na obu jego końcach są niemal identyczne

Powinieneś sprawdzić to zjawisko, używając rzeczywistych rezystorów i kondensatorów, chociaż napotkasz pewien problem. Kiedy użyjesz swojego miernika w trybie pomiaru woltów napięcia stałego, on sam podczas pomiaru pobierze ułamek części prądu płynącego w obwodzie. Ilość prądu płynącego przez miernik jest tak mała, iż nie wpływa znacząco na napięcie mierzone na rezystorze. Rezystancja wewnętrzna miernika jest wyższa niż wartość większości znanych rezystorów. Pamiętaj jednak, że rezystancja kondensatora jest niemal nieskończona. W tej sytuacji rezystancja wewnętrzna miernika nabiera znaczenia. Ponieważ nie ma idealnego miernika, tak jak nie ma idealnych rezystorów i kondensatorów, będzie on wchodził w pewną interakcję z mierzonym układem i w związku z tym odczytywane wartości będą jedynie przybliżeniem wartości rzeczywistych.

Jeżeli spróbujesz zmierzyć napięcie na kondensatorze, który został naładowany i nie jest podłączony do innych elementów układu, przekonasz się, że napięcie stopniowo spada, ponieważ kondensator rozładowuje się poprzez miernik.

Stała czasowa

Być może zastanawiasz się, czy istnieje jakiś sposób przewidywania, ile dokładnie czasu zajmie danemu kondensatorowi naładowanie się po połączeniu go z rezystorem o zadanej wartości. Czy istnieje wzór do wyliczania tej wartości?

Oczywiście, odpowiedź brzmi „tak”, ale sposób, w jaki to mierzymy, jest odrobinę podchwytliwy, ponieważ kondensator nie ładuje się w sposób liniowy. Pierwszy wolt akumuluje się bardzo szybko, drugi trochę wolniej, trzeci jeszcze wolniej itd. Możesz wyobrazić sobie, że elektrony zbierające się na okładzinach kondensatora przypominają ludzi wchodzących na aulę i szukających miejsca do siedzenia. Im mniej miejsc do siedzenia, tym więcej czasu zajmuje poszczególnym osobom znalezienie ich.

Parametr opisujący to zjawisko jest określany mianem „stałej czasowej”. Jej definicja jest bardzo prosta:

$$RC = R \times C$$

gdzie RC to stała czasowa wyrażona w sekundach, C to pojemność kondensatora wyrażona w faradach, ładowana przez rezystor o rezystancji R wyrażonej w omach.

Wróć do obwodu, który właśnie skonstruowałeś, i spróbuj użyć go ponownie, tym razem z rezystorem 1 k Ω i kondensatorem 1000 μ F. Wartości te musimy zamienić na farady i omy przed wstawieniem ich do wzoru. 1000 μ F to 0,001 farada, a 1 k Ω to 1000 omów, co daje po podstawieniu:

$$RC = 1000 \times 0,001$$

Innymi słowy, RC = 1, bardzo prosta rzecz do zapamiętania:

Rezystor 1-kilomowy połączony szeregowo z kondensatorem 1000 μ F mają stałą czasową równą 1.



Czy to oznacza, że kondensator zostanie naładowany do pełna w ciągu jednej sekundy? Nie, to nie takie proste. Stała czasowa RC to czas, jaki zajmuje kondensatorowi pozyskanie ładunku będącego odpowiednikiem 63% przyłożonego napięcia, przy założeniu, że proces zaczął się od napięcia 0 V.

(Dlaczego akurat 63%? Odpowiedź na to pytanie jest zbyt skomplikowana, aby udzielać jej w tej książce. Informacji na ten temat możesz poszukać w innej literaturze. Przygotuj się na obecność równań różniczkowych). Oto formalna definicja, która przyda nam się w przyszłości:

Stała czasowa (RC) to czas potrzebny kondensatorowi do pozyskania 63% ładunku będącego różnicą pomiędzy jego bieżącym ładunkiem a przyłożonym napięciem. Przy RC=1 kondensator uzyskuje 63% swojego pełnego ładunku w ciągu jednej sekundy, przy RC=2 uzyskanie 63% pełnego ładunku zajmuje dwie sekundy itd.

Co się dzieje, gdy kondensator jest dalej zasilany? Historia się powtarza. Kondensator akumuluje *kolejne* 63% *pozostalej* różnicy pomiędzy jego bieżącym ładunkiem a przyłożonym do niego napięciem.

Wyobraź sobie kogoś jedzącego okrągły torcik. W pierwszej chwili osoba ta jest bardzo głodna i zjada 63% tortu w ciągu jednej sekundy. Po tym pierwszym zaspokojeniu głodu nie jest ona już tak zachłanna i zjada jedynie 63% pozostałej części w ciągu tego samego czasu co poprzednio. W ramach trzeciej porcji zjada 63% tego, co jeszcze pozostało, ponownie w takim samym czasie, jaki zajęło jej zjedzenie poprzedniego kawałka. Sytuacja powtarza się dalej. O tej osobie można powiedzieć, że zachowuje się podobnie do kondensatora „zjadającego” ładunek elektryczny (rysunek 2.81).

Rysunek 2.81. Jeżeli nasz smakosz zjada zawsze jedynie 63% ciasta pozostającego na talerzu, „ładuje” swój brzuch w taki sam sposób, jak robi to kondensator. Niezależnie od tego, jak długo będzie kontynuował posiłek, jego brzuch nigdy nie zostanie naplniony całą porcją ciasta

Stała czasowa (ciąg dalszy)

Na talerzu zawsze pozostanie kilka okruchów do zjedzenia, ponieważ miłośnik ciasta nigdy nie zjada 100% tego, co pozostało na talerzu. Podobnie, kondensator nigdy nie pozyska pełnego ładunku. W idealnym świecie perfekcyjnych komponentów ten proces byłby kontynuowany w nieskończoność.

W rzeczywistym świecie mówimy nieco arbitralnie, że:

Po czasie $5 \times RC$ kondensator będzie niemal w pełni naładowany i nie przejmujemy się pozostałą różnicą.

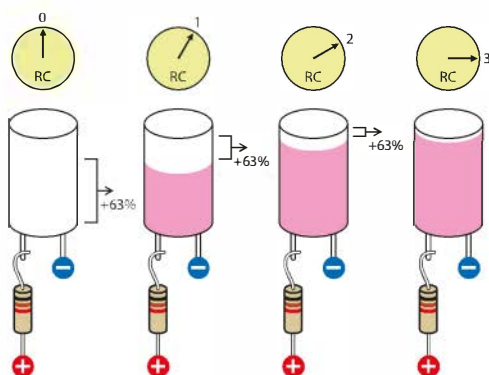
W tabeli poniżej podane zostały wyliczenia (zaokrąglone do dwóch miejsc po przecinku) pokazujące ładunek akumulujący się na kondensatorze w obwodzie o napięciu 12 V, gdzie stała czasowa wynosi 1.

Oto, jak należy rozumieć tę tabelę. U_1 oznacza aktualny ładunek kondensatora. Odejmij tę wartość od napięcia zasilania (12 V) i powstały wynik nazwij U_2 . Weź teraz 63% napięcia U_2 i dodaj je do bieżącego ładunku (U_1), nazywając wynik U_4 . Jest to nowa wartość ładunku, jaką kondensator osiągnie po upływie jednej sekundy. Kopiujemy ją zatem do następnego wiersza naszej tabeli i w ten sposób staje się ona nową wartością U_1 .

Teraz powtarzamy cały proces od nowa. Rysunek 2.82 pokazuje nasze działanie w formie graficznej. Zauważ, że po pięciu sekundach kondensator osiągnął wartość 11,92 V, co stanowi 99% napięcia

zasilania. To powinno zaspokoić wymogi każdego zajmującego się tym zagadnieniem w warunkach rzeczywistych.

Jeżeli spróbujesz zweryfikować te liczby, mierząc w miarę ładowania napięcie na kondensatorze, pamiętaj, że faktycznie wartości mogą być rozbieżne ze względu na prąd o minimalnej wartości płynący przez miernik w czasie pomiarów. Ta rozbieżność będzie rosła wraz z upływem czasu. Z praktycznego punktu widzenia nie ma to znaczenia.



Rysunek 2.82. Kondensator zaczyna od napięcia 0 V. Po upływie stałej czasowej dodaje 63% wartości dostępnego napięcia. Po upływie kolejnej stałej czasowej dodaje kolejne 63% pozostałej różnicy napięć itd.

Czas w sekundach	U_1 (ładunek w kondensatorze)	$U_2 = 12 - U_1$	$U_3 = 63\%$ wartości U_2	$U_2 = U_1 + U_3$
0	0,00	12,00	7,56	7,56
1	7,56	4,44	2,80	10,36
2	10,36	1,64	1,03	11,39
3	11,39	0,61	0,38	11,77
4	11,77	0,23	0,15	11,92
5	11,92			

Eksperyment 10: Przełączanie tranzystorami

Potrzebne będą:

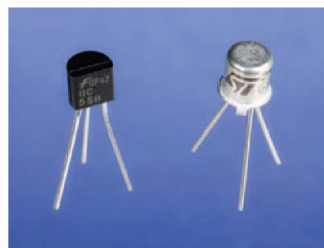
- zasilacz, płytka prototypowa, przewody i miernik,
- dioda LED, liczba: 1,
- rezystory o różnych wartościach,
- przełącznik przyciskany, SPST, liczba: 1,
- tranzystor 2N2222 lub podobny, liczba: 1,
- potencjometr, 1 MW, liniowy.

Tranzystor może przełączać przepływ prądu podobnie do przełącznika. Różnica polega na tym, że jest o wiele bardziej czuły i wszechstronny, o czym przekonasz się dzięki temu ultraszybkiemu eksperymencie.

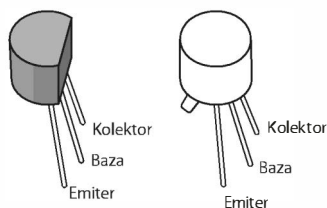
Zacznijmy od tranzystora 2N2222, najpowszechniej stosowanej odmiany półprzewodnika w całej historii tej technologii (jego pierwsza wersja została wprowadzona na rynek przez firmę Motorola w 1962 roku i jest w produkcji do dziś).

Zacznijmy od zapoznania się z tranzystorem. Ponieważ patenty Motoroli dotyczące 2N2222 dawno straciły ważność, każda firma może produkować własne wersje tej części elektronicznej. Niektóre odmiany posiadają czarną plastikową obudowę, inne są zamknięte w małej metalowej „puszeczce”. Patrz rysunek 2.83. Niezależnie od obudowy, w środku znajdują się trzy warstwy półprzewodnika nazywane kolektorem, bazą i emiterem. Ich rolę opiszemy dokładniej za chwilę. Teraz wystarczy, jeśli będziesz wiedział, że w tym typie tranzystora kolektor zbiera prąd, baza go kontroluje, a emiter emituje.

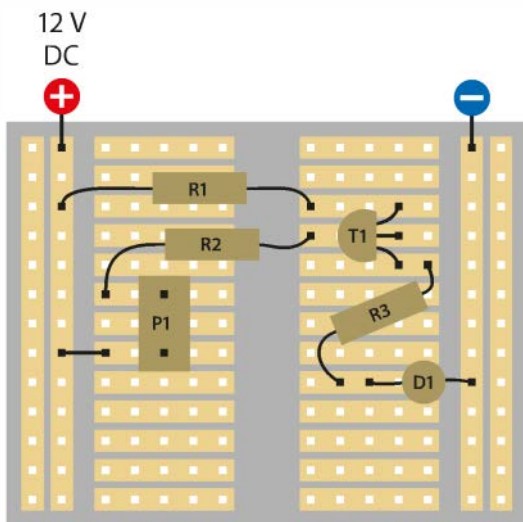
Użyj swojej płytki prototypowej do przygotowania obwodu przedstawionego na rysunku 2.85. Zwróć szczególną uwagę, aby nie podłączyć tranzystora w zły sposób! Patrz rysunek 2.84. W przypadku tranzystorów zaproponowanych przeze mnie na liście zakupów, płaska strona powinna być zwrócona w prawo, jeśli tranzystor ma postać czarnego kawałka plastiku, lub wystająca metalowa blaszka powinna być skierowana w lewy dolny róg, jeśli tranzystor jest zamknięty w metalowej obudowie.



Rysunek 2.83. Typowy tranzystor jest umieszczony w małej metalowej puszcze lub zatopiony w czarnym kawałku plastiku. Karta katalogowa producenta identyfikuje poszczególne nóżki względem płaskiej części czarnego plastiku lub metalowej blaszki wystającej z puszeki tranzystora

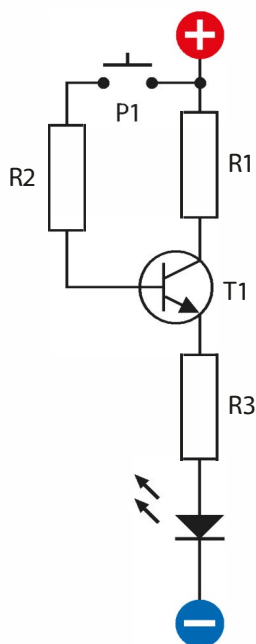


Rysunek 2.84. Tranzystor 2N2222 może mieć obie formy: po lewej tranzystor w plastikowej obudowie. Po prawej tranzystor w obudowie metalowej (zwróć uwagę na małą metalową blaszkę wystającą z lewej strony u dołu). Jeżeli użyjesz innej odmiany tranzystora będziesz musiał zweryfikować kolejność wyprowadzeń w karcie katalogowej producenta. Wstaw tranzystor do płytki tak, aby jego płaska strona skierowana była w prawo (patrząc z góry) lub aby blaszka skierowana była w lewy dolny róg (również patrząc z góry)



Rysunek 2.85. Tranzystor blokuje napięcie, które dociera do niego przez rezystor R1. Naciśnięcie przycisku P1 mówi tranzystorowi, aby ten pozwolił na przepływ prądu przez siebie. Tranzystory będą zawsze identyfikowane na rysunkach i schematach literką T

- P1: Przełącznik przyciskany, chwilowy, OFF (ON)
- R1: 180 Ω
- R2: 10 k Ω
- R3: 680 Ω
- T1: 2N2222 lub podobny
- D1: dioda LED



Rysunek 2.86. Schematyczne przedstawienie obwodu zbudowanego na płytce prototypowej z rysunku 2.85

Początkowo dioda LED powinna być zgaszona. Naciśnij teraz przycisk. Dioda powinna się zaświecić. Prąd płynie tutaj dwoma ścieżkami. Przyjrzyj się schematowi na rysunku 2.86, który pokazuje ten sam obwód w sposób bardziej przejrzysty. Potencjał dodatni umieściłem u góry, a potencjał ujemny u dołu (tak jak ma to miejsce na większości schematów). Pomoże to w wyjaśnieniu działania tego konkretnego obwodu. Jeżeli spojrzysz na schemat z boku (od strony plusa), łatwiej zauważysz jego podobieństwo do układu zmontowanego na płytce.

Napięcie osiąga górne wyprowadzenia tranzystora (kolektora) poprzez rezystor R1. Tranzystor pozwala jedynie na minimalny przepływ prądu przez siebie, co sprawia, że dioda LED pozostaje wygaszona. Kiedy naciśniesz przycisk, napięcie jest dostarczane również drugą ścieżką przez rezystor R2 do środkowego wyprowadzenia tranzystora zwanego bazą. To sprawia, że tranzystor zamyka swój wewnętrzny przełącznik i pozwala prądowi płynąć poprzez swój trzeci pin (emiter) i rezystor R3 do diody LED.

Możesz użyć swojego miernika do sprawdzenia napięcia w poszczególnych miejscach obwodu. Dotknij ujemną końcówką ujemnego potencjału źródła zasilania, a dodatnią końcówką kolejno górnego, środkowego i dolnego wyprowadzenia tranzystora. Po naciśnięciu przycisku powinieneś zauważyć zmianę napięć.

Przełączanie opuszką palca

Teraz coś bardziej zadziwiającego. Usuń z płytki rezystor R2 oraz przycisk i wstaw dwa krótkie przewody, tak jak pokazuje to rysunek 2.87. Górny przewód połączony jest z dodatnim źródłem zasilania, a dolny ze środkowym wyprowadzeniem tranzystora (jego bazą). Dotknij teraz obu przewodów opuszką swojego palca. Dioda powinna zaświecić się ponownie, chociaż nie tak jasno, jak poprzednio. Policz opuszkę i spróbuj jeszcze raz, teraz dioda powinna świecić jaśniej.



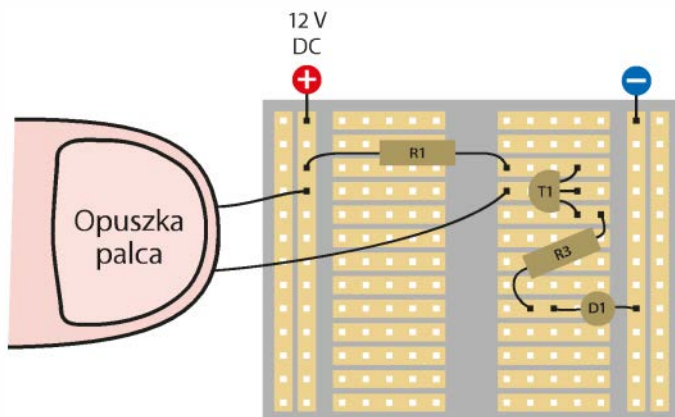
Nigdy nie używaj obu dłoni jednocześnie

Demonstracja przełączania za pomocą opuszki palca jest bezpieczna, jeśli prąd płynie wyłącznie przez Twój palec. Nie będziesz nawet tego czuć, ponieważ 12 V ze źródła zasilania jest w stanie dostarczyć maksymalnie prąd o natężeniu jednego ampera. Nie jest jednak dobrym pomysłem dotykanie palcami obu dłoni różnych przewodów jednocześnie. To mogłoby doprowadzić do przepływu prądu przez Twoje ciało. Chociaż szansa na to, że zrobisz sobie w ten sposób krzywdę, jest niezwykle mała, nie powinieneś jednak dopuszczać do sytuacji, w której prąd przepływa przez Ciebie z jednej dłoni do drugiej. Przewodów dotykaj w taki sposób, aby nie prowadzić do skaleczenia skóry.

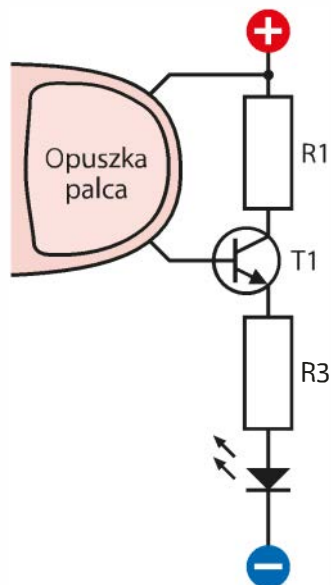
Opusзка Twojego palca pozwala na dostarczenie dodatniego napięcia bazie tranzystora. Mimo wysokiej rezystancji Twojej skóry tranzystor reaguje na dotknięcie. W wyniku swojego działania nie tylko włącza i wyłącza diodę LED, ale również **wzmacnia prąd** płynący do jego bazy. To zjawisko ma fundamentalne znaczenie: **tranzystor wzmacnia wszelkie zmiany prądu płynącego w kierunku jego bazy**.

Przyjrzyj się rysunkowi 2.88, aby lepiej zrozumieć, co się dzieje.

Jeżeli dobrze przestudiowałeś sekcję „Podstawy. Dodatni i ujemny” w rozdziale pierwszym, wiesz już, że nie ma czegoś takiego jak napięcie dodatnie. Wszystko, czym dysponujemy, to napięcie ujemne (wywołane ciśnieniem wolnych elektronów) i jego brak (kiedy liczba wolnych elektronów maleje). Ponieważ jednak idea przepływu prądu od dodatniego do ujemnego bieguna była tak powszechnie uznawana w czasach przed odkryciem elektronu, a także ze względu na fakt, iż wewnętrzne działanie tranzystora związane jest z „dziurami” symbolizującymi brak elektronów, które można traktować jako ładunki dodatnie, możemy nadal udawać, że prąd płynie od bieguna dodatniego do ujemnego. Więcej na ten temat dowiesz się z sekcji „Wiedza niezbędna. Wszystko o tranzystorach NPN i PNP”.



Rysunek 2.87



Rysunek 2.88. Powyższe dwa rysunki pokazują te same komponenty, co poprzednio, ale z użyciem opusзки Twojego palca zamiast rezystora R2. Chociaż do bazy tranzystora dociera teraz zaledwie cienka strużka prądu, jest ona wystarczająca, aby tranzystor zareagował

Wszystko o tranzystorach NPN i PNP

Tranzystor jest półprzewodnikiem, tzn. czasem przewodzi prąd, a czasem nie. Jego rezystancja wewnętrzna zmienia się w zależności od mocy, jaką przyłożysz do jego bazy. Tranzystory NPN i PNP są tranzystorami bipolarnymi. Zawierają one dwa nieco odmienne rodzaje półprzewodnika i przewodzą z użyciem obu polaryzacji nośników — dziur i elektronów.

Tranzystor NPN ma formę kanapki, w której warstwę środkową stanowi półprzewodnik typu p , natomiast w tranzystorze PNP środkową warstwę stanowi półprzewodnik typu n . Jeśli chcesz się dowiedzieć czegoś więcej na temat tej terminologii i zachowania elektronów podczas próby pokonania złącza n - p lub p - n , będziesz musiał poszukać innego źródła informacji na ten temat. Zagadnienie to jest zbyt skomplikowane, aby poświęcać mu czas w tej książce. Musisz jedynie zapamiętać, że:

- Wszystkie tranzystory bipolarnie mają trzy połączenia: kolektor, bazę i emiter, opisywane w kartach katalogowych producenta literami, odpowiednio, C, B i E. Widząc te litery, będziesz w stanie zidentyfikować poszczególne nóżki.
- Tranzystory NPN są aktywowane **dodatnim** napięciem na bazie względem emitera.
- Tranzystory PNP są aktywowane **ujemnym** napięciem na bazie względem emitera.

W swoim stanie pasywnym oba typy tranzystorów blokują przepływ prądu pomiędzy kolektorem a emiterym, podobnie do przekaźnika typu SPST, którego kontakty są normalnie otwarte. (W rzeczywistości tranzystor pozwala na przepływ prądu o bardzo małej wartości, zwanego prądem „spoczynkowym”).

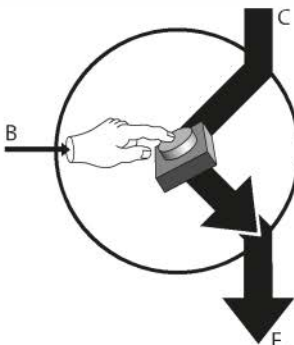
Możesz spróbować potraktować tranzystor bipolarny tak, jakby zawierał w środku mały przycisk, tak jak pokazują to rysunki 2.89 i 2.90. Po naciśnięciu przycisku pozwala on na przepływ dużego prądu. Aby nacisnąć przycisk, wstrzykujesz o wiele mniejszy prąd do jego bazy przez przyłożenie do niej małego napięcia. W tranzystorze NPN napięcie kontrolujące bazę jest dodatnie, w tranzystorze PNP ujemne.

Podstawy tranzystorów NPN

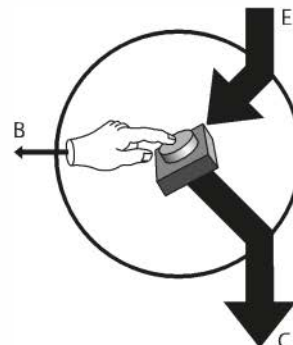
- Przyłóż dodatnie napięcie do bazy, aby zainicjować przepływ prądu z kolektora do emitera.
- Strzałka na symbolu tranzystora wychodzi z bazy i skierowana jest do emitera. Wskazuje kierunek przepływu dodatnich ładunków prądu.
- Przepływ prądu jest możliwy, kiedy napięcie na bazie jest większe od napięcia emitera o minimum 0,6 V.
- Potencjał kolektora musi być wyższy od potencjału emitera.

Podstawy tranzystorów PNP

- Przyłóż ujemne napięcie do bazy, aby rozpocząć przepływ prądu z emitera do kolektora.
- Strzałka na symbolu tranzystora wychodzi z emitera i skierowana jest do bazy, pokazując kierunek przepływu dodatnich ładunków prądu.
- Przepływ prądu jest możliwy, kiedy napięcie na bazie jest mniejsze od napięcia emitera o minimum 0,6 V.
- Potencjał emitera musi być wyższy od potencjału kolektora.



Rysunek 2.89. Możesz traktować tranzystor bipolarny tak, jakby zawierał w środku przekaźnik, który może połączyć kolektor z emiterym. W tranzystorze NPN przekaźnik naciśnięty jest przez małą wartość dodatniego napięcia

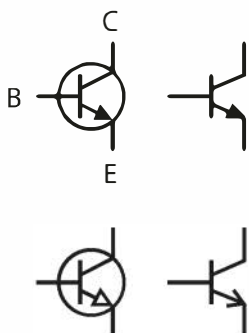


Rysunek 2.90. W tranzystorze PNP ten sam efekt uzyskiwany jest przez małe ujemne napięcie. Strzałki wskazują kierunek przepływu prądu o ładunkach dodatnich

Wszystko o tranzystorach NPN i PNP (ciąg dalszy)

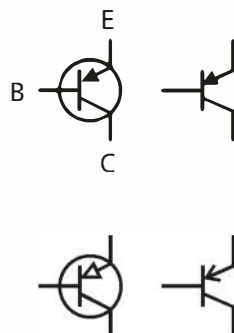
Podstawy dotyczące wszystkich tranzystorów

- Nigdy nie przykładaj napięcia zasilania bezpośrednio do tranzystora. Zbyt duży prąd może doprowadzić do jego spalenia.
- Chronź tranzystor rezystorem, tak jak zrobiłbyś to w przypadku diody LED.
- Unikaj zasilania tranzystora napięciem o biegunowości odwrotnej do tej, która powinna być.
- Czasami w obwodzie bardziej przydaje się tranzystor NPN, a czasem PNP. Oba typy mogą funkcjonować jako przełączniki i wzmacniacze. Różnica polega jedynie na tym, że do tranzystora NPN przykładasz dodatnie napięcie na bazie, a do tranzystora PNP ujemne.
- Tranzystory PNP są rzadko używane, głównie ze względu na utrudniony proces ich produkcji w pierwszych latach istnienia półprzewodników. Elektrycy przyzwyczaili się do projektowania układów wokół tranzystorów NPN.
- Pamiętaj, że tranzystory bipolarne wzmacniają prąd, nie napięcie. Mała zmiana prądu płynącego w obwodzie bazy umożliwia dużą zmianę prądu płynącego pomiędzy emiterym i kolektorem.



Rysunek 2.91. Symbol tranzystora NPN posiada zawsze strzałkę wychodzącą z bazy i skierowaną do emitery. Niektórzy umieszczają tranzystor w okręgu, inni nie zwracają sobie tym głowy. Styl samej strzałki może być różny, ale jej znaczenie jest zawsze takie samo. W tej książce używana będzie wersja pokazana w lewym górnym rogu rysunku

- Schematy pokazują czasem tranzystory w okręgach, a czasem bez nich. Ja będę przedstawiał je w okręgach, aby zwrócić na nie większą uwagę. Patrz rysunki 2.91 i 2.92.
- Schematy mogą pokazywać emitery na górze, a kolektor na dole lub odwrotnie. Baza może być po lewej lub prawej stronie, w zależności od tego, jaki układ był wygodniejszy dla osoby rysującej schemat. Zwracaj uwagę na strzałkę tranzystora, aby mieć pewność, jaka końcówka znajduje się u góry i z jakim typem tranzystora masz do czynienia (NPN i PNP). Podłączając tranzystor w nieprawidłowy sposób, możesz doprowadzić do jego uszkodzenia.
- Tranzystory mogą mieć różne rozmiary i konfiguracje. W wielu przypadkach nie ma możliwości stwierdzenia, które przewody odpowiadają poszczególnym wyprowadzeniom tranzystora (kolektorowi, emiterym i bazie), a niektóre z nich dodatkowo nie posiadają na sobie oznaczenia typu. Zanim wyrzucisz opakowanie, w którym otrzymałeś tranzystor pocztą, sprawdź, czy nie identyfikuje ono końcówek tranzystora.
- Jeżeli kolejność wyprowadzeń wyleciała Ci z głowy, możesz posłużyć się miernikiem wyposażonym w funkcję identyfikującą emitery, kolektor i bazę tranzystora. Jak z niej skorzystać, dowiesz się z instrukcji miernika.



Rysunek 2.92. Symbol tranzystora PNP posiada zawsze strzałkę wychodzącą z emitery i skierowaną do bazy. Niektórzy umieszczają tranzystor w okręgu, inni nie zwracają sobie tym głowy. Styl samej strzałki może być różny, ale znaczenie jest zawsze takie samo. W tej książce używana będzie wersja pokazana w lewym górnym rogu

Początki tranzystorów

Chociaż niektórzy historycy uznają, iż początki tranzystorów sięgają czasów wynalezienia pierwszych diod (które pozwalają na przepływ prądu w jednym kierunku i jednocześnie uniemożliwiają przepływ w kierunku przeciwnym), nie ma wątpliwości co do tego, że pierwsze działające tranzystory powstały w laboratoriach firmy Bell w roku 1948, a ich wynalazcami byli John Bardeen, William Shockley i Walter Brattain (rysunek 2.93).

William Shockley był kierownikiem całego zespołu, który dostrzegł, jak niezwykle ważne mogą stać się przełączniki pozbawione części mechanicznych. John Bardeen był teoretykiem, a Walter Brattain doprowadził do ostatecznego uruchomienia tranzystora. Do momentu odniesienia sukcesu była to niezwykle produktywna praca zespołowa. Później Shockley zaczął prowadzić manewry mające na celu opatentowanie tranzystora wyłącznie pod jego nazwiskiem. Kiedy powiadomił o tym swoich współpracowników, byli oni oczywiście niezadowoleni z takiego obrotu sprawy.

Zły obraz wytworzyła również publikowana szeroko fotografia przedstawiająca Shockleya siedzącego w centrum badawczym przed mikroskopem, tak jakby to on wykonywał rzeczywistą pracę, podczas gdy pozostali stali z tyłu, co sugerowało, iż ich rola była mniejsza. W rzeczywistości Shockley jako kierownik rzadko bywał obecny w laboratorium, gdzie wykonywano prace badawcze.

Produktywna współpraca szybko uległa zatarciu. Brattain poprosił o przeniesienie do innego laboratorium AT&T. Bardeen przeniósł się na uniwersytet stanu Illinois, aby prowadzić badania z zakresu fizyki teoretycznej. Shockley ostatecznie opuścił laboratorium firmy Bell i założył własną firmę Shockley Semiconductor w miejscu, które wkrótce zyskało nazwę Doliny Krzemowej, ale jego ambicje przewyższyły możliwości współczesnej technologii. Jego firma nigdy nie wypuściła produktu, który odniósłby sukces rynkowy.

Ośmiu współpracowników Shockleya w jego firmie zdecydowało w pewnym momencie o zerwaniu współpracy z nim i założeniu własnego przedsiębiorstwa, któremu nadano nazwę Fairchild Semiconductor. Firma ta odniosła ogromny sukces w produkcji tranzystorów, a później układów scalonych.



Rysunek 2.93. Fotografia udostępniona przez Fundację Nobla pokazuje od lewej do prawej Johna Bardeena, Williama Shockleya i Waltera Brattaina. Otrzymali oni w 1956 roku Nagrodę Nobla za wspólną pracę nad pierwszym działającym tranzystorem w 1948 roku

Tranzystory i przekaźniki

Jednym z ograniczeń tranzystorów NPN i PNP jest to, że ich naturalnym stanem jest stan wyłączony. Zachowują się jak przycisk normalnie otwarty, który przewodzi prąd jedynie tak długo, jak długo jest przyciśnięty. Nie potrafią zachować się jak przełącznik normalnie włączony, który pozostaje w takim stanie do momentu, kiedy użyjesz odpowiedniego sygnału do jego wyłączenia.

Przekaźnik oferuje więcej opcji przełączania. Może być normalnie otwarty, normalnie zamknięty, może zawierać przełącznik dwupozycyjny, który daje możliwość istnienia dwóch różnych stanów włączenia. Może również przełączać dwa bieguny, czyli dwa zupełnie niezależne połączenia. Pojedyncze tranzystory nie są w stanie zapewnić cech przełączania dwupozycyjnego lub dwubiegunowego, chociaż możesz skonstruować bardziej złożone obwody, które będą symulować takie zachowanie.

Poniższa tabela zawiera porównanie cech tranzystorów i przekaźników:

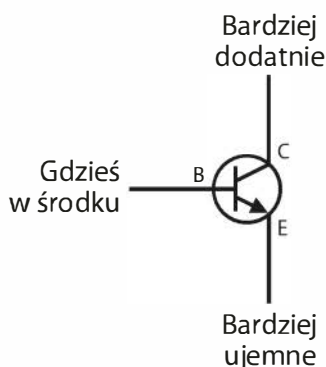
	Tranzystor	Przekaźnik
Długoterminowa żywotność	doskonała	ograniczona
Konfiguracja do przełączania w stylu DP lub DT	nie	tak
Zdolność do przełączania prądów o dużym natężeniu	ograniczona	dobra
Zdolność do przełączania prądu zmiennego	zazwyczaj nie	tak
Zdolność do przełączania przez prąd zmienny	zazwyczaj nie	opcjonalna
Zdolność do miniaturyzacji	doskonała	bardzo ograniczona
Wrażliwość na ciepło	wysoka	średnia
Zdolność do przełączania z dużą prędkością	doskonała	ograniczona
Przewaga cenowa przy zastosowaniu dla niskich napięć i prądów	tak	nie
Przewaga cenowa przy zastosowaniu dla wysokich napięć i prądów	nie	tak
Uptywność w stanie wyłączenia	tak	nie

Wybór pomiędzy przekaźnikami a tranzystorami będzie zależał za każdym razem od naszych konkretnych potrzeb.

Prąd tranzystora

Jeżeli chcesz dokładniej zrozumieć działanie tranzystora, powinieneś przejść przez ten krótki test. Pokazuje on dokładnie zachowanie i ograniczenia tranzystora typu 2N2222, którego użyłeś w poprzednim eksperymencie.

Powiedziałem, że w przypadku tranzystora NPN kolektor powinien zawsze posiadać potencjał wyższy od emitera, a potencjał bazy powinien być gdzieś pośrodku między tymi dwoma napięciami. Ten modny związek pokazuje rysunek 2.94. Teraz chciałbym zastąpić te ogólne stwierdzenia pewnymi liczbami.



Rysunek 2.94. Prawidłowe działanie tranzystora NPN wymaga, abyś utrzymywał następujące związki pomiędzy napięciami

Przyjrzyj się schematowi na rysunku 2.94 i sprawdź wartości poszczególnych komponentów. Zauważ, że całkowita rezystancja nad tranzystorem ($R1+R2$) jest taka sama, jak rezystancja pod nim ($R3+R4$). Stąd potencjał na bazie tranzystora powinien znajdować się w połowie pomiędzy wartościami ekstremalnymi do momentu, kiedy użyjesz potencjometru P1, aby dostosować napięcie na bazie w górę lub w dół.

Dwa rezystory o wartości $180\ \Omega$, R1 i R3, chronią tranzystor przed przepuszczaniem prądu o zbyt dużym natężeniu. Dwa rezystory o wartości $10\ k\Omega$, R2 i R4, chronią bazę w sytuacji, kiedy potencjometr znajduje się w jednej z maksymalnych pozycji.

Gdybyś chciał zobaczyć, co dokładnie robi tranzystor, mierząc natężenie prądu wpływającego do bazy

w miejscu oznaczonym A1, a także całkowite natężenie prądu przepływającego przez emiter w miejscu z oznaczeniem A2, byłoby dobrze, gdybyś mógł posłużyć się dwoma miernikami. Jeśli posiadasz tylko jeden miernik, posłuż się rysunkami 2.96 i 2.97 — pokazują one, jak możesz przełączać swój miernik pomiędzy tymi dwoma miejscami.

Pamiętaj, że prąd musi płynąć przez miernik, abyś mógł go zmierzyć. Oznacza to, że musi on być wstawiony do obwodu, a przy każdym przenosinach musisz naprawić połączenie w miejscu, w którym był on wcześniej umieszczony. Rysunki przedstawiające płytki prototypowe pokazują, jak możesz to zrobić. Na szczęście, usuwanie i wstawianie przewodów do płytki prototypowej jest bardzo łatwe. Być może będziesz musiał skorzystać z krokodyłków w miejscu, w którym przewody łączą się z potencjometrem.

Zacznij od pozycji potencjometru mniej więcej w połowie jego zakresu. Zmierz wartości w punktach A1 i A2. Podkreśl wartość potencjometru, a następnie zmierz ponownie natężenie w obu miejscach. Poniżej znajduje się tabela pokazująca pewne rzeczywiste wskazania uzyskane w obu tych miejscach przy użyciu dwóch mierników cyfrowych podłączonych jednocześnie.

Natężenie prądu w miliamperach w punkcie A1	Natężenie prądu w miliamperach w punkcie A2
0,01	1,9
0,02	4,9
0,03	7,1
0,04	9,9
0,05	12,9
0,06	15,5
0,07	17,9
0,08	19,8
0,09	22,1
0,10	24,9
0,11	26,0
0,12	28,3

Prąd tranzystora (ciąg dalszy)

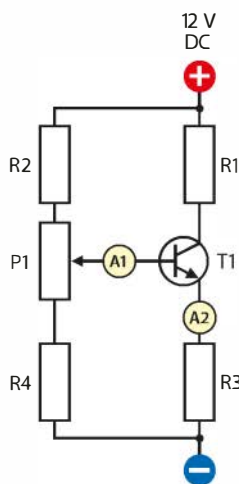
Można zaobserwować tutaj wyraźny związek. Prąd płynący przez emiter tranzystora w miejscu A2 jest około 240 razy większy od tego płynącego w miejscu A1 do bazy. Współczynnik prądu płynącego przez emiter w tranzystorze PNP do prądu wpływającego do jego bazy jest określany mianem **wartości beta** tranzystora. Współczynnik ten określa zdolność wzmacniająca tranzystora.

Współczynnik ten ma bardzo stałą wartość, o ile nie posuniesz się zbyt daleko. Powyżej 0,12 mA ten konkretny tranzystor zostaje „nasycony”, inaczej mówiąc, jego rezystancja wewnętrzna nie jest już w stanie zmaleć.

Podczas mojego małego eksperymentu przekonałem się, że maksymalny prąd w punkcie A2 wyniósł 33 mA. Proste obliczenia na podstawie prawa Ohma pozwoliły stwierdzić, że wewnętrzna rezystancja tranzystora była wtedy bliska zeru. Właśnie z tego powodu powinniśmy chronić tranzystor pewną dodatkową rezystancją w obwodzie. Jeśli tego nie zrobisz, mała wewnętrzna rezystancja pozwoli na przepływ prądu o ogromnym natężeniu, który niemal natychmiast doprowadzi do spalenia komponentu.

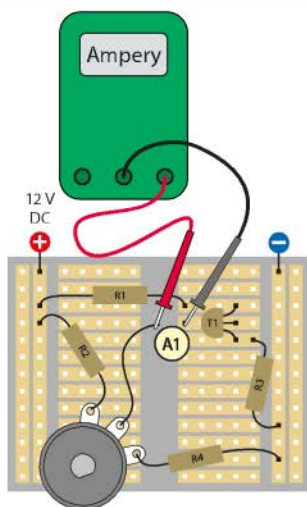
A co z drugim końcem zakresu? Kiedy tranzystor przepuszcza zaledwie 1,9 mA, jego wewnętrzna rezystancja waha się w okolicach 6000 Ω . Stąd wniosek, iż w zależności od tego, jaki prąd przyłożysz do tego tranzystora, jego wewnętrzna rezystancja zmienia się pomiędzy wartością zero a w przybliżeniu 6000 Ω .

Tyle, jeśli chodzi o teorię. Teraz zastanówmy się, co rozrywkowego lub użytecznego możemy zrobić przy użyciu tranzystora? Cokolwiek to jest, zrobimy to podczas eksperymentu numer 11!

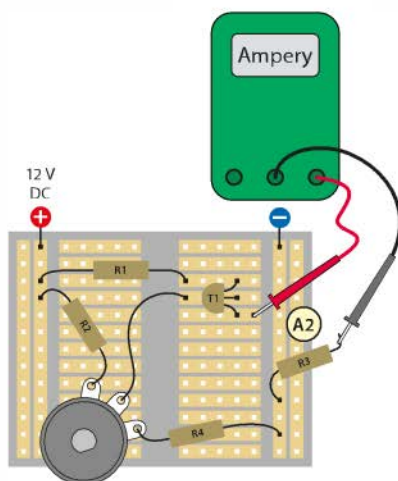


Rysunek 2.95. Ten obwód jest niemal identyczny jak poprzedni, z dodanym potencjometrem i usuniętą diodą LED. Wartości komponentów:

- R1: 180 Ω
- R2: 10 k Ω
- R3: 180 Ω
- R4: 10 k Ω
- P1: potencjometr liniowy 1 M Ω
- T1: tranzystor 2N2222



Rysunek 2.96. Miernik mierzy prąd płynący z potencjometru do bazy tranzystora w punkcie A1 (patrz rysunek 2.95)



Rysunek 2.97. Jeden z końców rezystora R3 został wypięty z płytki, dzięki czemu miernik może teraz zmierzyć prąd płynący przez emiter tranzystora do rezystora R3 w punkcie A2

Eksperyment 11: Projekt modułowy

Potrzebne będą:

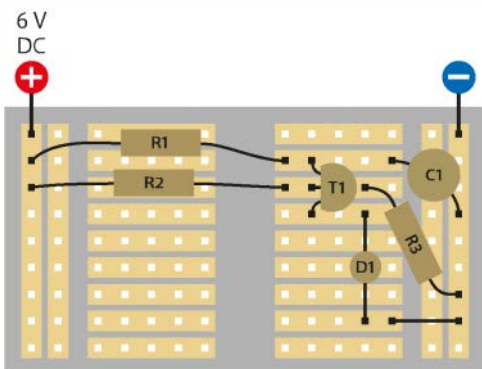
- zasilacz, płytka prototypowa, przewody i miernik,
- dioda LED, liczba: 1,
- rezystory różnych wartości,
- kondensatory różnych wartości,
- tranzystor 2N2222 lub podobny, liczba: 2,
- programowalny tranzystor jednozłączowy typu 2N6027, liczba: 2,
- miniaturowy głośnik o impedancji $8\ \Omega$, liczba: 1.

Do tej pory opisywałem małe obwody, wykonujące bardzo proste funkcje. Teraz nadeszła pora, aby zademonstrować, iż moduły mogą być łączone, aby stworzyć urządzenie, które robi coś więcej.

Końcowym produktem tego eksperymentu będzie obwód wydający dźwięki przypominające małą syrenę, którą można wykorzystać do alarmu antywłamaniowego. Bez względu na to, czy jesteś zainteresowany posiadaniem alarmu, czterostopniowy proces jego budowy jest ważny, ponieważ pokazuje, w jaki sposób indywidualne moduły mogą zostać zmuszone do wzajemnej komunikacji między sobą.

Zacznę od pokazania, w jaki sposób użyć tranzystora do zbudowania obwodu oscylującego, który wykonałeś wcześniej z pomocą przekaźnika w eksperymencie numer 8. Jeśli dobrze pamiętasz, przekaźnik był połączony w taki sposób, iż jego cewka była zasilana przez jego własne kontakty. Kiedy tylko cewka została zasilona, otwierała kontakty, odcinając samą siebie od zasilania. Po przejściu kontaktów w stan spoczynkowy przekaźnik odzyskiwał zasilanie i cały proces powtarzał się od nowa.

Takiej samej funkcji nie można zrealizować, używając wyłącznie jednego tranzystora bipolarnego. Będziesz potrzebował dwóch, z których każdy będzie włączał lub wyłączał drugi tranzystor. Zrozumienie działania takiego układu jest dosyć trudne. Łatwiejszym podejściem jest użycie innego typu tranzystora, zwanego programowalnym tranzystorem jednozłączowym (ang. *programmable unijunction transistor* — PUT).



Rysunek 2.98. Złóż razem poniższe komponenty, podłącz zasilanie, a dioda LED powinna zacząć natychmiast świecić

R1: $470\ k\Omega$

R2: $15\ k\Omega$

R3: $27\ k\Omega$

C1: kondensator elektrolityczny $2,2\ \mu F$

D1: dioda LED

T1: programowalny tranzystor jednozłączowy 2N6027

Tranzystory jednozłączowe zostały wynalezione w latach pięćdziesiątych zeszłego wieku, ale popadły w niełaskę, kiedy okazało się, iż te same funkcje mogą być realizowane dokładniej i taniej przez proste układy scalone. Mimo to tzw. programowalny tranzystor jednozłączowy jest wciąż dostępny i używany w takich rozwiązaniach jak ściemniacze oświetlenia i kontrolery silników. Ponieważ jego podstawowym przypadkiem użycia jest generowanie strumienia impulsów, będzie się on idealnie nadawał do naszych celów.

Jeżeli połączysz ze sobą komponenty tak, jak pokazuje to rysunek 2.98, dioda LED powinna zacząć migać, kiedy tylko dostarczysz energię do układu.

Zauważ, że ten obwód działa na 6 woltach. Nie popsujesz niczego, zasilając go 12 woltami, ale w miarę dokładania kolejnych elementów przekonasz się, że jego wydajność jest lepsza przy zasileniu 6 woltami niż 12. Zasadę działania tego układu poznasz, czytając kolejną sekcję: „Wiedza niezbędna. Wszystko o programowalnych tranzystorach jednozłączowych”.

Wszystko o programowalnych tranzystorach jednozłączowych

Symbol tranzystora unipolarnego różni się swoim wyglądem od symbolu tranzystora bipolarnego, a jego części składowe noszą inne nazwy. Realizuje on jednak funkcję podobną do przełącznika o trwałym stanie. Symbol i nazwy trzech wyprowadzeń pokazane zostały na rysunku 2.99.

Zauważ, że jest to rzadki przypadek (być może jedyny taki w całym świecie elektroniki), kiedy nie przydarzy Ci się spotkać mylących odmian tego samego symbolu na różnych schematach. Tranzystor unipolarny z programowalnym złączem wygląda zawsze tak, jak narysowałem go tutaj. Uważam, że wyglądałby on lepiej, gdybyśmy otoczyli go okręgiem, ale nikt tego nie robi, więc ja również powstrzymam się.

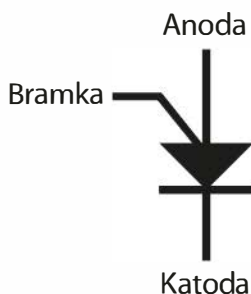
Typ 2N6027 jest prawdopodobnie najpopularniejszym typem tranzystora unipolarnego z programowalnym złączem, a jego budowa i kolejność wyprowadzeń wydają się przestrzegać pewnego standardu. Wszystkie widziane przeze mnie modele miały obudowę plastikową. Rysunek 2.100 pokazuje funkcje wyprowadzeń Twojego tranzystora 2N6027, jeśli został on wyprodukowany przez firmy Motorola lub On Semiconductor. W przypadku tranzystora pochodzącego z innego źródła powinieneś sprawdzić jego kartę katalogową.

Zauważ, że kiedy oba tranzystory pracują podobnie, płaska strona plastikowej obudowy tranzystora unipolarnego skierowana jest przeciwnie niż w przypadku tranzystora bipolarnego 2N2222.

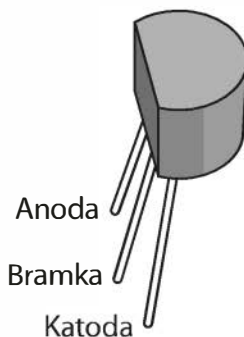
Tranzystor unipolarny blokuje prąd do momentu, kiedy jego wewnętrzna rezystancja spadnie, pozwalając na przepływ między anodą i katodą. Pod tym względem jest on bardzo podobny do tranzystora NPN, ale istnieje duża różnica w okolicznościach, jakie sprawiają, iż tranzystor unipolarny obniża swoją rezystancję. To, kiedy popłynie prąd, uzależnione jest od napięcia na anodzie.

Załóżmy, że zaczynasz od napięcia rzędu 1 V na anodzie i powoli je podnosisz. Tranzystor będzie blokował przepływ prądu do momentu, kiedy napięcie wzrośnie do wartości bliskiej 6 V. Nagle „ciśnienie” pokona rezystancję i prąd zacznie płynąć od anody do katody. Jeżeli napięcie ponownie spadnie, tranzystor powróci do swojego oryginalnego stanu i zablokuje przepływ prądu.

Dołączyłem kolejny rysunek z „palcem na przycisku”, aby zobrazować tę koncepcję. Napięcie na anodzie samo w sobie jest odpowiedzialne za naciśnięcie przycisku, który otwiera ścieżkę do katody. Patrz rysunek 2.101.



Rysunek 2.99. Symbol programowalnego tranzystora jednozłączowego



Rysunek 2.100. W tranzystorze jednozłączowym wyprodukowanym przez On Semiconductor i Motorolę wyprowadzenia są zgodne z przedstawionymi na rysunku

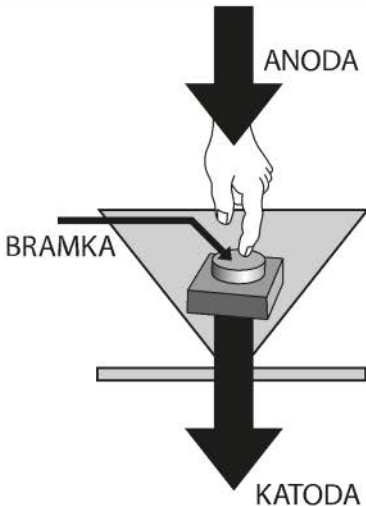
Wszystko o programowalnych tranzystorach jednozłączowych (ciąg dalszy)

Możesz się zastanawiać, jaką rolę w takiej sytuacji spełnia bramka. Możesz traktować ją jako „asystenta” palca naciskającego przycisk. To właśnie bramka stanowi programowalną część tranzystora. Ustawiając napięcie na bramce, możesz regulować poziom napięcia, przy którym przez tranzystor zaczyna płynąć prąd.

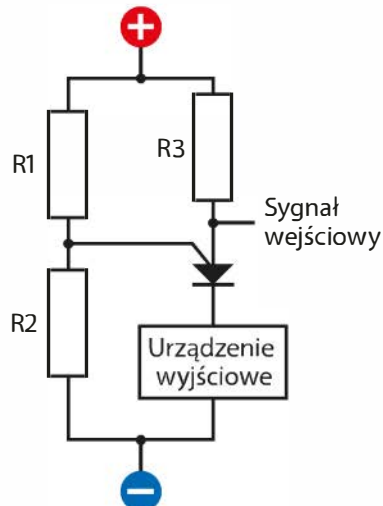
Oto posumowanie najważniejszych informacji, które powinieneś zapamiętać:

- Anoda musi posiadać potencjał wyższy od katody, natomiast potencjał bramki musi znajdować się pomiędzy tymi dwiema wartościami.
- Kiedy poziom napięcia przekroczy próg zadziałania, od anody do katody zaczyna płynąć prąd.
- Jeżeli napięcie anody spadnie poniżej progu zadziałania, tranzystor przestaje przewodzić prąd.
- Napięcie przyłożone przez Ciebie do bramki określa wysokość progu zadziałania.
- Napięcie bramki dostosowują dwa rezystory, pokazane jako R1 i R2 na prostym schemacie z rysunku 2.102. Typowo, każdy rezystor ma wartość około 20 k Ω . Tranzystor jest chroniony przed pełnym napięciem dodatniego źródła zasilania przez rezystor R3, który może mieć wysoką wartość, rzędu 100 k Ω lub więcej, ponieważ do dociążenia tranzystora wystarczy bardzo niewielki prąd.
- Swoją rolę pełni w formie dodatniego napięcia na anodzie. Kiedy przekroczy on wartość progu zadziałania, spowoduje przepływ prądu do katody i sterowanie pewnym urządzeniem wyjściowym.

Pozostaje jedynie pytanie, jak zmusić tranzystor jednozłączowy do oscylowania tak, aby wytworzyć strumień impulsów typu włączony/wyłączony. Odpowiedzią jest kondensator, który wpiąłeś do płytki na początku eksperymentu numer 11.



Rysunek 2.101. Kiedy napięcie na anodzie programowalnego tranzystora jednozłączowego przekroczy próg zadziałania (określony przez napięcie obecne na bramce), prąd przedziera się przez barierę i zaczyna płynąć od anody do katody. Napięcie na diodzie spełnia zatem rolę palca przyciskającego przycisk, aby utworzyć połączenie wewnątrz tranzystora, z małą pomocą napięcia obecnego na bramce



Rysunek 2.102. Ten prosty schemat pokazuje sposób użycia programowalnego tranzystora jednozłączowego. Rezystory R1 i R2 ustalają napięcie na bramce, które z kolei określa poziom zadziałania dla napięcia na anodzie. Przekroczenie poziomu zadziałania powoduje przepływ prądu pomiędzy anodą i katodą

Krok 1: Wolna oscylacja

Rysunek 2.103 jest schematycznym odpowiednikiem obwodu z tranzystorem jednozłączowym pokazanym na rysunku 2.98, narysowanym w taki sposób, aby układ części był jak najbardziej zbliżony do tego z płytki.

Rezystory $15\text{ k}\Omega$ i $27\text{ k}\Omega$ ustalają napięcie na bramce. Rezystor $470\text{ k}\Omega$ zasila anodę tranzystora, chociaż ten znajduje się w stanie wyłączenia, blokując napięcie. To powoduje rozpoczęcie ładowania kondensatora $2,2\text{ }\mu\text{F}$.

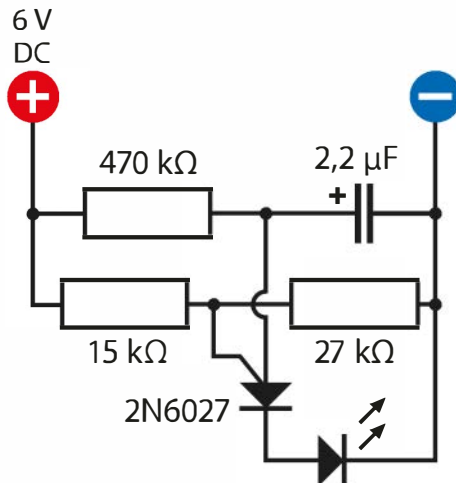
Być może pamiętasz, iż rezystor spowalnia tempo akumulowania ładunku przez kondensator. Im większy rezystor i/lub większa pojemność kondensatora, tym więcej czasu zajmuje mu osiągnięcie pełnego naładowania. W tym obwodzie kondensator potrzebuje około pięciu sekund, aby osiągnąć napięcie 6 V .

Zauważ jednak, że kondensator jest połączony bezpośrednio z tranzystorem. Dlatego napięcie „uzbierane” przez kondensator jest widoczne również dla samego tranzystora. Napięcie stopniowo rośnie, w końcu osiąga poziom zadziałania, który powoduje przełączenie tranzystora w stan włączony. Kondensator momentalnie rozładowuje się przez tranzystor i świecąca się w tej chwili diodę LED do ujemnego źródła zasilania.

Przepływ prądu rozładowuje kondensator. Napięcie spada z powrotem i tranzystor powraca do swojego pierwotnego stanu. Teraz kondensator musi naładować się ponownie i cały proces ulegnie powtórzeniu.

Jeśli podmienisz kondensator na inny o wartości $22\text{ }\mu\text{F}$, cykl ładowania i rozładowania powinien wydłużyć się dziesięciokrotnie, co da Ci wystarczająco dużo czasu, aby dokonać pomiarów. Ustaw swój miernik na pomiar woltów napięcia stałego i dotknij końcówkami pomiarowymi obu wyprowadzeń kondensatora. Będziesz mógł obserwować zwiększanie się ładunku do momentu osiągnięcia progu zadziałania, kiedy to kondensator rozładowuje się i napięcie spada z powrotem.

Mamy zatem nasz oscylator. Co dalej?



Rysunek 2.103. Takie przedstawienie układu pozwala łatwiej zobaczyć, co dzieje się w układzie zmontowanym na płytce prototypowej

TEORIA

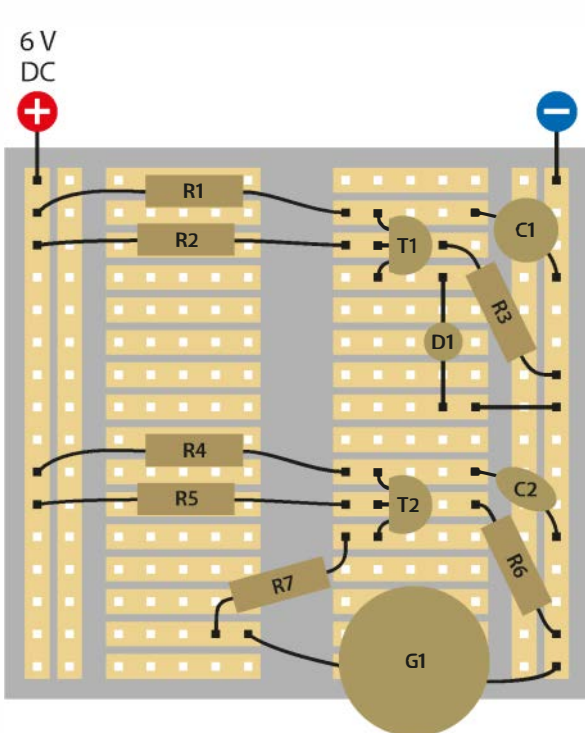
Czas ładowania kondensatora

Czas potrzebny kondensatorowi do osiągnięcia swojego stanu naładowania jest wyliczany jako 5-RC , gdzie R to rezystancja (w omach), a C to pojemność (w faradach). Zatem w tym przypadku musiałbyś pomnożyć 5 przez $470\text{ }000$ i przez $0,0000022$, co dałoby wynik $5,17$ sekundy.

Krok 2: Poza ustalone granice

Jeżeli zastąpisz kondensator innym, o mniejszej wartości, będzie się on ładował szybciej, powodując szybsze miganie diody. Załóżmy, że użyłeś kondensatora o pojemności $0,0047 \mu\text{F}$ (która może być również wyrażona jako $4,7 \text{ nF}$). Ta wartość wydaje się dosyć dziwna, ale jest ona jedną ze standardowych pojemności kondensatora. W ten sposób pojemność spadnie niemal 500-krotnie, a co za tym idzie, dioda powinna przełączać się około 500 razy szybciej, czyli mniej więcej 1000 razy na sekundę. Ludzkie oko nie jest w stanie wykryć tak częstych zmian, ale ludzkie ucho jest w stanie usłyszeć częstotliwości rzędu 10 000 drgań na sekundę, a nawet większe. Jeśli zastąpimy diodę małym głośniczkiem, powinniśmy usłyszeć oscylacje.

Rysunek 2.104 pokazuje, jak według mnie powinieneś to zrobić. Pozostaw, proszę, swój oryginalny wolno oscylujący układ bez zmian i zrób jego kopię niżej, zastępując wartości elementów elektronicznych zgodnie z rysunkiem. Na rysunku 2.105 nowa część układu jest przedstawiona kolorem czarnym, a część istniejąca wcześniej kolorem szarym.



Rysunek 2.104. Dodatkowe komponenty, dodane w dolnej części płytki, pełnią takie same funkcje, jak komponent na górze, chociaż ich wartości są nieco inne

R4: $470 \text{ k}\Omega$

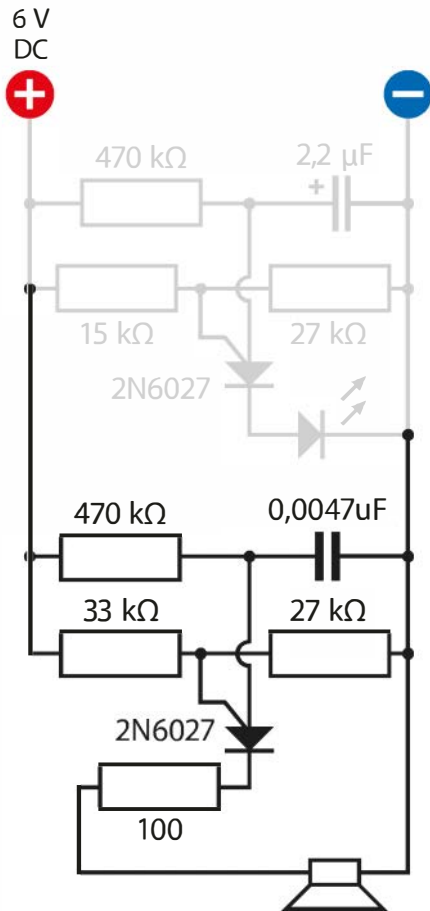
R5: $33 \text{ k}\Omega$

R6: $27 \text{ k}\Omega$

R7: 100Ω

C2: $0,0047 \mu\text{F}$

G1: głośnik 8-omowy, około 3 cm średnicy



Rysunek 2.105. Poprzedni układ, który zbudowałeś, jest pokazany szarym kolorem. Część układu dodana teraz ma kolor czarny

Chcę, abyś zachował wolno migający układ oddzielnie, bez zmian, ponieważ mam pomysł na jego wykorzystanie, który zaprezentuję później. Możesz pozostawić migającą diodę LED.

Głośnik powinien zostać podłączony szeregowo z rezystorem $100\ \Omega$, aby ograniczyć prąd płynący z tranzystora. Chociaż wyprowadzenia głośnika są zazwyczaj zakończone przewodami czarnym i czerwonym, on sam nie ma żadnej polaryzacji. Możesz podłączyć go w dowolny sposób.

Początkowo możesz być rozczarowany, ponieważ obwód będzie sprawiał wrażenie niedziałającego. Jeśli jednak przyłożysz ucho do głośnika (zakładając oczywiście, że wszystko jest podłączone prawidłowo), powinieneś usłyszeć cichutkie bzyczenie, naśladujące lecącego komara. Taki poziom dźwięku jest zdecydowanie za niski, aby mógł posłużyć do czegoś użytecznego. Musimy go pogłościć lub — mówiąc inaczej — wzmocnić.

Być może zapamiętałeś, że tranzystor 2N2222, którym bawiłeś się poprzednio, może realizować funkcję wzmacniacza. Spróbujmy użyć go w takiej roli.

Krok 3: Wzmocnienie

Odtłącz głośnik i połączony z nim szeregowo rezystor $100\ \Omega$. Następnie dodaj tranzystor 2N2222 połączony z wyjściem z tranzystora jednozłączonego przez rezystor $1\ \text{k}\Omega$, który chroni go przed nadmiernym prądem. Patrz rysunek 2.107.

Emiter tranzystora 2N2222 jest podłączony do masy, a kolektor jest zasilany przez głośnik i połączony z nim szeregowo rezystor $100\ \Omega$. W ten sposób małe zmiany na wyjściu tranzystora jednozłączonego są wykrywane przez bazę tranzystora 2N2222 i zamieniane na większe zmiany pomiędzy kolektorem i emitorem, czyli prąd płynący przez głośnik. Sprawdź to na schemacie z rysunku 2.108.

Teraz dźwięk powinien być głośniejszy od poprzedniego bzyczenia, ale wciąż zbyt słaby, aby posłużyć do praktycznych celów. Co możemy na to poradzić?

Co Ty na to, jeśli dodamy kolejny tranzystor 2N2222? Tranzystory bipolarne mogą być montowane szeregowo w taki sposób, aby wyjście pierwszego z nich sterowało bazą drugiego. Wzmocnienie 240 do 1 pierwszego tranzystora jest mnożone przez kolejne wzmocnienie tego samego rzędu, dając w wyniku całkowite wzmocnienie rzędu 50 000 do 1.

Ta technika ma swoje ograniczenia. Tranzystor 2N2222 może przewodzić jedynie określoną ilość prądu bez wchodzenia w przeciążenie, a nadmierne wzmocnienie może prowadzić do zniekształceń. Kiedy jednak budowałem ten układ, sprawdziłem przy użyciu miernika, iż znajdujemy się nadal w granicach możliwości tranzystora 2N2222. Dodatkowo, w tym konkretnym projekcie nie musimy się przejmować lekko zniekształconym dźwiękiem.

Montowanie głośnika

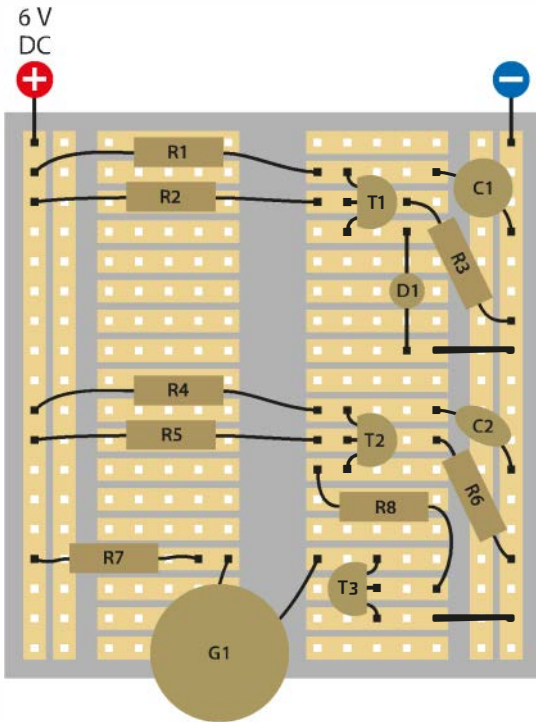
Do roznoszenia dźwięku służy przepona głośnika, zwana też konusem. W miarę swojego wibrowania w górę i w dół emituje ona dźwięk zarówno ze swojej przedniej, jak i tylnej strony. Ponieważ oba dźwięki są przeciwnie w fazie, mają tendencję do wzajemnego wygaszania się.

Dźwięk dochodzący z głośnika można radykalnie poprawić przez przerobienie go na syrenę w postaci tuby separującej dźwięk generowany z przodu i z tyłu głośnika. W przypadku głośnika o średnicy kilku centymetrów możesz użyć zwiniętego w rulon kartonu sklejanego taśmą. Patrz rysunek 2.106.

Jeszcze lepszym rozwiązaniem byłoby zamontowanie głośnika w pudełku absorbującym dźwięki wychodzące z jego tylnej części. Ponieważ jest to raczej prosty eksperyment, nie będziemy zagłębiać się tutaj w tworzenie zaawansowanych projektów tłumienia i odbijania basów.



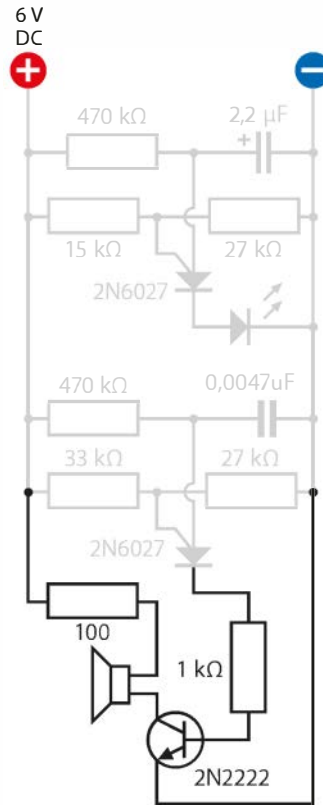
Rysunek 2.106. Głośnik emituje dźwięk ze swojej górnej i dolnej części. Możesz użyć kawałka kartonu zwiniętego w rulon, tworząc swego rodzaju tubę, lub zamontować głośnik w małym pudełku. Powinno to poprawić siłę emitowanego przez niego dźwięku



Rysunek 2.107. Dodając tranzystor ogólnego przeznaczenia typu 2N2222, wzmacniamy sygnał wychodzący z T2

R8: 1 k Ω
T3: 2N2222

Pozostałe części są takie same, jak w poprzednim kroku konstruowania tego obwodu

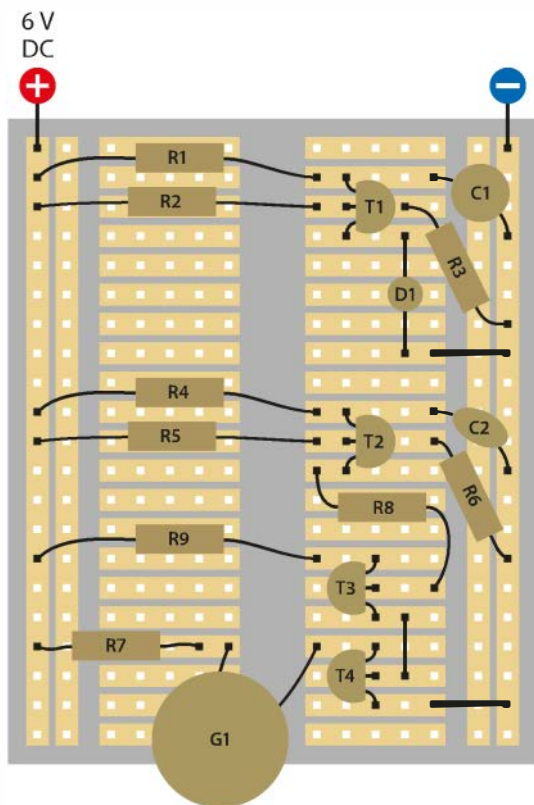


Rysunek 2.108

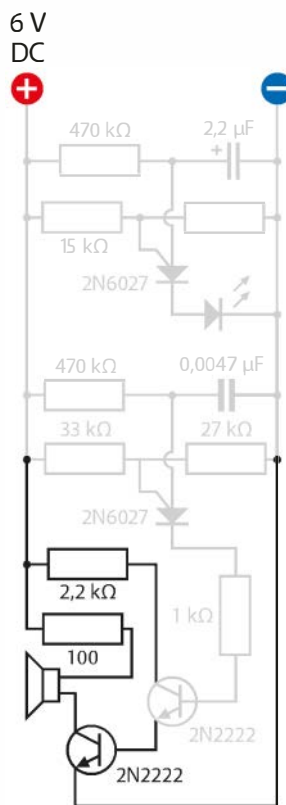
Dodaj drugi tranzystor 2N2222, tak jak pokazuje rysunek 2.109. Na rysunku 2.110 część obwodu przygotowana wcześniej pokazana została na szaro.

Jeżeli zaczynasz tracić rozeznanie z powodu przyrostu części na płytce, pamiętaj, że każdy zespół części ma swoją określoną funkcję, niezależną od pozostałej części układu. W celu zilustrowania tego faktu możemy narysować diagram, taki jak przedstawiony na rysunku 2.112.

Po zastosowaniu drugiego tranzystora 2N2222 powinieneś przekonać się, iż sygnał wyjściowy daje o wiele lepszy efekt audio, przynajmniej na tyle, na ile pozwala Twój 3-centymetrowy głośnik. Otocz go dłońmi, a przekonasz się, że dźwięk staje się głośniejszy. Możesz również wypróbować głośnik o średnicy 7 cm, który wytworzy lepszy dźwięk przy sterowaniu tym samym sygnałem wyprodukowanym przez mały tranzystor 2N2222. Przyjrzyj się rysunkom 2.106 i 2.111.



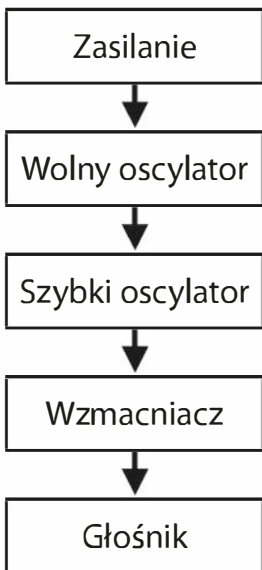
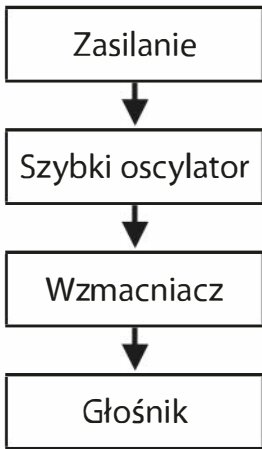
Rysunek 2.109. T4 jest kolejnym tranzystorem 2N2222, który ponownie wzmacnia sygnał. Zasilanie dociera do niego poprzez rezystor R9 o rezystancji 2,2 kΩ



Rysunek 2.110. Ten schemat odpowiada rozłożeniu elementów z rysunku 2.109



Rysunek 2.111. Tranzystor 2N2222 jest w stanie całkiem dobrze sterować głośnikiem o średnicy 7 cm, który wytworzy głośniejszy dźwięk w porównaniu do głośnika o średnicy 3 cm



Rysunek 2.112. Podstawowe funkcje oscylatora wytwarzającego dźwięki, przedstawione w formie diagramu blokowego. U dołu te same funkcje z dodanym wolnym oscylatorem, który kontroluje szybki oscylator

Krok 4: Pulsujący sygnał wyjściowy

Gdybyś chciał skorzystać z naszego sygnału audio (jednostajnego, warkliwego szumu) jako pewnej formy alarmu, efekt byłby niezadowalający. Znacznie lepiej byłby dźwięk pulsujący, który przyciąga uwagę.

Pierwsza sekcja obwodu, którą zbudowałeś, wytwarzała sygnał pulsujący mniej więcej dwa razy na sekundę. Użyłeś go do sterowania diodą świecąca. Być może jesteśmy w stanie pozbyć się diody i przekazać sygnał z pierwszej sekcji układu do drugiej. Tę koncepcję przedstawia diagram z rysunku 2.112.

Czy to naprawdę takie proste? Tak i nie. Trik polega na uczynieniu sygnału wyjściowego z pierwszej sekcji kompatybilnym z wejściem drugiej sekcji. Jeśli połączysz zwyczajnie przewód z katody pierwszego tranzystora jednozłączonego z anodą drugiego tranzystora tego typu, układ nie będzie działał, ponieważ drugi tranzystor oscyluje już pomiędzy niskim i wysokim napięciem z częstotliwością około 1000 razy na sekundę. Jeśli dołożysz jeszcze napięcia, zniszczysz równowagę układu, która umożliwiła oscylację.

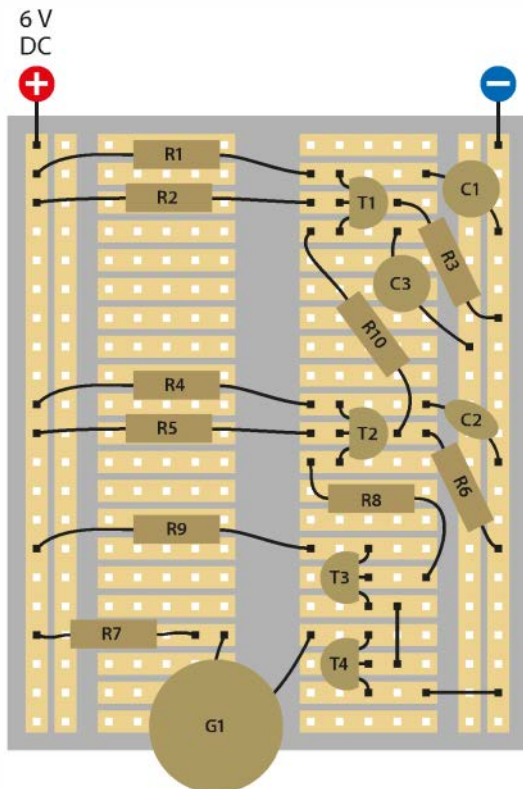
Przypomnij sobie jednak, że napięcie na bramce tranzystora jednozłączonego steruje poziomem, przy którym następuje przepływ prądu. Może gdybyśmy połączyli wyjście tranzystora T1 z bramką tranzystora T2, byłibyśmy w stanie automatycznie dostosować poziom zadziałania. Napięcie nadal musi jednak znajdować się w przedziale uznawanym przez tranzystor za akceptowalny. Możemy użyć różnych rezystorów, aby przekonać się, który z nich da najlepszy efekt.

Jest to ni mniej, ni więcej jak tylko metoda prób i błędów. Wykonanie obliczeń matematycznych w celu przewidzenia zachowania układu podobnego do tego jest zdecydowanie zbyt skomplikowane — przynajmniej dla mnie. Zaglądam do karty katalogowej producenta i szukam przedziału rezystancji akceptowanych przez tranzystor, a następnie wybieram takie, które moim zdaniem powinny zadziałać.

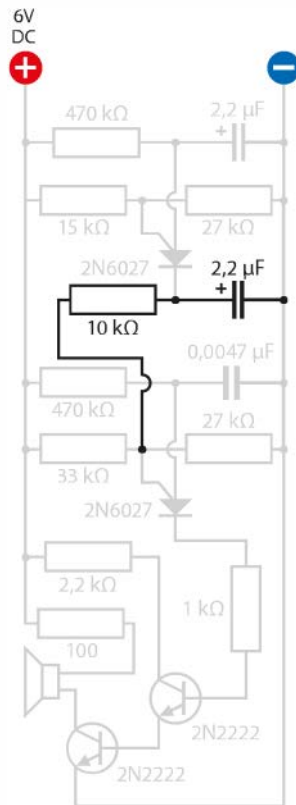
Jeśli usuniesz diodę LED i zastąpisz ją rezystorem R10, tak jak pokazuje to diagram z płytką prototypową na rysunku 2.113, przekonasz się, że pulsujący sygnał wyjściowy z tranzystora T1 zmusza T2 do emitowania dźwięku o dwóch tonach. Interesujące, ale to wciąż nie to, co chcę osiągnąć. Myślę, że jeśli uda mi się uczynić impulsy z tranzystora T1 mniej gwałtownymi, wynik będzie lepszy. Sposobem na osiągnięcie tego celu jest podłączenie kolejnego kondensatora, który naładowuje się na początku każdego impulsu, a następnie uwolni swój ładunek na jego końcu. Taką funkcję realizuje kondensator C3 pokazany na rysunku 2.114. Jest on zwieńczeniem obwodu, powodując generowanie dźwięku przypominającego do złudzenia prawdziwy alarm.

Jeżeli nie słyszysz żadnych dźwięków, sprawdź dokładnie wszystkie przewody. Połączenia tworzone na płytce prototypowej są bardzo łatwe do pomylenia, szczególnie pomiędzy trzema nóżkami tranzystora. Użyj swojego miernika, ustawionego na pomiar napięcia stałego, aby sprawdzić, czy każda sekcja układu jest zasilana dodatnim napięciem względem ujemnego biegunu zasilania.

Rysunek 2.115 pokazuje, jak Twój układ powinien wyglądać na płytce prototypowej.

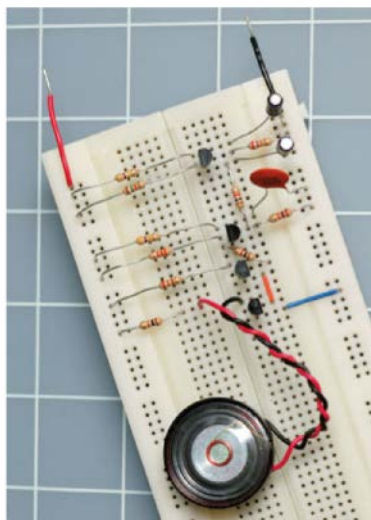


Rysunek 2.113. Rezystor R_{10} łączy wolny oscylator w górnej części płytki z bramką tranzystora T_2 znajdującego się w części środkowej. W ten sposób akustyczny oscylator jest modulowany i wygładzany przez dodatkowy kondensator



Rysunek 2.114. Schemat przedstawiający obwód z rysunku 2.113

R_{10} : 10 kΩ
 C_3 : 2,2 μF



Rysunek 2.115. Gotowy obwód dźwięku alarmu na płytce prototypowej

Własna inwencja

W tym miejscu możesz wykazać się kreatywnością:

- Dostosuj częstotliwość dźwięku. Zastąp kondensator C2 innym, o mniejszej lub większej pojemności (użyj połowy jego wartości lub wartości dwa razy większej). Zastąp rezystor R5 innym, o wartości mniejszej lub większej.
- Zmodyfikuj funkcję pulsowania przez użycie mniejszej lub większej wartości kondensatora C1 (połowy lub dwukrotności jego pojemności). Użyj mniejszego lub większego rezystora R2.
- Dostosuj układ całościowo. Spróbuj użyć większej wartości rezystora R1 oraz mniejszej lub większej wartości kondensatora C3.
- Sprawdź, jak układ będzie się zachowywał po zasileniu napięciem 7,5 V, 10 V i 12 V.

Układy elektroniczne przedstawione w tej książce stanowią jedynie punkt startowy. Zachęcam Cię do ich samodzielnej modyfikacji, dzięki czemu będziesz mógł nazwać je swoimi własnymi. Jeśli tylko będziesz przestrzegał nadrzędnej zasady ochrony tranzystorów i diod LED rezystorami oraz szanował ich wymogi odnośnie dodatniego i ujemnego zasilania, istnieje bardzo duże prawdopodobieństwo, iż niczego nie spalisz. Oczywiście, wypadki są nieuniknione. Ja sam działałem czasem bez dostatecznej uwagi — w trakcie przygotowywania tego układu spaliłem kilka diod LED przez podłączenie ich w złym kierunku.

Krok 5: Udoskonalenia

Obwód generujący hałas jest jedynie sygnałem wyjściowym. Aby wykorzystać go praktycznie, musiałbyś wprowadzić kilka poprawek:

1. Potrzebny jest jakiś czujnik antywłamaniowy. Mogą to być na przykład przełączniki magnetyczne do drzwi lub okien.
2. Musimy znaleźć sposób na uruchomienie dźwięku, kiedy którykolwiek z czujników zostanie wyzwolony. Sposobem na realizację tego celu jest zazwyczaj przepuszczanie pewnego małego, ale stałego prądu szeregowo przez wszystkie przełączniki. Jeżeli którykolwiek z przełączników zostanie otwarty lub jeśli dojdzie do uszkodzenia przewodu, przepływ prądu zostanie przerwany, co spowoduje uruchomienie alarmu. Taką funkcję mógłbyś zrealizować przy pomocy przekaźnika dwupozycyjnego, zasilając go przez cały czas aż do momentu przerwania obwodu, kiedy to jego styki przejdą do stanu spoczynkowego, otwierając jedną parę kontaktów i jednocześnie zamykając drugą, zasilającą układ generujący dźwięk.
3. Problem polega na tym, iż przekaźnik pobiera całkiem sporą moc w czasie swojej pracy i dodatkowo nagrzewa się. Ja chciałbym, aby mój system alarmowy pobierał bardzo niewielką ilość prądu, kiedy znajduje się w stanie „czuwania”, co pozwoliłoby na zasilenie go baterią. Systemy alarmowe nie powinny nigdy zależeć całkowicie od zasilania prądem zmiennym dostępnym w domu.

4. Skoro nie przekaźnik, to czy możemy użyć tranzystora do przełączenia układu w chwili przerwania zasilania? Oczywiście. Wystarczy pojedynczy tranzystor.
5. Jak jednak uzbroimy alarm na początku? Potrzebujemy procedury składającej się z trzech kroków. Po pierwsze, sprawdzimy małe źródło światła, które zapali się, gdy wszystkie drzwi i okna zostaną zamknięte. Po drugie, naciśniemy przycisk, który rozpocznie 30-sekundowe odliczanie w dół, dające nam czas na opuszczenie chronionego obszaru, jeśli to właśnie chcemy zrobić. Po trzecie, alarm uzbroi się samodzielnie po 30 sekundach.
6. Jeśli uruchomiony zostanie alarm, co ma się stać dalej? Jeśli ktoś siłą otworzy okno, czy alarm powinien zamilknąć, kiedy zostanie ono z powrotem zamknięte? Nie, alarm powinien przejść do stanu blokady aż do momentu, kiedy sam go nie wyłączysz.
7. Jak go wyłączyć? Przydałby się ukryty panel z klawiaturą do wprowadzenia kodu.
8. Jeśli alarm odpali się przypadkowo, gdy Ciebie akurat nie ma w pobliżu, nie powinien „wyć” w nieskończoność, irytując wszystkich Twoich sąsiadów, lecz zatrzymać się po około 10 minutach. Od tego momentu alarm nie powinien dłużej hałasować, ale powinien zapalić diodę LED informującą o tym, co się stało. Będąc tego świadomy, będziesz mógł nacisnąć przycisk wygaszający tę diodę.

Implementacja listy życzeń

Przedstawiona lista życzeń ma szansę skomplikować cały projekt co najmniej pięciokrotnie w porównaniu do jego obecnej postaci. Jest to normalna sytuacja, kiedy próbujesz wyjść poza mały projekt demonstracyjny i skonstruować coś, co ma szansę być użyteczne w prawdziwym życiu. Nagle lądujesz w sytuacji, w której musisz sprostać wielu różnym okolicznościom i sytuacjom.

Na szczęście, mogę pokazać Ci, jak dokonać wszystkich ulepszeń z listy życzeń, i zrobię to, ale w tym celu będziemy musieli najpierw podejść bardziej poważnie do projektów elektronicznych. Jeżeli zamierzasz zbudować coś ambitnego, chciałbyś, aby to coś było trwale i miało bardziej zwartą formę niż komponenty wciśnięte w otwory płytki prototypowej.

Musisz nauczyć się, jak łączyć wszystkie elementy ze sobą w sposób trwały przy pomocy rozgrzanej cyny na płycie z wywierconymi otworami, którą możesz umieścić w małym pudełeczku z wystającymi na zewnątrz przełącznikami i światłkami.

Lutowaniem i montowaniem elementów elektronicznych zajmiemy się w następnym rozdziale. Później wrócimy do naszego projektu alarmu.

Wkraczamy głębiej

3

Nie jestem pewien, jak bardzo chcesz zgłębić elektronikę, ale wiem, że pokażę Ci tyle, ile tylko jest możliwe, używając zaledwie kilku komponentów, trochę drutu, płytki prototypowej i kilku narzędzi. Aby kontynuować, będziesz potrzebował:

- dodatkowych narzędzi i części,
- podstawowych umiejętności lutowania,
- dodatkowej wiedzy na temat
 - układów scalonych,
 - elektroniki cyfrowej,
 - mikrokontrolerów,
 - silników.

Narzędzia nie należą do szczególnie rzadkich lub drogich, natomiast lutowanie jest umiejętnością, którą można opanować bardzo małym wysiłkiem. Nauka łączenia przewodów przy użyciu cyny jest o wiele prostsza w porównaniu do bardziej zaawansowanych umiejętności, takich jak wykonywanie biżuterii czy spawanie.

Pozostałe obszary wiedzy na temat elektroniki są bardziej wymagające od zagadnień, które przedstawiłem do tej pory.

Pod koniec tej sekcji powinieneś z powodzeniem przenosić komponenty z płytki prototypowej na płytkę szybkiego montażu, gdzie wszystkie części połączone będą rozgrzaną wcześniej cyną, a następnie montować ją w małej obudowie z przełącznikami i światłkami na ścianie frontowej, tworząc w ten sposób urządzenie codziennego użytku.

Lista zakupów: Eksperymenty od 12 do 15

Narzędzia

Każde z wymienionych niżej narzędzi jest oznaczone jako niezbędne, rekomendowane lub opcjonalne. Narzędzia niezbędne pozwolą Ci przejść przez ten rozdział. Jeśli uzupełnisz je o narzędzia rekomendowane, powinieneś być zaopatrzony dostatecznie dobrze na treść całej książki. Narzędzia opcjonalne ułatwią Twoją pracę, ale to, czy warto wydać na nie pieniądze, zależy wyłącznie od Ciebie. Pamiętaj o dodatku na końcu książki, w którym znajdziesz adresy producentów i sklepów oferujących artykuły elektroniczne.

ZAWARTOŚĆ ROZDZIAŁU:

Lista zakupów,
eksperymenty od 12 do 15.

Eksperyment 12: Łączenie dwóch
przewodów w jeden.

Eksperyment 13:
Podgrzewanie diody.

Eksperyment 14:
Pulsujące światło.

Eksperyment 15: Powrót
do alarmu antywłamaniowego.



Rysunek 3.1. Niska moc tej lutownicy w kształcie ołówka pozwala na jej bezpieczne użycie w połączeniu z komponentami czuлыми na temperaturę. Ostra końcówka pozwala osiągnąć dużą precyzję lutowania



Rysunek 3.2. Ta lutownica o wyższej mocy dostarcza dodatkowego ciepła, niezbędnego do lutowania grubszych przewodów lub komponentów o większych wymiarach. W wyniku częstego używania końcówka szybko traci swój pierwotny kolor, ale nie ma to wpływu na jej funkcjonowanie, pod warunkiem iż sam grot pozostaje czysty



Rysunek 3.3. Uchwyt lutowniczy posiada dwa zaciski krokodyłki utrzymujące przedmiot, nad którym pracujesz. Metalowa sprężyna stanowi bezpieczne miejsce dla rozgrzanego końca lutownicy, a gąbka pozwala na wycieranie grot

Zakładam, że posiadasz już pewne podstawowe umiejętności warsztatowe, takie jak wiercenie z użyciem wiertarki elektrycznej.

Lutownica kolbowa, 15-watowa (niezbędna)

Na przykład model WM15L firmy Weller (dostępna w sklepie www.tme.eu pod symbolem WEL.WM15L) lub KD15 firmy SolderLab (dostępna w sklepie www.eltronix.pl). Patrz rysunek 3.1. Lutownice o mocy 15 W są mniej popularne niż te o mocy 25 W lub większej. Jednak w naszej pracy na małą skalę przyda się ona doskonale i znacznie zmniejszy ryzyko uszkodzenia komponentów przy długim nagrzewaniu.

Porównując ceny, pamiętaj, że dodatkowo zabezpieczone końcówki grotów lutowniczych zwiększają cenę, ale będą służyć dłużej i ułatwią utrzymanie czystości, a także będą lepiej przewodzić ciepło w porównaniu do zwykłych końcówek miedzianych. Jeżeli specyfikacja producenta nie mówi o zabezpieczeniu końcówki, dany produkt prawdopodobnie nie posiada takiej cechy.

Lutownica kolbowa, 30- lub 40-watowa (niezbędna)

Chociaż większość projektów w tej książce wymaga małych, czułych na ciepło komponentów i drutu, prędzej czy później będziesz chciał połączyć cyną większe elementy i/lub przewody. Lutownica 15-watowa nie będzie w stanie wygenerować dostatecznie dużo ciepła. Powinieneś rozważyć zaopatrzenie się w narzędzie o większej mocy, szczególnie że są one względnie tanie.

Ja lubię model Weller Therma-Boost, pokazany na rysunku 3.2 (produkty tej firmy oferuje sklep www.tme.eu), ponieważ posiada on dodatkowy przycisk umożliwiający dostarczenie większej ilości ciepła na żądanie. Jest to bardzo użyteczne rozwiązanie w sytuacji, kiedy chcesz, aby grot nagrzał się szybko, lub jeśli próbujesz lutować coś grubego, co absorbuje dużą ilość ciepła.

Jeżeli nie możesz znaleźć lub nie lubisz produktów tej firmy, możesz użyć dowolnej innej lutownicy o mocy 30 lub 40 W. Sprawdź również na www.allegro.pl i w swoim lokalnym sklepie z narzędziami i częściami elektronicznymi.

Statyw lutowniczy (niezbędny)

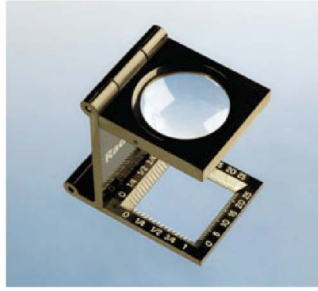
Posiada zazwyczaj dwa zaciski krokodyłki, które mogą utrzymywać część elektroniczną lub przewody w pozycji odpowiedniej do ich lutowania. Niektóre wersje tego narzędzia zaopatrzone są również w szkło powiększające, sprężynę będącą miejscem na rozgrzaną lutownicę oraz ściereczkę, w którą możesz wytrzeć grot, kiedy ulegnie on zabrudzeniu. To dodatkowe wyposażenie narzędzia jest pożądane. Statywy lutownicze można kupić w większości sklepów hobbystycznych. Znajdziesz je między innymi w sklepie www.elfaelektronika.pl (szukaj w dziale „Narzędzia, ściągacze i narzędzia mocujące”). Patrz rysunek 3.3.

Szko powiększające (niezbędne)

Niezależnie od tego, jak dobry masz wzrok, małe, poręczne szkło powiększające jest niezbędne do sprawdzania połączeń na płytce szybkiego montażu. Zestaw składający się z trzech soczewek, pokazany na rysunku 3.4, został zaprojektowany tak, aby trzymać go blisko oka, a uzyskiwane w ten sposób powiększenie jest znacznie lepsze niż to, jakie daje szkło przymocowane do statywu lutowniczego. Szkło powiększające w zginanej ramie, widoczne na rysunku 3.5, przydaje się w sytuacjach, kiedy masz zajęte ręce. Tego typu elementy wyposażenia warsztatu znaleźć można w sklepach elektronicznych i hobbystycznych. Nie zapomnij również sprawdzić na www.allegro.pl. Wystarczą w zupełności plastikowe szklaki powiększające, pod warunkiem że będziesz obchodził się z nimi ostrożnie.



Rysunek 3.4. Plastikowe szkła powiększające są tanim i dobrym rozwiązaniem, pod warunkiem że obchodzisz się z nimi ostrożnie. Trzymane w dłoni szkło powiększające jest narzędziem niezbędnym podczas sprawdzania połączeń lutowanych wykonywanych na płycie szybkiego montażu



Rysunek 3.5. Tego typu szkło powiększające, stojące na Twoim biurku, przydaje się do odczytywania numerów części zapisanych drobnym druczkiem na miniaturowych komponentach

Przewody pomiarowe z końcówkami zaciskanymi (niezbędne)

Końcówki pomiarowe, które otrzymałeś razem ze swoim miernikiem, wymagają, abyś samodzielnie utrzymał kontakt elektryczny w miejscu odczytu. To zajmuje obie ręce, uniemożliwiając wykonywanie innej czynności w tym samym czasie.

Używając pary przewodów z końcówkami w formie haczyków, możesz podłączyć wspólny (ujemny) przewód do masy układu i pozostawić go tam, a drugim wędrować po całym układzie.

Potrzebujesz kabla firmy Pomona o numerze części 6244-48-0 (pokazanego na rysunku 3.6). Możesz go zakupić w sklepie pl.farnell.com. Jeśli nie możesz go znaleźć lub uważasz, że jest za drogi, spróbuj zbudować swoje własne kable, kupując jedynie dwa pasujące do Twojego miernika zaciski bananowe (na przykład o symbolu 1069-PRO-RT, dostępne w sklepie www.tme.eu), drut o grubości 1,5 mm² lub grubszy i końcówki pomiarowe (na przykład firmy Kobiconn o symbolu 13IC331, dostępne w sklepie pl.mouser.com). Patrz rysunki 3.7 i 3.8.



Rysunek 3.6. Te miniaturowe zaciski haczykowe ułatwiają pomiar prądu i napięcia. Naciśnij przycisk, co spowoduje wysunięcie małego haczyka. Uchwyć przewód i zwolnij przycisk. W ten sposób Twoje ręce pozostaną wolne, dzięki czemu będziesz mógł wykonywać inne czynności. Zawsze zastanawia mnie, dlaczego producenci mierników nie dają tego typu przewodów w ramach standardowego wyposażenia mierników



Rysunek 3.7. Aby stworzyć swoje własne przewody pomiarowe z końcówkami haczykowymi, w pierwszej kolejności połącz przewody z wtyczkami bananowymi. W tym celu musisz przełożyć je przez plastikowe osłony, a następnie nawlec przez otwory w metalowych wtykach



Rysunek 3.8. Następnie nakręć metalowy pierścień na wystający przewód, a na niego plastikową osłonę. Drugi koniec przewodu trzeba przylutować do końcówki pomiarowej



Rysunek 3.9. Podobna do suszarki do włosów opalarka posłuży do kurczenia izolacji, tworząc w ten sposób ciasną opaskę wokół metalowego złącza

Opalarka (niezbędna)

Po połączeniu dwóch przewodów cyną lutowniczą często zachodzi potrzeba zaizolowania powstałego złącza. Taśma elektryczna jest nieporęczna i często ulega zsunięciu, odsłaniając styk elektryczny. Ty będziesz używał izolacji termokurczliwej, która tworzy bezpieczną, trwałą osłonę wokół odkrytego złącza metalowego. Do skurczenia izolacji użyjesz opalarki, która swoją budową przypomina niezwykle mocną suszarkę do włosów. Można je kupić w supermarketach ze sprzętem budowlanym. Sugeruję, abyś zakupił najtańszą, jaką uda się dostać. Patrz rysunek 3.9.

Odsysarka do cyny (niezbędna)

Ten mały gadżet odsysa gorącą, stopioną cynę, kiedy chcesz się pozbyć połączenia lutowanego stworzonego w złym miejscu. Może to być na przykład model o numerze 1003, dostępny w sklepie www.elfaelektronika.pl. Patrz rysunek 3.10.

Taśma do odsysania cyny (niezbędna)

Zwana również czasem plecionką do odsysania cyny. Patrz rysunek 3.11. Będziesz jej używał do usunięcia cyny w połączeniu z odsysarką. Najtaniej dostaniesz ją na www.allegro.pl.

Zestaw małych śrubokrętów (niezbędny)

Małe części elektroniczne mają często w sobie małe śruby. Jeśli spróbujesz je odkręcić zbyt dużym śrubokrętem, doprowadzisz do zniszczenia головки śruby. Ja lubię zestaw śrubokrętów precyzyjnych firmy Stanley o numerze części 66-052, pokazany na rysunku 3.12, ale może to być dowolny zestaw, o ile tylko znajdują się w nim śrubokręty płaskie i krzyżakowe.

Podstawka na lutownicę (zalecana)

W podstawce umieszczasz grot lutownicy, kiedy jej nie używasz, ale sam grot pozostaje rozgrzany. Przykładowe produkty tego typu to model SR-SH814, dostępny w sklepie www.tme.eu, lub część o numerze 578-PH100, dostępna w sklepie pl.mouser.com. Sprawdź również na www.allegro.pl. Czasami stojaki występują w komplecie ze statywem lutowniczym, ale prawie na pewno będziesz potrzebował drugiego dla swojej drugiej lutownicy.



Rysunek 3.10. Aby usunąć cynę z połączenia, możesz podgrzać ją, aż przejdzie w stan płynny, a następnie wciągnąć ją przez przystosowaną do tego celu gumową gruszkę



Rysunek 3.11. Podczas usuwania płynnej cyny można również posłużyć się miedzianą plecionką



Rysunek 3.12. Zestaw małych śrubokrętów jest niezbędnym elementem wyposażenia



Rysunek 3.13. Bezpieczny i prosty stojak dla rozgrzanej lutownicy

Miniaturowa piła ręczna (zalecana)

Zakładam, iż swoje ukończone układy elektroniczne będziesz chciał umieścić w ładnie wyglądających obudowach. Żeby osiągnąć ten cel, będziesz potrzebował narzędzia do cięcia i kształtowania plastiku. Możesz dla przykładu potrzebować wyciąć kwadratowy otwór, aby umieścić w nim przycisk przełączający energię.

Do tego celu nie nadają się narzędzia zasilane energią elektryczną, za to idealna będzie piła ręczna. Narzędzia tego typu najłatwiej można dostać w sklepach dla modelarzy i artystów. Może to być nożyk piła firmy Stanley, dostępny w sklepie www.narzedziak.pl, lub uchwyty z wymiennymi ostrzami w komplecie o nazwie SKALPEL-SET (dostępne w sklepie www.tme.eu). Poszukaj również większej piłki, potrzebnej do cięcia płytek montażowych.



Rysunek 3.14. Firma X-Acto wykonuje cały szereg pił o bardzo małych ostrzach, które nadają się idealnie do wycinania prostokątnych otworów w obudowach plastikowych

Imadło miniaturowe (zalecane)

Miniaturowe imadło pozwala na wykonywanie zadań, których nie można zrealizować przy użyciu statywu lutowniczego. Ja używam swojego imadła do cięcia kawałków plastiku, a także jako obciążnika unieruchamiającego płytkę montażową, gdy nad nią pracuję. Patrz rysunek 3.15.

Szukaj imadeł odlewanych o rozstawie szczęk 3 cm lub większym. Dostaniesz je w sklepie www.narzedziak.pl. Szukaj także na www.allegro.pl i w sklepach dla artystów i modelarzy.



Rysunek 3.15. Imadło miniaturowe

Gratownik (zalecany)

Gratownik ściera i wygładza wszelkie ostre krawędzie (powstałe na przykład po przepiłowaniu plastiku lub wywierceniu w nim otworu), a także nieznacznie powiększa same otwory. Ta ostatnia funkcja jest przydatna, ponieważ niektóre części mogą być produkowane w jednostkach innych niż metryczne, co może sprawić trudności podczas ich montażu w otworach wywierconych wiertłami o grubościach podanych w milimetrach. Małe sklepy metalowe w pobliżu Twojego domu mogą nie posiadać takich narzędzi w swojej ofercie. Spróbuj poszukać ich w dużych supermarketach budowlanych, a także na www.allegro.pl. Patrz rysunek 3.16.



Rysunek 3.16. To zmyślne małe ostrze z bezpieczną zaokrągloną końcówką jednym pociągnięciem wygładza ostre krawędzie powstałe po piłowaniu. Może również powiększać otwory, których rozmiary są zbliżone do oczekiwanych, ale jednak minimalnie mniejsze

Fazownik (opcjonalny)

Fazownik potrzebny jest do fazowania otworów przeznaczonych pod śruby, tak aby te nie wystawały ponad powierzchnię. Jeżeli użyjesz nawiertnika w połączeniu z wiertarką, będziesz miał problemy z utrzymaniem dostatecznej precyzji, zwłaszcza wierząc w cienkim, miękkim plastiku.

Fazowniki ręczne, którymi posługujesz się podobnie jak śrubokrętami, są łatwe do znalezienia. Na rysunku 3.17 przedstawiona została mało spotykana wersja tego narzędzia, działająca na zasadzie korby (z dołączonym zestawem końcówek). Taki mechanizm pozwala na szybszą pracę.

Zestaw haczyków i igieł (opcjonalny)

Produkowany przez firmę Stanley i dostępny w sklepie www.amazon.com pod numerem części 82-115. Podobne i nieco tańsze zestawy powinieneś znaleźć w sklepach z narzędziami. Patrz rysunek 3.18.

Suwmiarka (opcjonalna)

To narzędzie może wydawać się zbyteczne, ale przydaje się bardzo do pomiaru zewnętrznej średnicy okrągłych obiektów (na przykład średnicy gwintu śrub mocujących przełączniki lub potencjometry), a także wewnętrznej średnicy otworów (do której być może będziesz chciał wpasować przełącznik lub potencjometr).

Lubię suwmiarki firmy Mitutoyo. Model z dolnej półki (pokazany na rysunku 3.19) w pełni zaspokaja moje potrzeby. Zapewne znajdziesz również tańsze produkty tego typu od innych producentów, ale patrząc z perspektywy długiego czasu użytkowania tego narzędzia, może nie warto oszczędzać kosztem jego precyzji. Suwmiarki firmy Mitutoyo znajdziesz na www.allegro.pl, a także w sklepie www.amazon.com, chociaż nie wszyscy sprzedawcy oferują wysyłkę do Polski.



Rysunek 3.17. Tym fazownikiem obraca się jak korbą, tworząc odpowiednie ścięcie na początku otworu. Dzięki temu jest on w stanie pomieścić główkę śruby



Rysunek 3.18. Zestaw haczyków i igieł przydaje się w wielu nieoczekiwanych sytuacjach



Rysunek 3.19. Suwmiarki mogą mieć wyświetlacz cyfrowy (umożliwiający czasem przeliczanie milimetrów na inne jednostki) lub analogowy, jak ten pokazany tutaj. Mając suwmiarkę ze zwykłym wskaźnikiem wskazówkowym, nie musisz martwić się wyczerpaniem baterii



Rysunek 3.20. Szpulki z cyną o różnej grubości

Zaopatrzenie

Cyna lutownicza

Cynę będziesz topił w celu trwałego połączenia ze sobą dwóch elementów. Będziesz potrzebował cienkiej cyny, o grubości 0,5 mm, dla bardzo małych komponentów, a także trochę grubszej, rzędu 1 mm, dla masywniejszych elementów. Nie kupuj cyny przeznaczonej do robót instalacyjnych (łączenia rur itp.), a także używanej w rzemiośle i jubilerstwie. Różne grubości cyny lutowniczej pokazane zostały na rysunku 3.20. Upewnij się, iż kupowana przez Ciebie cyna nie zawiera ołowiu.

Cyna przeznaczona dla elektroników jest zmieszana z kalafonią. Dzięki temu łatwiej łączy się ze sobą części. Dostaniesz ją bez problemu w każdym sklepie prowadzącym sprzedaż artykułów elektronicznych, a także na www.allegro.pl.

Drut

Będziesz potrzebował standardowych przewodów do tworzenia elastycznych połączeń z budowanymi przez siebie układami. Szukaj drutu 0,5 mm² w czerwonej, czarnej i zielonej izolacji, minimum 3 metry z każdego koloru.

Jeżeli będziesz chciał zainstalować alarm antywłamaniowy, który ukończymy podczas eksperymentu numer 15, będziesz potrzebował białego podwójnego drutu w białej izolacji, używanego między innymi do podłączania domowych dzwonek. Przewody tego typu, sprzedawane na metry lub w rolkach o określonej długości, kupić można w większości supermarketów budowlanych. O tym, jakiej długości przewodu będziesz potrzebował, zdecydujesz po zmierzeniu odległości pomiędzy zamontowanymi czujnikami magnetycznymi.

Izolacja termokurczliwa

Do użycia w połączeniu ze wspomnianą wcześniej opalarką. Będziesz potrzebował różnych rozmiarów w kolorach według własnego uznania. Patrz rysunek 3.21. Sprawdź w pobliskich sklepach z elektroniką, a także na www.allegro.pl. Ceny mogą znacznie różnić się od siebie. Nic nie stoi na przeszkodzie, aby kupić izolację najtańszą.

Miedziane zaciski krokodylki

Absorbują ciepło podczas lutowania delikatnych komponentów. Część o numerze 835-501849C dostępna w sklepie pl.mouser.com jest zaciskiem krokodylkowym z miedzi o dużym wymiarze i maksymalnej absorpcji ciepła. W tym samym sklepie dostaniesz również mniejsze zaciski tego typu, użyteczne w przypadku komponentów o miniaturowych rozmiarach.



Rysunek 3.21. Nasuni izolację na połączenie i podgrzej ją, używając opalarki. W ten sposób powstanie ciasna opaska, doskonale izolująca to połączenie



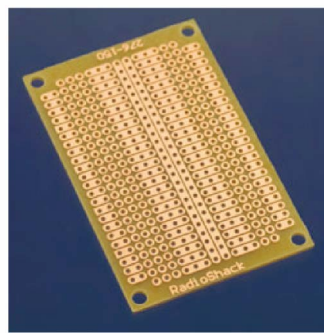
Rysunek 3.22. Te małe zaciski absorbują ciepło, chroniąc komponenty podczas ich lutowania

Płytki szybkiego montażu

Kiedy będziesz gotowy przenieść swój układ z płytki prototypowej do jego stałej lokalizacji, przylutujesz wszystko do płytki uniwersalnej, zwanej również płytką szybkiego montażu.

Będziesz potrzebował płytki posiadającej miedziane paski naniesione na jednej ze stron płytki. Ich układ powinien do złudzenia przypominać paski ukryte w płytce prototypowej, dzięki czemu będziesz mógł zachować taki sam układ komponentów podczas ich lutowania. Patrz rysunki 3.23 i 3.24⁶. Do pewnych eksperymentów, jak ten o numerze 15, będziesz potrzebował płytek nieco większych.

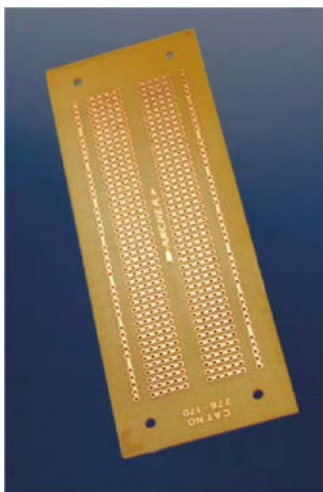
Do bardzo małych eksperymentów, podczas których będziesz łączył komponenty, używając wyłącznie ich wyprowadzeń, przyda Ci się płytka pozbawiona miedzianego nadruku łączącego otwory. Ja lubię system Twin Industries 7100 (dostępny w sklepie pl.mouser.com) lub Vectorboard firmy Newark Electronics, pokazany na rysunku 3.25⁷. Płytkę tego typu można w miarę potrzeby pociąć na mniejsze elementy. Są również odmiany tych płytek posiadające metalową warstwę wokół każdego otworu. Nie potrzebujemy ich do naszych celów, ale z drugiej strony nie stanowią one również problemu.



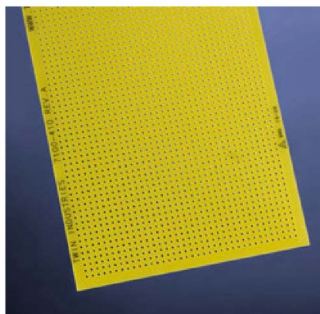
Rysunek 3.23. Płytki perforowane posiadają naniesiony wzór w postaci ścieżek i metalizacji wokół otworów. Umożliwiają one połączenie ze sobą komponentów przy minimalnym ryzyku popełnienia błędu w połączeniach. Takiej płytki użyjesz, kiedy będziesz gotowy do stworzenia trwałej wersji swojego projektu

⁶ Znalezienie na naszym rynku płytek identycznych do tych, jakie proponuje autor, może okazać się niemożliwe. W takiej sytuacji najlepiej poszukać płytki podobnej. Bogaty wybór płytek szybkiego montażu oferują następujące sklepy: elektronika-sklep.pl i www.centrumelektroniki.pl — przyp. tłum.

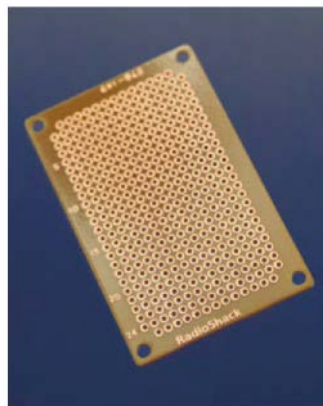
⁷ Produkty firmy Newark Electronics spotkać można w serwisie eBay. Ze względu na wysoki koszt wysyłki warto poszukać zamienników w serwisie www.allegro.pl — przyp. tłum.



Rysunek 3.24. Przykład większej płytki montażowej, o układzie połączeń podobnym do płytki prototypowej



Rysunek 3.25. Zwykła płytka perforowana (bez ścieżek miedzianych) może być użyta do połączenia komponentów poprzez ich własne wyprowadzenia i dodatkowe przewody



Rysunek 3.26. Mały fragment płytki perforowanej z miedzianą metalizacją wokół każdego otworu. Ułatwiają one montowanie części do płytki

Drewniana podkładka

Podczas pracy z rozgrzaną cyną jej gorące krople będą spadać na stół lub biurko, przy którym pracujesz. Cyna niemal natychmiast zastyga i staje się trudna do usunięcia, a po usunięciu pozostawia ślady na powierzchni. Dla bezpieczeństwa najlepiej zabezpieczyć miejsce swojej pracy, układając na nim płytę wiórową lub sklejkę o wymiarach 0,5×0,5 m. Możesz ją kupić w dowolnym supermarkecie budowlanym.

Śruby

Do zamocowania części z tyłu panelu przydadzą się śruby. Będziesz potrzebował śrub o małych rozmiarach. Wyglądają one dobrze, jeśli ich łebki są płaskie i dobrze komponują się z samym panelem. Sugeruję zakup śrub nierdzewnych M3 o długości 12, 16, 20 i 25 mm, 100 sztuk z każdego rozmiaru, plus 400 podkładek i 400 nakrętek M3 z nylonowym kołnierzem zapobiegającym poluzowaniu. Śruby, nakrętki i podkładki można kupić tanio na wagę w dużych supermarketach budowlanych.

Obudowy

Obudowa to nic innego jak małe (zwykle plastikowe) pudełko ze zdejmowaną pokrywą. Przetworniki, potencjometry i diody świecące montujesz w otworach wywierconych samodzielnie w obudowie, natomiast sam obwód zmontowany na płycie perforowanej wędruje do jej środka. Szukaj w sklepach www.tme.eu i www.elektronika-sklep.pl, w działach „Obudowy”.

Będziesz potrzebował obudów o wymiarach mniej więcej 15 na 10 cm i wysokości około 5 cm (przykładem może być część o symbolu KM-50 w sklepie www.tme.eu). Sugeruję zakup obudów w kilku różnych rozmiarach, przydadzą się w przyszłości.

Części

Wtyki, gniazda zasilające i złączki

Po ukończeniu projektu i umieszczeniu go w obudowie będziesz potrzebował sposobu na dostarczenie mu energii. Kup parę izolowanych gniazd, takich jak część o numerze 40-016-24 w sklepie www.elfaelektronika.pl (patrz rysunek 3.27). Zaopatrz się również w gniazdo zasilające i wtyk typu jack (na przykład o symbolach FC681445 i FC68147, dostępne w sklepie www.tme.eu). Patrz rysunek 3.28.

W końcu, będziesz również potrzebował złączek o rozmiarze pasującym do otworów płytki perforowanej, w której otwory rozstawione są co 2,54 mm. Są one czasem nazywane „złączkami jednorzędowymi” lub „złączkami do druku”. Występują w postaci 36-stykowej lub większej. Możesz je tamać, tworząc złącza pasujące do Twoich potrzeb. Przykładowe części tego typu to produkty firmy 3M o numerach 929974-01-36-RK i 929834-01-36-RK, dostępne w sklepie pl.mouser.com. Dostaniesz je w sklepach z częściami elektronicznymi. Rysunek 3.29 pokazuje złączkę przed podzieleniem i po podzieleniu na mniejsze sekcje. Przed zakupem upewnij się, iż nożyki złączki mają rozstaw 2,54 mm.

Bateria

Jeśli będziesz chciał praktycznie wykorzystać projekt, który doprowadzimy do końca pod koniec tego rozdziału (po skończeniu eksperymentu numer 15), będziesz potrzebował baterii 12-woltowej. Poszukaj jej w sieci, wpisując bateria 12 V lub akumulator 12 V, a znajdziesz całkiem sporo produktów tego typu możliwych do wielokrotnego ładowania i przeznaczonych do systemów alarmowych. Wymiary niektórych z nich mogą być bardzo małe (rzędu 2,5×5×10 cm) i w miarę tanie. Do akumulatora będziesz potrzebował również ładowarki, za którą zapłacisz mniej więcej równowartość ceny akumulatora.

Przełączniki i przekaźniki

Będziesz potrzebował przekaźnika DPDT i takiego samego przełącznika SPDT, który wspomniany został w liście zakupów z rozdziału drugiego.

Do eksperymentu numer 15 będziesz potrzebował przełączników magnetycznych, które można przymocować do drzwi i okien. Wpisz w wyszukiwarce hasła kontaktron drzwiowy lub kontaktrony do okien, a z pewnością znajdziesz artykuły tego typu.

Będziesz również potrzebował przełącznika przyciskanego typu ON-(ON) z stykami do lutowania. Może to być na przykład model MB2061SS1W01-RO firmy NKK, dostępny w sklepie pl.mouser.com (z opcjonalnym kapturkiem). Szukaj również w innych sklepach internetowych, wpisując przycisk DPDT.

Diody

Kup minimum 6 czerwonych diod o rozmiarze 5 mm przeznaczonych dla napięcia około 2 V. Może to być na przykład model o numerze części 75-107-58 w sklepie www.elfaelektronika.pl lub dioda o symbolu SSL-LX5093IT firmy Lumex, dostępna w sklepie pl.mouser.com. Kup również 6 podobnych diod w kolorze zielonym.

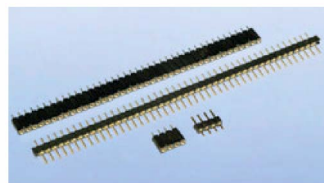
Dodatkowo będziesz potrzebował diody sygnałowej, typu 1N4001 (dowolnego producenta). Rysunek 3.30 pokazuje diodę tego typu w dużym powiększeniu. Są one bardzo tanie i z dużym prawdopodobieństwem przydadzą się w przyszłości. Proponuję zakup 10 sztuk.



Rysunek 3.27. Końcówki tego typu umożliwiają stworzenie pewnego połączenia z przewodami posiadającymi odizolowane końce. Są również dostępne w kolorze czarnym



Rysunek 3.28. Gniazdo po prawej stronie może zostać zamontowane na ścianie obudowy, aby odbierać zasilanie z wtyczki po lewej stronie



Rysunek 3.29. Złączki jednorzędowe typu żeńskiego (u góry) i typu męskiego (w środku) pozwalają na tworzenie połączeń typu wtyczka-gniazdko o bardzo małej powierzchni na płytkach drukowanych. Można je dzielić przez cięcie lub tkanie na mniejsze segmenty (u dołu). Poszczególne wyprowadzenia są oddalone od siebie o 2,54 mm



Rysunek 3.30. Pokazana dioda 1N4001 ma około pół centymetra długości i może wytrzymać do 50 V



Lutownice nagrzewają się bardzo mocno

Przestrzegaj poniższych podstawowych zasad:

Używaj odpowiedniej podstawki (na przykład będącej częścią Twojego statywu lutowniczego) do przechowywania lutownicy. Nie pozostawiaj jej w pozycji leżącej gdzieś na biurku lub stole.

Jeżeli w Twoim domu znajdują się małe dzieci lub zwierzęta, pamiętaj, że mogą one próbować bawić się lutownicą lub kablem doprowadzającym energię. Mogą w ten sposób zranić siebie lub Ciebie.

Zwracaj uwagę, aby nie dotykać rozgrzanym końcem lutownicy kabla dostarczającego jej energię. Po roztopieniu plastiku metalowy grot doprowadziłby do zwarcia domowej instalacji elektrycznej.

Jeśli upuścisz lutownicę, nie próbuj być bohaterem, łapiąc ją w locie. Najprawdopodobniej złapiesz ją za część rozgrzaną, co bardzo zabolí (mówię z doświadczenia). Po poparzeniu ręki instynktownie puścisz ją ponownie. Stąd równie dobrze możesz pozwolić jej od razu upaść na podłogę, bez pośredniego kroku oparzenia własnego ciała. Oczywiście, kiedy upadnie, powinieneś natychmiast podnieść ją z powrotem, ale rezerwując sobie niezbędny czas na przemyślenie, za który koniec chwycić ją na podłodze.

Pamiętaj, że inne osoby w Twoim domu są bardziej narażone na ryzyko wyrządzenia sobie krzywdy lutownicą niż Ty sam. Ty wiesz, że jest ona rozgrzana, ale inni nie muszą tego wiedzieć. Większość lutownic nie posiada lampki informującej o jej podłączeniu do prądu, dlatego zakładaj zawsze, że lutownica jest włączona, nawet jeśli jej wtyczka jest odłączona. Lutownica może utrzymywać temperaturę powodującą poparzenie na długo po odłączeniu od prądu.

Głośnik

Aby ukończyć projekt podczas eksperymentu numer 15, będziesz potrzebował odpowiednio małego głośnika, aby zmieścić go w obudowie, ale jednocześnie głośniejszego niż 3-centymetrowy, którego używałeś poprzednio. Powinien mieć średnicę około 6 cm. Jeżeli jesteś w stanie znaleźć głośnik 100 Ω , uzyskasz lepszy efekt, ale równie dobry będzie głośnik 8 Ω .

Eksperyment 12: Łączenie dwóch przewodów w jeden

Twoja przygoda z lutowaniem zacznie się od prostego zadania połączenia jednego przewodu z drugim, ale później przejdziesz bardzo szybko do stworzenia całego układu elektronicznego na płytce z otworami. Zaczynamy.

Potrzebne będą:

- lutownica 30- lub 40-watowa,
- mała lutownica 15-watowa,
- cienka cyna lutownicza (średnicy 0,5 mm lub podobnej),
- średniej grubości cyna lutownicza (średnicy 1 mm lub podobnej),
- szczypce do cięcia drutu i zdejmowania izolacji,
- statyw lutowniczy do przytrzymania przedmiotu Twojej pracy,
- izolacja termokurczliwa o różnych średnicach,
- opalarka,
- coś do ochrony Twojego miejsca pracy przed rozgrzanymi kroplami cyny.

Twoje pierwsze połączenie lutowane

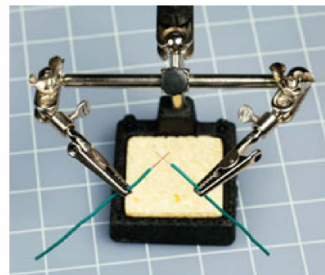
Zacznijmy od użycia lutownicy codziennego użytku, czyli tej o mocy 30 lub 40 W. Podłącz ją do prądu, końcówkę umieść w stojaku na lutownicę i znajdź sobie inne zajęcie na następne 5 minut. Jeżeli zaczniesz używać lutownicy, nie dając jej czasu na pełne rozgrzanie, tworzone przez Ciebie połączenia **nie** będą pewne.

Zdejmij izolację z końców dwóch drutów 0,5 mm² i zamocuj je w statywie lutowniczym tak, aby ich odizolowane końcówki krzyżowały się ze sobą. Patrz rysunek 3.31.

Upewnij się, że lutownica jest gotowa do pracy, topiąc małą porcję cyny dotknięciem rozgrzaną końcówką grotu. Cyna powinna stopić się natychmiastowo. Jeżeli topi się powoli, lutownica nie jest jeszcze dostatecznie rozgrzana.

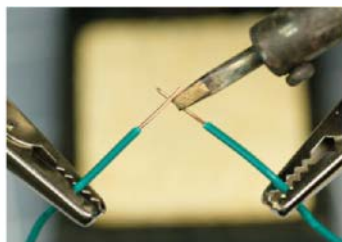
Wykonaj teraz kroki opisane poniżej (pokazane na rysunkach od 3.32 do 3.36):

1. Upewnij się, iż końcówka grota jest czysta (w miarę potrzeby wytrzyj ją w wilgotną gąbkę będącą częścią podstawki pod lutownicę), a następnie na mniej więcej 3 sekundy dotknij nią miejsca, gdzie stykają się ze sobą oba przewody, aby je podgrzać. Jeżeli masz twardą wodę w kranie, używaj wody destylowanej do zwilżania gąbki. W ten sposób na grocie nie będzie odkładał się kamień.
2. Utrzymując lutownicę w tej pozycji, przyłóż trochę cyny do miejsca złączenia przewodów, tam gdzie dotykasz właśnie grotem lutownicy. W efekcie cyna, dwa łączone przewody i grot lutownicy powinny spotkać się w jednym miejscu. W ciągu dwóch kolejnych sekund odsłonięte kawałki przewodów powinny pokryć się cyną.
3. Odsuń lutownicę i cynę. Dmchnij na połączenie, aby je ochłodzić. Po 10 sekundach powinno być dostatecznie chłodne, aby można było go dotknąć.
4. Odepnij przewody z zacisków i szarpnij nimi, aby przekonać się, czy jesteś w stanie je rozłączyć. Użyj siły! Jeżeli pomimo Twoich największych wysiłków przewody pozostają złączone, są połączone elektrycznie i powinny pozostać w takim stanie. Jeżeli nie zrobisz dobrego połączenia, powinieneś z łatwością oddzielić oba przewody od siebie. Prawdopodobne przyczyny takiego stanu rzeczy to zbyt niska temperatura lub za mała ilość cyny użyta w trakcie lutowania.

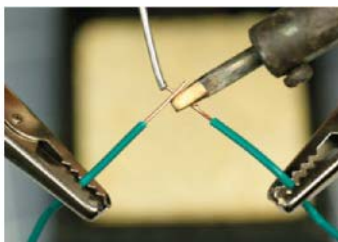


Rysunek 3.31. Dwa przewody z odizolowanymi końcami umieszczone w statywie lutowniczym. Dla większej przejrzystości ze statywu zdjęte zostało szkło powiększające

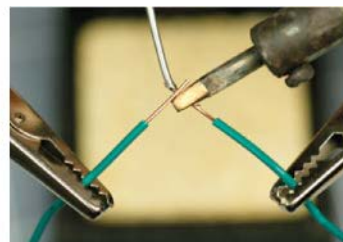
Chciałem, abyś zaczął od lutownicy o większej mocy, ponieważ dostarcza ona więcej ciepła, co ułatwia pracę.



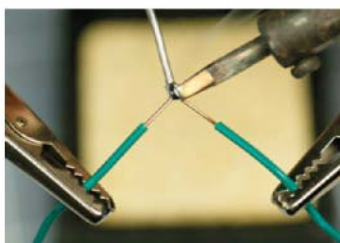
Rysunek 3.32



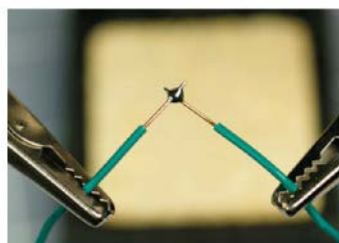
Rysunek 3.33



Rysunek 3.34



Rysunek 3.35. Ten i poprzednie trzy rysunki ilustrują cztery kroki tworzenia połączenia lutowanego: podgrzanie drutów, przyłożenie cyny bez odrywania grota dostarczającego ciepło, odczekanie do momentu roztopienia cyny i w końcu odczekanie do zastygnięcia kropli cyny. Cały proces powinien zająć od 4 do 6 sekund



Rysunek 3.36. Gotowe połączenie powinno być błyszczące, jednolite, o okrągłym kształcie

Mity odnośnie lutowania

Mit 1: Lutowanie jest bardzo trudne

Miliony osób nauczyło się lutować, a statystycznie rzecz biorąc, nie ma podstaw, aby zakładać, iż masz mniejszą koordynację ruchową niż większość z nich. Ja przez większość mojego życia cierpię na schorzenie powodujące drżenie dłoni, które sprawia, iż mam problemy z utrzymaniem w bezruchu małych przedmiotów. Brakuje mi również cierpliwości przy wykonywaniu powtarzających się precyzyjnych czynności. Więc skoro ja potrafię lutować komponenty, każdy powinien być w stanie to zrobić.

Mit 2: Lutowanie wymaga użycia szkodliwych chemikaliów

Używana obecnie cyna lutownicza nie zawiera ołowiu. Powinieneś unikać wdychania jej oparów

przez dłuższy czas, ale ta sama reguła obowiązuje dla produktów codziennego użytku, takich jak wybielacz czy farba. Gdyby lutowanie stanowiło znaczące zagrożenie dla zdrowia, już dawno temu ktoś zauważyłby wysoki odsetek zgonów wśród hobbystów elektroników.

Mit 3: Używanie lutownicy jest niebezpieczne

Lutownica jest mniej groźna od żelazka, którego używasz do prasowania koszul, ponieważ dostarcza mniejszą ilość ciepła. Z mojego doświadczenia wynika, iż lutowanie jest mniej niebezpieczne niż spora część czynności wykonywanych w typowym gospodarstwie domowym lub przydomowym warsztacie. Ta uwaga nie zwalnia jednak z obowiązku zachowania ostrożności.

Alternatywy dla lutowania

Już w latach pięćdziesiątych XX wieku połączenia wewnątrz urządzeń elektrycznych, takich jak odbiorniki radiowe, były lutowane ręcznie przez pracowników na liniach montażowych. Jednak rozwój central telefonicznych wytworzył potrzebę szybszego tworzenia dużej liczby błyskawicznych i pewnych połączeń między dowolnymi dwoma punktami. Skutecznym rozwiązaniem okazały się połączenia owijane (ang. *wire wrap*).

W projektach elektronicznych wykorzystujących połączenia owijane komponenty montowane są na płytce drukowanej posiadającej wysokie, poziome prostokątne bolce o zaokrąglonych końcach, wystające z jej dolnej strony. Do połączeń używany jest specjalny posrebrzany drut. Specjalne narzędzie, ręczne lub napędzane elektrycznie, zawija odizolowaną część przewodu wokół wybranego bolca, wywierając dostatecznie dużą siłę, aby spoić „na zimno” miękką warstwę srebra z bolcem. Sam proces zawijania pozwala stworzyć dobry kontakt elektryczny, tym bardziej że zazwyczaj wykonywanych jest od 7 do 9 owinięć, a każde z nich powoduje dotknięcie czterech krawędzi bolca.

W latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych ten system został zaadaptowany przez hobbystów budujących swoje własne komputery. Rysunek 3.37 pokazuje przykładową płytkę drukowaną zbudowanego ręcznie komputera. Ta sama technika została użyta przez NASA do zbudowania komputera w pojeździe kosmicznym programu Apollo, który poleciał na Księżyc. Dzisiaj ta technika ma niewiele zastosowań komercyjnych.



Rysunek 3.37. Połączenia owijane w zbudowanym przez Steve'a Chamberlina 8-bitowym procesorze i komputerze. Stworzenie takiej sieci połączeń w tamtych czasach przy użyciu lutowania byłoby niezwykle czasochłonne i podatne na błędy. Zdjęcie zaprezentowane dzięki uprzejmości Steve'a Chamberlina

Alternatywy dla lutowania (ciąg dalszy)

Szeroko rozpowszechnione w przemyśle komponenty przewlekane przez otwory, takie jak układy scalone w pierwszych komputerach domowych, wpłynęły na rozwój lutowania na fali stojącej. Technika ta polega na wytworzeniu fali lub wodospadu z roztopionej cyny i przesuwaniu nad nią podgrzanej płytki z obwodem drukowanym, do której wstawione zostały wszystkie komponenty. Odpowiednia maska

na powierzchni płytki zapobiega przyklejaniu cyny w miejscach, w których jest ona niepożądana.

Jeszcze nowsza technika polega na montowaniu powierzchniowo komponentów, których rozmiary są mniejsze od ich odpowiedników przewlekanych. Każda część jest przyklejana do płytki pokrytej pastą lutowniczą, następnie cały układ jest podgrzewany, co powoduje stopienie pasty i stworzenie trwałych połączeń.

NARZĘDZIA

Osiem najczęstszych błędów związanych z lutowaniem:

1. Za niska temperatura

Połączenie wygląda dobrze, ale ponieważ nie użyłeś dostatecznie dużej temperatury podczas lutowania, cyna nie stopiła się dostatecznie dobrze, aby zmienić swoją wewnętrzną strukturę molekularną. Pozostała w formie granulkowej, zamiast przejść w stan całkowicie zwarty. Powstał tak zwany „zimny lut”, który rozpadnie się, kiedy pociągniesz przewody w przeciwnych kierunkach. Podgrzej ponownie połączenie i dodaj nowej cyny.

Wiodącą przyczyną niedostatecznie podgrzanej cyny jest pokusa dołożenia jej do połączenia bezpośrednio z grotą lutownicy. Powoduje to, że chłodne przewody obniżają temperaturę cyny. Powinieneś w pierwszej kolejności dotknąć przewodów i podgrzać je, a dopiero potem dodać cynę. Dzięki temu przewody będą gorące i pomogą w stopieniu cyny, która ma do nich przywrzeć.

Ponieważ jest to powszechnie spotykany problem, powtórzę jeszcze raz: **Nigdy nie top cyny na czubku grotu w celu dołożenia jej następnie do połączenia.**

Twój celem nie jest dołożenie gorącej cyny do zimnych przewodów, ale zimnej cyny do rozgrzanych przewodów.

2. Za wysoka temperatura

Nie stanowi ona zagrożenia dla samego połączenia, ale dla wszystkiego, co znajduje się blisko niego. Izolacja winylowa ulegnie stopieniu, uwiadczniając nagie przewody, co zwiększy ryzyko zwarcia. Możesz uszkodzić lub wręcz stopić półprzewodniki, a także wewnętrzne plastikowe części przekaźników i łączników.

Uszkodzone komponenty muszą zostać wylutowane, co zajmie czas i może okazać się bardzo kłopotliwe (zobacz „Narzędzia. Rozlutowywanie”).

3. Zbyt mało cyny

Cienkie połączenie pomiędzy dwoma przewodnikami może nie być dostatecznie mocne. Łącząc dwa przewody, sprawdź zawsze pod ich spodem, czy cyna dostała się we wszystkie miejsca.

4. Przesuwanie łączonych elementów przed zastygnięciem cyny

W ten sposób możesz stworzyć niewidoczne pęknięcia pomiędzy dwoma przewodnikami. Być może nie będzie ono stanowiło przeszkody w przewodzeniu tego połączenia, ale w przyszłości, pod wpływem wibracji lub temperatury pracy, doprowadzi do zwiększenia przerwy między elementami i utraty kontaktu elektrycznego. Uszkodzenia tego typu często bywają trudne do wysledzenia. Unikniesz tego problemu, montując łączone elementy w zaciskach lub umieszczając je w otworach płytki perforowanej.

Osiem najczęstszych błędów związanych z lutowaniem (ciąg dalszy):

5. Brud i zatłuszczenie

Cyna do celów elektrycznych zawiera kałafonię, która oczyszcza lutowaną powierzchnię. Mimo to inne zanieczyszczenia mogą uniemożliwić stworzenie trwałego połączenia. Jeżeli element wygląda na zanieczyszczony, oczyść go papierem ściernym przed lutowaniem

6. Węgiel na czubku grotu

Grot stopniowo pokrywa się czarnymi „piegami” węglowymi, które tworzą barierę dla przepływu ciepła. Czyść końcówkę grotu na gąbce przymocowanej do statywu lub podstawki lutowniczej.

7. Niewłaściwe materiały

Cyna lutownicza jest przeznaczona do części elektronicznych. Nie nadaje się do łączenia aluminium, stali nierdzewnej i innych materiałów. Będziesz w stanie zmusić ją do połączenia z elementami chromowanymi, ale nie będzie to łatwe.

8. Brak sprawdzenia skutecznego połączenia

Nie zakładaj, że wykonane połączenie jest dobre. Jeśli jest to możliwe, wykonaj praktyczny test, używając odpowiedniej siły (idealny sposób postępowania pokazują rysunki 3.38 i 3.39). Tam,

gdzie nie jesteś w stanie uchwycić połączonych elementów palcami, wetknij pod nie ostrze śrubokręta i spróbuj je lekko wygiąć, ewentualnie pociągnij je małymi szczypcami. Nie przejmuj się możliwością zniszczenia swojej pracy. Połączenie, które nie przetrwa takiego testu, nie było dobre.

Najgorsze spośród ośmiu wymienionych błędów są suche/zimne luty, ponieważ można je wykonać z dużą łatwością i na pierwszy rzut oka wyglądają dobrze.



Rysunek 3.38. Wynik testu na źle wykonanym połączeniu lutowanym



Rysunek 3.39. Wynik testu na dobrze wykonanym połączeniu lutowanym

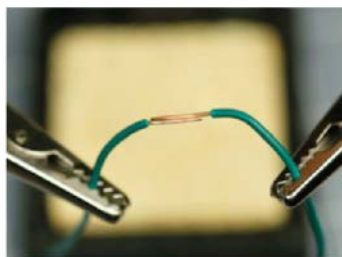
Twoje drugie połączenie lutowane

Wypróbuj teraz swoją mniejszą lutownicę. Ponownie musisz podłączyć ją do prądu i pozostawić na pięć minut, aby mieć pewność, że jest dostatecznie dobrze rozgrzana. W tym czasie nie zapomnij wyłączyć z prądu drugiej lutownicy i odłożyć jej w bezpieczne miejsce, gdzie będzie mogła ostygnąć.

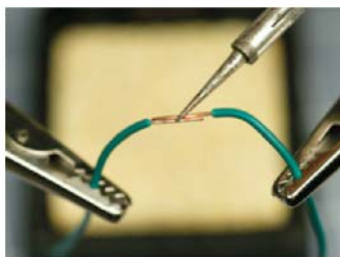
Tym razem chciałbym, abyś ułożył przewody równolegle do siebie. Połączenie ich w takiej pozycji jest odrobinę trudniejsze niż w sytuacji, kiedy się krzyżują, ale ta umiejętność jest niezbędna. W przeciwnym razie nie będziesz w stanie wsunąć izolacji termokurczliwej i zabezpieczyć połączenia.

Sposób wykonania takiego połączenia pokazują rysunki od 3.40 do 3.44. Końcówki przewodów nie muszą się ze sobą całkowicie stykać, cyna uzupełni małe przerwy. Druty muszą być jednak dostatecznie gorące, aby stopić cynę, a to może zająć kilka dodatkowych sekund, zwłaszcza kiedy używasz lutownicy o mniejszej mocy.

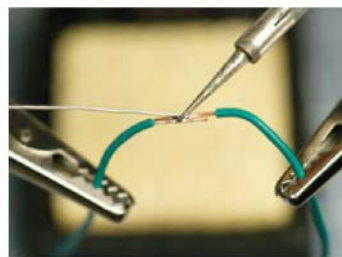
Pamiętaj, aby nakładać cynę tak, jak zostało to pokazane na zdjęciu. Nie próbuj nanosić cyny z końcówki grotu. Zaczynaj od podgrzania łączonych drutów, a następnie dotknij ich i grotu cyną (nie odrywając grotu od drutów). Poczekaj, aż cyna się roztopi, a zobaczysz, jak chętnie wpływa ona między łączone końcówki. Jeśli tak się nie dzieje, wykaż cierpliwość i nagrzej przewody dłużej.



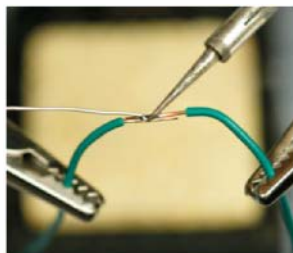
Rysunek 3.40



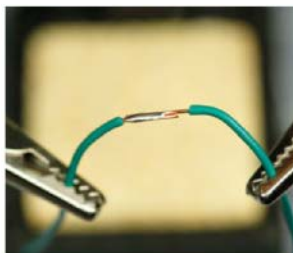
Rysunek 3.41



Rysunek 3.42



Rysunek 3.43. Ten i trzy poprzednie rysunki pokazują sposób łączenia ze sobą dwóch przewodów ułożonych równolegle. Stosując lutownicę o mniejszej mocy, należy pamiętać, aby odpowiednio długo nagrzewać ją do osiągnięcia odpowiedniej temperatury. Można użyć ciejszej cyny



Rysunek 3.44. Gotowe połączenie ma wystarczająco dużo cyny zapewniającej solidność, ale jednocześnie pozwala na nasunięcie izolacji termokurczliwej

TEORIA

Teoria lutowania

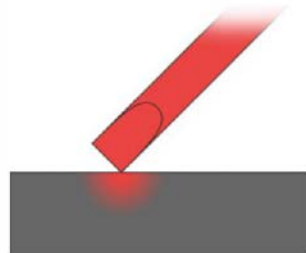
Im lepiej będziesz rozumiał proces lutowania, tym łatwiej będzie Ci robić dobre połączenia lutowane.

Koniec grota lutowniczego jest gorący, a Ty chcesz przenieść to ciepło do tworzonego połączenia. W takiej sytuacji możesz traktować ciepło jak płyn. Im większe połączenie pomiędzy grotem i lutowanym miejscem, tym większa ilość ciepła jest w stanie przepłynąć przez nie w ciągu sekundy.

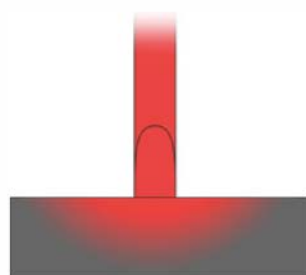
Dlatego powinieneś tak dobierać kąt, pod którym przykładasz grot do lutowanej powierzchni, aby kontakt odbywał się przy jak największej powierzchni. Jeżeli grot jedynie minimalnie dotyka drutów, ogranicza to znacznie przepływ ciepła. Ilustrują to rysunki 3.45 i 3.46. Kiedy cyna zaczyna topnieć, poszerza powierzchnię kontaktu, co pozwala na większy transfer ciepła i samoczynne przyspieszenie procesu. Najtrudniejszą rzeczą jest zainicjowanie całego procesu.

Przepływ ciepła ma to do siebie, że czasem może doprowadzić do jego ucieczki z miejsca, w którym go potrzebujesz, i pojawienia się w miejscu zupełnie nieoczekiwanym. Zlutowanie bardzo grubego przewodu może okazać się niemożliwe, ponieważ on sam nie nagrzewa się wystarczająco mocno, aby stopić cynę — masywny przewód przewodzi ciepło, powodując jego ucieczkę z miejsca lutowania. Nawet 40-watowa lutownica nie wystarczy, aby pokonać ten problem. W takiej sytuacji pozostaje zaopatrzyć się w narzędzie o jeszcze większej mocy.

Przyjmij ogólną zasadę: Jeśli nie jesteś w stanie wykonać połączenia lutowanego w 10 sekund, przykładasz zbyt małą ilość ciepła.



Rysunek 3.45. Przy bardzo małej powierzchni kontaktu pomiędzy końcówką grota i lutowaną powierzchnią przekazywana jest niewystarczająca ilość ciepła



Rysunek 3.46. Większa powierzchnia kontaktu pomiędzy grotem i lutowaną powierzchnią znacznie zwiększy ilość przekazywanego ciepła

Rozlutowywanie

Rozlutowywanie jest znacznie trudniejsze od lutowania. Mogą w nim pomóc dwa narzędzia:

- **Pompka odsysająca.** Zaczynasz od rozpuszczenia cyny do postaci płynnej, a następnie używasz tego prostego gadżetu, aby odessać jak największą jej porcję. Zazwyczaj nie uda Ci się usunąć dostatecznie dużo metalu, aby połączenie zostało przerwane, i będziesz musiał powtórzyć próbę. Patrz rysunek 3.10.
- **Taśma lub plecionka do odsysania cyny.** Jej zadaniem jest całkowicie wchłonąć cynę z połączenia, ale i tym razem nie uda się osiągnąć stuprocentowego efektu. Znajdziesz się w nietypowej sytuacji, w której będziesz dłońmi próbował rozłączyć dwa elementy, jednocześnie dostarczając im ciepła, aby zapobiec zastygnięciu cyny. Patrz rysunek 3.11.

Nie mam zbyt wiele do dodania odnośnie rozlutowywania. Jest to, przynajmniej w mojej opinii, dosyć frustrujące doświadczenie, które może doprowadzić do nieodwracalnego uszkodzenia komponentów.



Opalarki również bywają gorące!

Zwróć uwagę na chromowaną obudowę wylotu opalarki. Stal jest droższa od plastiku, stąd wniosek, iż producent umieścił tam metalową część nie bez powodu. Ten powód to powietrze, które rozgrzewa się do temperatury topiącej plastik.

Metalowa tuba jest nagrzana do tego stopnia, iż jest w stanie poparzyć Cię jeszcze kilka minut po jej użyciu. Inne osoby i zwierzęta domowe, nieświadome stopnia rozgrzania tego narzędzia, są narażone na niebezpieczeństwo. Najważniejsza rzecz, którą musisz uczynić, to upewnić się, iż nikt w Twoim domu nie użyje nigdy opalarki, zakładając błędnie, że jest to suszarka do włosów (rysunek 3.47).

To narzędzie jest trochę bardziej niebezpieczne, niż wygląda to na pierwszy rzut oka.

Dodawanie izolacji

Kiedy osiągniesz sukces w tworzeniu dobrych liniowych połączeń dwóch przewodów, będziesz mógł przystąpić do części łatwiejszej. Wybierz koszulkę termoizolacyjną, której rozmiar jest wystarczająco duży, aby wsunąć w nią połączenie z zachowaniem małego luzu.



Rysunek 3.47. Inni członkowie Twojej rodziny powinni mieć świadomość, że wygląd opalarki — przypominający suszarkę do włosów — jest mylący

Przesuń izolację w taki sposób, aby miejsce złączenia wypadło w jej środku, a następnie umieść całość przed wylotem opalarki i włącz jej zasilanie (trzymając palce z dala od strumienia gorącego powietrza). Obróć przewód tak, aby został podgrzany ze wszystkich stron. Jeśli nadmiernie podgrzejesz izolację, skurczy się ona tak bardzo, iż popęka. W takiej sytuacji będziesz musiał ją usunąć i zacząć od nowa. W chwili kiedy izolacja utworzy ciasną opaskę wokół przewodu, zadanie jest skończone — nie ma potrzeby dalej rozgrzewać przewodu. Pożądany wynik pokazują rysunki od 3.48 do 3.50. Dla większego kontrastu na zdjęciach użyłem białej izolacji. Izolacje w innych kolorach są również dobre.



Rysunek 3.48. Nasuń izolację na miejsce złączenia dwóch przewodów



Rysunek 3.49. Podgrzej izolację



Rysunek 3.50. Kontynuuj podgrzewanie do momentu, kiedy izolacja ciasno opasa miejsce złączenia

Sugeruję, abyś poćwiczył swoje umiejętności lutowania, wykonując dwa praktyczne projekty. W ramach pierwszego możesz dodać do swojego zasilacza kolorowe druty określające dodatni i ujemny biegun, w ramach drugiego możesz skrócić kabel zasilacza swojego laptopa. Ponieważ w obu zadaniach nie występują elementy czułe na ciepło, do ich realizacji lepiej będzie użyć lutownicy o większej mocy.

Modyfikacja zasilacza

W poprzednim rozdziale wspominałem, że nie ma możliwości wetknięcia przewodów zasilacza w otwory płytki prototypowej. Spróbujmy rozwiązać ten problem:

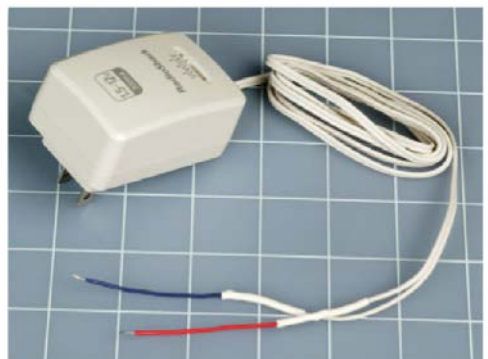
1. Utnij dwa kawałki drutu $0,5 \text{ mm}^2$ — jeden czerwony, a drugi czarny. Każdy powinien mieć około 5 cm długości. Zdejmij około 0,5 cm izolacji z obu końców przewodów.
2. Przytnij przewód ze swojego zasilacza. Musisz dostać się do świeżej, czystej linki miedzianej. W ten sposób będziesz miał największą szansę stworzyć mocne połączenie lutowane.

Sugeruję skrócenie jednego z przewodów w celu zminimalizowania szansy zetknięcia się ze sobą odizolowanych końcówek, co spowodowałoby zwarcie. Jeśli nie jesteś pewien, który przewód jest dodatni, określ to, używając swojego miernika ustawionego na pomiar napięcia stałego.

Zlutuj przewody, a następnie dodaj izolację termokurczliwą, tak jak robiłeś to w trakcie wcześniejszego ćwiczenia. Wynik Twojej pracy powinien przypominać ten przedstawiony na rysunku 3.51.

Skracanie przewodu zasilającego

Kiedy podróżuję, lubię wszystko minimalizować. Irytuje mnie zawsze to, że kabel zasilający do mojego laptopa ma ponad metr długości. Cieńszy przewód łączący zasilacz z komputerem ma również ponad metr długości — za dużo jak na moje potrzeby.



Rysunek 3.51. Kolorowe druty jednożyłowe, przyłutowane do przewodów wychodzących z zasilacza, umożliwiają łatwe zasilenie płytki prototypowej. Zwróć uwagę, iż ich długości są różne, co zapobiega ryzyku ich przypadkowego zwarcia



Dobór odpowiedniej izolacji termokurczliwej

Jeśli chcesz użyć izolacji termokurczliwej na przewodzie 230 V, jak będzie to miało miejsce podczas eksperymentu numer 6, upewnij się, że wybrana przez Ciebie izolacja przeznaczona jest dla napięcia 230 V.

Po długich poszukiwaniach nie znalazłem kabla zasilającego do mojego laptopa, który byłby krótszy niż metr. Dlatego zdecydowałem się skrócić go samodzielnie. Jeśli odczuwasz też taką potrzebę, powinieneś zacząć od przetestowania poniższej procedury na jakimś starym kablu zasilającym. Przejdź przez wszystkie kroki, aby nabrać doświadczenia w lutowaniu grubszych przewodów z linką w środku i używaniu izolacji termokurczliwej o większych rozmiarach:

1. Odetnij przewód szczypcami z ostrzem, a następnie użyj noża do rozdzielenia przewodów. Zadbaj o to, aby jeden z przewodów był krótszy od drugiego. Tnąc przewód przeznaczony dla dużego napięcia, który składa się z dwóch lub więcej żył, dobrze jest unikać sytuacji, w której odizolowane końce znajdują się naprzeciw siebie.



Rysunek 3.52



Rysunek 3.53



Rysunek 3.54



Rysunek 3.55



Rysunek 3.56



Rysunek 3.57



Rysunek 3.58. Rysunki od 3.52 do 3.58 ilustrować kolejne kroki na drodze do skrócenia kabla do zasilacza laptopa

2. Zdejmij minimalną część izolacji. Wystarczy około 3 mm. Tutaj użyteczne okażą się narzędzia do automatycznego zdejmowania izolacji, o których wspominałem w rozdziale pierwszym, chociaż poradzisz sobie również przy użyciu szczypiec.
3. Utnij dwa kawałki termoizolacji, każdy około 3 cm długości. Muszą być wystarczająco grube, aby można było nasunąć je na oddzielone przewody kabla. Utnij jeszcze jeden, 5-centymetrowy odcinek grubszej izolacji, który nasuniesz na całe połączenie po jego wykonaniu. Opisane do tej pory kroki zostały pokazane na rysunkach od 3.52 do 3.58.
4. Teraz rzecz najtrudniejsza: zapanowanie nad swoją zawodną pamięcią. Musisz pamiętać, aby nasunąć izolację na przewody, **zanim** wykonasz trwałe połączenie. Grube wtyczki na obu końcach uniemożliwiają wsunięcie jakiegokolwiek izolacji później. Jeżeli cechujesz się podobnym brakiem cierpliwości jak ja, będziesz miał trudności z zapamiętaniem tej czynności za każdym razem.

5. Użyj statywu lutowniczego do prawidłowego ułożenia pierwszego połączenia. Ułóż przewody tak, aby ich końce pokrywały się ze sobą, a następnie ściśnij je lekko pomiędzy pałem wskazującym a kciukiem. Chodzi o to, aby żaden drobny przewód linki nie wystawał ze złącza. Taki sterzący drucik może przedziurawić izolację, kiedy ta jest jeszcze miękka i gorąca.
6. Łączony przewód jest znacznie masywniejszy od drutu 0,5 mm², na którym pracowałeś poprzednio, dlatego będzie pochłaniał więcej ciepła. Musisz dłużej zatrzymać na nim grot lutownicy. Upewnij się, iż cyna sływa swobodnie do złącza. Po jego ostygnięciu odwróć przewód i sprawdź połączenie od spodu. Najprawdopodobniej znajdziesz tam pewną liczbę drucików miedzianych nieprzykrytych spoiwem. Połączenie powinno przyjąć formę twardego, zaokrąglonego bąbla. W trakcie lutowania trzymaj izolację termokurczliwą jak najdalej od złącza. W ten sposób wydzielające się ciepło nie doprowadzi do przedwczesnego skurczenia izolacji, co uniemożliwiłoby nasunięcie jej na złącze.



Rysunek 3.59



Rysunek 3.60



Rysunek 3.61



Rysunek 3.62



Rysunek 3.63



Rysunek 3.64

7. Kiedy złącze ostygnie, nasuń na nie izolację i podgrzej całość opalarką. Następnie powtórz cały proces na drugim przewodzie. Na końcu nałóż większą izolację na oba połączone przewody. Nie zapomniawsz nasunąć grubszej izolacji na początku, prawda?

Rysunki od 3.59 do 3.65 pokazują wszystkie kroki aż do efektu końcowego.

Jeżeli udało Ci się wykonać wszystkie przedstawione do tej pory zadania z lutowania, masz wystarczające umiejętności do zlutowania swojego pierwszego układu elektronicznego. Najpierw chciałbym jednak, abyś przekonał się, jak bardzo małą tolerancję na gorąco mają komponenty.



Rysunek 3.65. Gotowy skrócony kabel do zasilacza laptopa

Eksperyment 13: Podgrzewanie diody

W rozdziale pierwszym przekonałeś się, jak można zniszczyć diodę, przepuszczając przez nią zbyt silny prąd. Przepływający prąd wytworzył ciepło, które stopiło diodę. Nie będzie zaskoczeniem, jeśli powiem, że równie dobrze możesz stopić ją, nagrzewając zbyt mocno jedną z jej nóżek podczas lutowania. Pozostaje jedynie pytanie: jaka ilość ciepła doprowadzi do uszkodzenia? Przekonajmy się.

Potrzebne będą:

- lutownica o mocy 30 lub 40 W,
- lutownica o mocy 15 W,
- kilka diod świecących (przeznaczonych do zniszczenia),
- rezystor 680 Ω ,
- szczypce do cięcia oraz szczypce o ostrych końcach,
- statyw lutowniczy do podtrzymania Twojej pracy.

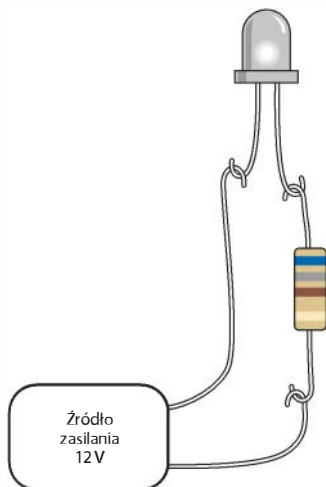
Nie chcę, abyś używał krokodyłków przy podłączaniu diody do źródła zasilania, ponieważ one same absorbują ciepło wytwarzane przez lutownicę. Zamiast tego chciałbym, abyś użył szczypiec z zaostrzonymi końcami do wygięcia końcówek diody w małe haczyki. To samo zrób z wyprowadzeniami rezystora i nowymi przewodami na końcu Twojego zasilacza. Teraz możesz połączyć wszystkie haczyki w tańcuszek zgodnie z rysunkiem 3.66.

Umieść diodę w zacisku statywu lutowniczego. Plastik nie jest zbyt dobrym przewodnikiem ciepła, zatem statyw nie powinien zabrać zbyt dużo ciepła z naszego celu. Rezystor może zwiśać przyczepiony do jednej z końcówek diody, a pod nim może wisieć jeden z przewodów zasilających. Siła grawitacji powinna wystarczyć do zadziałania tego układu. Ustaw zasilacz na 12 V i podłącz go do prądu. Dioda powinna rozświetlić się jasnym światłem. Użyłem białej diody wyłącznie w celu wykonania dobrej fotografii.

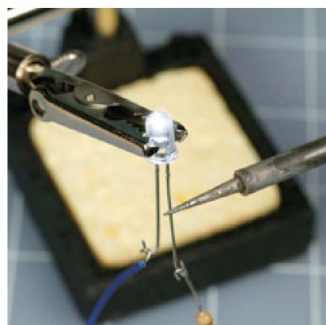
Upewnij się, iż obie Twoje lutownice są naprawdę gorące. Powinny być włączone do prądu od co najmniej pięciu minut. Weź teraz lutownicę o mniejszej mocy i dotknij jej końcem jednej z końcówek diody, mierząc jednocześnie upływający czas. Przygotowanie tego projektu pokazuje rysunek 3.67.

Mogę przyjąć, że utrzymasz ten kontakt przez całe trzy minuty bez spalania diody. Właśnie dlatego do lutowania delikatnych elementów elektronicznych używasz lutownicy o mocy 15 W — jej moc nie zagraża komponentom.

Zaczekaj, aż dioda ostygnie, a następnie przyłóż w to samo miejsce grot mocniejszej lutownicy. Zakładając, że jest ona w pełni rozgrzana, Twoja dioda powinna zgasnąć już po 10 sekundach (trzeba jednak pamiętać, iż niektóre diody wytrzymują wyższe temperatury niż inne). Ta reakcja wyjaśnia, dlaczego **nie używasz** lutownicy 30-watowej do lutowania delikatnych elementów elektronicznych.



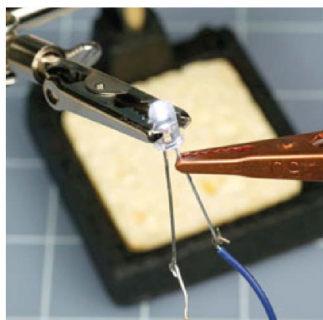
Rysunek 3.66. Łącząc końcówki diody i rezystora haczykami, minimalizujemy liczbę ścieżek, którymi ciepło może uciekać podczas kolejnego testu



Rysunek 3.67. Podgrzewanie przy użyciu lutownicy 15-watowej. Typowa dioda LED powinna wytrzymać takie traktowanie przez dwie lub trzy minuty, ale jeśli zamienisz lutownicę na 30-watową, dioda najprawdopodobniej spali się w ciągu mniej niż 15 sekund

Większa lutownica niekoniecznie musi osiągać większą temperaturę niż jej mniejszy odpowiednik. Ma ona jedynie większą zdolność do wydzielania ciepła. Innymi słowy, może z niej „wypłynąć” więcej ciepła w szybszym tempie.

Wyrzuci przepaloną diodę. W jej miejsce wstaw nową, podłączoną tak jak poprzednio, i dodatkowo przypnij do jej nóżki tuż pod obudową duży miedziany zacisk krokodylkowy. Pokazuje to rysunek 3.68. Dotknij nóżki diody lutownicą 30- lub 40-watową w miejscu **poniżej** zaciśniętego krokodylka. Teraz powinieneś utrzymać mocniejszą lutownicę w miejscu przez pełne dwie minuty bez uszkodzenia diody.



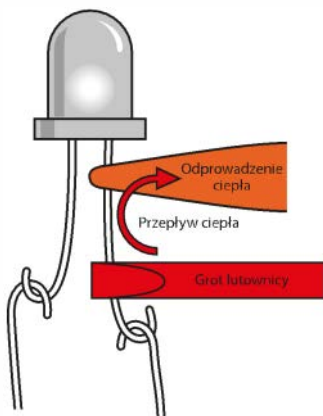
Rysunek 3.68. Po zastosowaniu miedzianego zacisku, działającego jako dodatkowy odbiornik ciepła, możesz dotknąć diody 30-watową lutownicą (poniżej zacisku), nie doprowadzając do jej uszkodzenia

Wyobraź sobie ciepło przepływające z końcówki grota Twojej lutownicy do wyprowadzenia diody. Ciepło to napotyka po drodze zacisk (rysunek 3.69), który stanowi coś w rodzaju pustego naczynia czekającego na napełnienie. Miedź stanowi o wiele mniejszą rezystancję dla ciepła w porównaniu z pozostałą częścią wyprowadzenia, stąd strumień gorąca wpływa do zacisku, pozostawiając diodę w stanie nienaruszonym. Jeśli pod koniec eksperymentu dotkniesz krokodylka, przekonasz się, że jest gorący, podczas gdy temperatura diody jest relatywnie mniejsza.

Zaciski krokodylkowe są znanymi odprowadzeniami ciepła. Powinny być wykonane z miedzi, ponieważ ta jest jednym z najlepszych przewodników ciepła.

Ponieważ 15-watowa lutownica nie wyrządziła krzywdy diodzie, mógłbyś przyjąć, że jest ona zupełnie bezpieczna i nie wymaga stosowania dodatkowych odprowadzeń ciepła. To może być prawda, ale nie musi. Nigdy do końca nie wiesz, czy dany półprzewodnik nie jest bardziej czuły na ciepło niż zwykła dioda LED. Ze względu na duże niezadowolenie, jakie niesie ze sobą palenie części elektronicznych, sugeruję, abyś zachowywał zawsze dużą ostrożność i stosował odprowadzenia w następujących okolicznościach:

- Kiedy używasz 15-watowej lutownicy niezwykle blisko półprzewodnika dłużej niż 20 sekund.
- Kiedy używasz 30-watowej lutownicy w pobliżu rezystorów i kondensatorów dłużej niż 10 sekund. (Nigdy nie używaj jej w pobliżu półprzewodników).
- Kiedy używasz 30-watowej lutownicy w pobliżu czegokolwiek, co może ulec stopieniu, przez dłużej niż 20 sekund. Do elementów łatwo topliwych zaliczyć można izolację na przewodach, łączniki plastikowe, a także plastikowe części wewnątrz przełączników.



Rysunek 3.69. Odprowadzenie ciepła przechwytuje i pochłania ciepło, chroniąc diodę przed uszkodzeniem

Zasady odprowadzania ciepła

1. Lepszy efekt dają duże zaciski aligatorzki wykonane z miedzi.
2. Przyczep zacisk jak najbliżej chronionego komponentu i jak najdalej od wykonywanego połączenia. (Twoim celem nie jest odprowadzenie ciepła ze złącza).
3. Upewnij się, że istnieje połączenie metal-metal pomiędzy zaciskiem krokodylkiem i przewodem, zapewniające dobry przepływ ciepła.

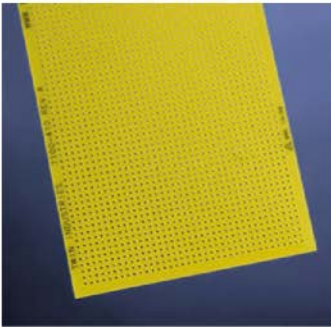
Wszystko o płytkach perforowanych

Od tego momentu za każdym razem, kiedy będziesz chciał stworzyć trwały, zlutowany układ, będziesz używał płytek perforowanych. Połączenia można wykonać na jeden z trzech sposobów:

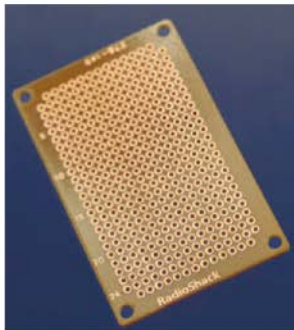
1. Połączenia między wybranymi punktami.

Używasz płytki perforowanej nieposiadającej połączeń między otworami. Płytkę nie posiada naniesionej miedzi od spodu, rysunek 3.70, lub metalizacja występuje jedynie wokół otworów, rysunek 3.71. Te okrągłe warstwy miedzi nie są ze sobą połączone i służą jedynie do ustabilizowania montowanych komponentów.

Połączenia między wybranymi punktami pozwalają rozmieścić części w dogodny, spójny sposób, odpowiadający położeniu komponentów na schemacie. Na spodniej części płytki zaginasz wyprowadzenia, aby połączyć je ze sobą. W miarę potrzeb dokładasz dodatkowe odcinki drutu. Zaletą tej metody jest niezwykle zwarte ułożenie elementów układu. Układ elementów może być jednak mylący i prowadzić do błędów.



Rysunek 3.70



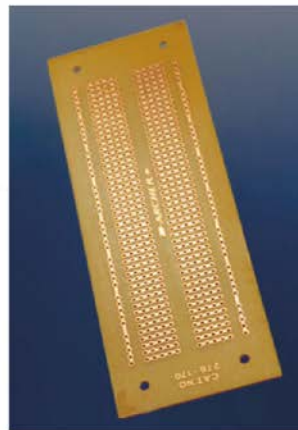
Rysunek 3.71. Stosując metodę połączeń między wybranymi punktami, podczas eksperymentu numer 14 można użyć tego typu płytki lub płytki pokazanej na rysunku 3.70

2. Połączenia zgodne z układem płytki prototypowej.

Użyj płytki perforowanej z ścieżkami miedzi nadrukowanymi według tego samego wzorca, jaki obowiązuje na płytce prototypowej. Kiedy układ zadziała na płytce prototypowej, przenieś komponenty po jednym na płytkę perforowaną, zachowując ich ułożenie względem siebie. Przyłutuj nóżki komponentów do miedzianych ścieżek, kończąc tym samym cały układ. Nadmiarowe przewody przytnij szczypcami. Zaletą tej procedury jest jej szybkość, brak konieczności planowania rozmieszczenia elementów i zminimalizowanie możliwości popełnienia błędów. Wadą natomiast jest duże marnotrawstwo miejsca. Przykładowa płytka dla tej metody pokazana została na rysunku 3.72.

3. Możesz wytrawić swoją własną płytkę drukowaną, z samodzielnie zaprojektowanymi ścieżkami miedzi prowadzonymi między wybranymi punktami lutowniczymi. Jest to najbardziej profesjonalna metoda wykonania gotowego układu elektronicznego, ale wymaga więcej czasu, poświęcenia i wyposażenia.

Połączenia między wybranymi punktami przypominają połączenia przy użyciu krokodylków, ale w dużo mniejszej skali. Właśnie tej metody użyjemy do naszego pierwszego projektu lutowanego.



Rysunek 3.72. Płytkę perforowaną wytrawioną w taki sposób, aby miedziane ścieżki odwzorowywały układ płytki prototypowej. Jest to przykład płytki, jakiej użyjemy podczas eksperymentu numer 15

Ekspertyment 14: Pulsujące światło

Potrzebne będą:

- płytka prototypowa,
- lutownica 15-watowa,
- cienka cyna (0,5 mm lub podobna),
- szczypce do cięcia i zdejmowania izolacji,
- płytka perforowana (nie musi posiadać naniesionej miedzi),
- małe imadło lub zacisk do zamocowania płytki,
- rezystory o różnych wartościach,
- kondensatory elektrolityczne 100 μF i 220 μF , po jednym z każdej wartości,
- czerwona dioda LED o średnicy 5 mm, pracująca w zakresie 2 V,
- programowalny tranzystor jednozłączowy typu 2N6027.

Twoim pierwszym układem wykorzystującym tranzystor jednozłączowy był wolny oscylator zapalający diodę LED mniej więcej dwa razy na sekundę. Błyski miały charakter „cyfrowy”, tzn. dioda zapalała się i gasła bez stopniowego przechodzenia pomiędzy tymi dwoma stanami. Zastanawiam się, czy jesteśmy w stanie zmodyfikować ten układ i sprawić, aby dioda pulsowała bardziej płynnie, w sposób przypominający diody w laptopach informujące o stanie uśpienia. Wyobrażam sobie, że tego typu element mógłby stanowić pewną formę biżuterii, pod warunkiem iż będzie dostatecznie mały i elegancki.

Myślę również, że ten pierwszy projekt lutowany posłuży trzem celom. Przetestuje i udoskonali Twoje umiejętności łączenia przewodów, nauczy Cię tworzenia połączeń między wybranymi punktami na płytce i umożliwi Ci poznanie sposobu wykorzystania kondensatorów do dostosowania zależności czasowych.

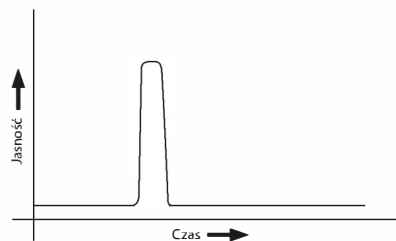
Przyjrzyj się oryginalnemu obwodowi z eksperymentu numer 11. Przypomnij sobie zasadę jego działania. Kondensator ładuje się przez rezystor do momentu, kiedy napięcie pokona wewnętrzną rezystancję tranzystora jednozłączowego. Wtedy kondensator rozładowuje się poprzez tranzystor, powodując świecenie diody.

Gdybyś narysował wykres światła wydobywającego się z diody, byłby to wąski kwadratowy impuls, taki jak widać na rysunku 3.73. Jak możemy poszerzyć go do postaci podobnej do przedstawionej na rysunku 3.74, tak aby dioda zapalała się i gasła łagodnie, w sposób przypominający bicie serca?

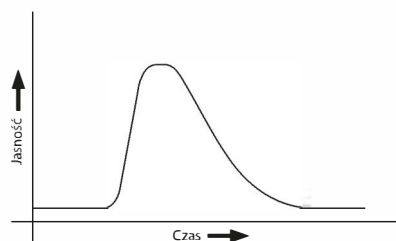
Jedna rzecz jest oczywista: w każdym cyklu dioda będzie emitować większą ilość światła. Dlatego będzie potrzebować więcej energii. Stąd wniosek, iż kondensator C1 na rysunku 3.75 musi mieć większą pojemność.

Większy kondensator wymaga dłuższego czasu ładowania. Aby doprowadzić do regularnych błysków, będziemy musieli obniżyć wartość rezystora R1. To zapewni dostatecznie szybkie ładowanie kondensatora. Dodatkowo zmniejszenie wartości rezystorów R2 i R3 przeprogramuje tranzystor na dłuższy cykl pracy.

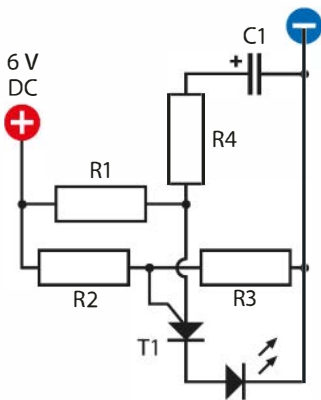
Co najważniejsze, chcę rozładować kondensator przez rezystor. W ten sposób gaśnięcie diody stanie się płynniejsze. Pamiętaj, że szeregowe połączenie kondensatora z rezystorem wpływa jednocześnie na czas ładowania i rozładowania.



Rysunek 3.73



Rysunek 3.74. Oryginalny oscylator na tranzystorze jednozłączowym w eksperymencie numer 11 powodował krótkie, gwałtowne błyski diody. Wykres przedstawiony na rysunku 3.73 pokazuje, co moglibyśmy zobaczyć, mierząc intensywność światła w czasie. Drugi wykres pokazuje łagodne zapalenie się diody, po którym następuje łagodne gaśnięcie. Do stworzenia tego efektu mogą posłużyć kondensatory



Rysunek 3.75. Pierwszym krokiem na drodze do stworzenia łagodnego pulsowania jest użycie większego kondensatora C1 i rozładowywanie go przez rezystor R4. Mniejsze wartości rezystorów są niezbędne do ładowania kondensatora dostatecznie szybko

- R1: 33 kΩ
- R2: 1 kΩ
- R3: 1 kΩ
- R4: 1 kΩ
- C1: 100 μF elektrolityczny
- T1: 2N6027

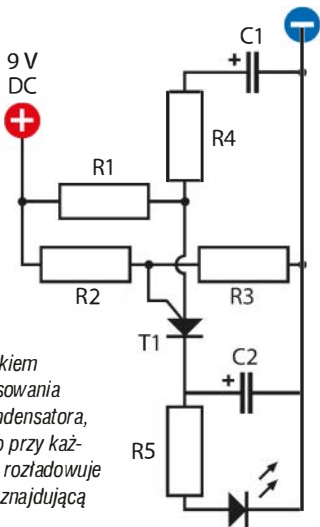
Wszystkie zmiany pokazuje rysunek 3.75. Porównaj go ze schematem na rysunku 2.103. Rezystor R1 ma teraz wartość 33 kΩ zamiast 470 kΩ. R2 i R3 zostały zredukowane do 1 kΩ. R4 ma teraz również wartość 1 kΩ, dzięki czemu rozładowanie kondensatora trwa dłużej. Pojemność kondensatora C1 wzrosła z 2,2 μF do 100 μF.

Złóż ten układ na płytce prototypowej i porównaj jego działanie z wstawionym rezystorem R4 do działania z tym rezystorem zwartym przez kawałek drutu. Widać, że wygładza odrobinę puls, ale możemy to jeszcze poprawić, dodając kolejny kondensator na wyjściu tranzystora. Będzie się on ładował podczas impulsu przepływającego przez tranzystor, a następnie powoli rozładowywał przez inny rezystor, dzięki czemu światło diody zgaśnie wolniej.

Taki układ pokazany został na rysunku 3.76. C2 ma dużą wartość — 220 μF — zatem ładuje się swobodnie impulsem pochodzącym z tranzystora, a następnie stopniowo rozładowuje przez 330-omowy rezystor R5 i diodę LED. Zauważysz, że dioda zachowuje się teraz inaczej. Zamiast zgasnąć, natychmiast powoli ciemnieje. Dotożone rezystory spowodowały jednak, iż jej jasność zmalała. Żeby odwrócić ten efekt, powinieneś zwiększyć napięcie zasilania z 6 do 9 wolt.

Pamiętaj, że kondensator wymusi efekt wygładzania jedynie, gdy jego jedna strona będzie miała kontakt z ujemnym źródłem zasilania. Obecność ujemnego ładunku na jednej z okładzin kondensatora przyciągnie pozytywny impuls z drugiej strony.

Lubię ten efekt bicia serca. Jestem sobie w stanie wyobrazić biżuterię pulsującą w taki zmysłowy sposób, zupełnie odmienny od surowego oscylatora zmieniającego stan w sposób stanowczy i natychmiastowy. Pozostaje jedynie pytanie, czy uda nam się upakować komponenty do tak małego rozmiaru, aby możliwe było stworzenie biżuterii.



Rysunek 3.76. Drugim krokiem w kierunku łagodnego pulsowania jest dodanie kolejnego kondensatora, C2, który ładuje się szybko przy każdym impulsie, a następnie rozładowuje powoli przez rezystor R5 i znajdującą się niżej diodę LED

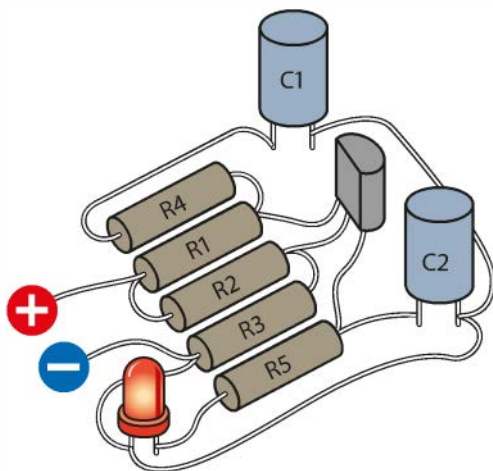
- Komponenty o takich samych wartościach jak poprzednio plus:
- R5: 330 Ω
 - C2: 220 μF elektrolityczny
- Zwiększenie zasilania do 9 V



Rysunek 3.77. W ciemną noc poza miastem pulsujące światelko może przyciągnąć nieoczekiwanych gości

Miniaturyzacja

Należy zacząć od spojrzenia na fizyczne komponenty i wyobrażenia sobie, w jaki sposób można upakować je w małej przestrzeni. Trójwymiarową wizualizację takiego pomysłu przedstawia rysunek 3.78. Przyjrzyj się dokładnie i prześledź wszystkie ścieżki w obwodzie, a przekonasz się, że układ połączeń jest dokładnie taki sam, jak na schemacie. Problem polega na tym, że jeśli zlutowujemy je w takiej formie, nie będą się one trzymać zbyt dobrze. Wszystkie druciki będą się z łatwością wyginać, a zamontowanie obwodu w czymś lub na czymś okaże się niemożliwe.



Rysunek 3.78. Ten układ komponentów odwzorowuje połączenia na schemacie i jednocześnie upakuje całość w minimalnej przestrzeni

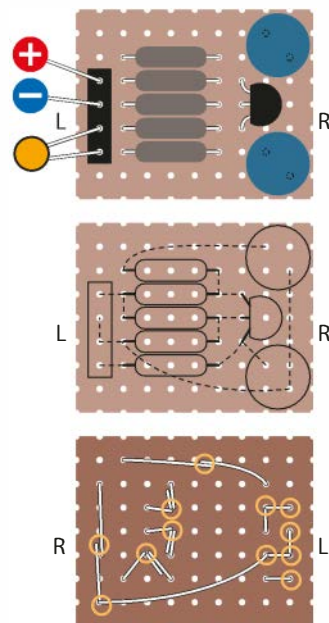
Odpowiedzią jest umieszczenie elementów na substracie, czyli zwykłej płytce perforowanej, dla której elektroniky wymyślili nowy termin o bardziej technicznym brzmieniu. Potrzebujemy zatem płytki z otworami. Rysunek 3.79 pokazuje te same komponenty przeniesione na płytkę o rozmiarach 2,5 na 2,0 cm.

Wersja w środku rysunku pokazuje przerywanymi liniami, w jaki sposób komponenty zostaną połączone ze sobą na spodzie płytki. Do wykonania połączeń w większości wypadków wystarczą same wyprowadzenia części elektronicznych.

Część rysunku na samym dole pokazuje tę samą płytkę odwróconą z lewej strony na prawą (przypominają o tym litery R i L pokazane po przeciwnych stronach oraz ciemniejszy kolor symbolizujący spód płytki). Miejsca, gdzie należy wykonać połączenia lutowane, zaznaczone zostały pomarańczowymi kółkami.

Dioda nie powinna być na stałe przytwierdzona do płytki, ponieważ możemy zechcieć uruchomić ją w pewnej odległości od samego obwodu. Podobnie sprawa ma się ze źródłem zasilania. Na szczęście, możemy zakupić małe złącza, pasujące do rzędstawu otworów w płytce. Znajdziesz je w dużych sklepach, takich jak www.mouser.com. Niektórzy producenci nazywają je gniazdami i wtykami jednorzędowymi, podczas gdy inni określają je mianem gniazd montowanych powierzchniowo i taśm wielopinowych. Więcej informacji na ten temat znajdziesz, wracając do rysunku 3.29 i samej listy zakupów.

Jest to bardzo zwarty projekt, który będzie wymagał od Ciebie uważnego posługiwania się lutownicą o małej mocy. Ponieważ fragment płytki perforowanej jest bardzo mały, będzie miał tendencję do „uciekania spod narzędzi”, dlatego sugeruję przytrzymanie go miniaturowym imadłem na jednym z jego końców. W ten sposób płytka zostanie unieruchomiona, ale jednocześnie z dużą łatwością będziesz nią manipulować.



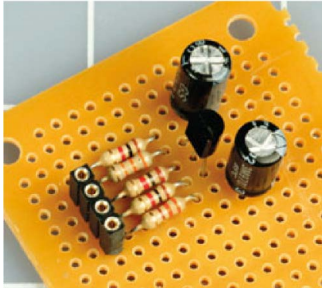
Rysunek 3.79. Do podtrzymania elementów elektronicznych może zostać użyta płytka perforowana. Końcówki komponentów są łączone przez lutowanie na spodniej części płytki, tworząc w ten sposób pożądaną układ połączeń. Środkowa część rysunku pokazuje przewody pod spodem płytki jako przerywane linie. Dolna część rysunku pokazuje płytkę od spodu, po przewróceniu lewej strony na prawą. Pomarańczowe kółka pokazują miejsca lutowania połączeń

Kiedy pracuję nad tego typu projektem, kładę go (razem z obciążnikiem w postaci miniaturowego imadła) na miękkiej piance poliuretanowej, jakiej używa się do tapicerowania krzesel. Pianka zabezpiecza komponenty przed uszkodzeniem, kiedy płytką jest odwrócona do góry nogami, i dodatkowo przeciwdziała jej przesuwaniu podczas pracy.

Krok po kroku

Oto szczegółowa procedura wykonania tego układu:

1. Wytnij mały kawałek z dużej płytki perforowanej pozbawionej ścieżek miedzianych. Do tego celu możesz użyć miniaturowej piły lub jeśli będziesz dostatecznie ostrożny, złamać ją wzdłuż linii otworów. Ewentualnie użyj odpowiednio przyciętej małej płytki z metalizacjami wokół otworów, które nie są ze sobą połączone. W tym projekcie nie będziesz używał miedzi naniesionej wokół otworów. (Tworzeniem połączeń między komponentami a ścieżkami miedzianymi na płytce zajmiesz się w następnym eksperymencie).



Rysunek 3.80. Komponenty zamontowane na kawałku płytki perforowanej



Rysunek 3.81. Złożony układ widziany od spodu. Miedziane metalizacje wokół otworów nie są wymagane w tym projekcie. Do niektórych przylgnęły połączenia, ale nie ma to większego znaczenia, o ile tylko nie powstały przypadkowe zwarcia

2. Zbierz wszystkie komponenty i delikatnie wstaw je w otwory. Zliczaj otwory, aby upewnić się, iż dana część trafiła w odpowiednie miejsce. Odwróć płytkę i pozaginaj przewody komponentów, mocując je w ten sposób w płytce i tworząc połączenia zgodnie z pokazanym wcześniej rysunkiem. Jeżeli któreś z wyprowadzeń jest zbyt krótkie, będziesz musiał uzupełnić je dodatkowym kawałkiem drutu 0,5 mm². Ponieważ połączenia wykonujesz na kawałku izolatora, możesz całkowicie zdjąć z niego izolację.
3. Przytnij wyprowadzenia do odpowiedniej długości, używając szczypiec z ostrzem.
4. Wykonaj połączenia lutowane przy użyciu lutownicy o mniejszej mocy. Zauważ, że w tym projekcie łączysz ze sobą jedynie przewody. Komponenty są tak blisko siebie, iż same uniemożliwią swoim sąsiadom zbytne przemieszczanie. Jeżeli używasz płytki z metalizowanymi otworami (tak jak ja to zrobiłem) i przylutowałeś do nich pewne połączenia, nie będzie z tym problemu, o ile tylko połączenie nie rozlało się na sąsiednie komponenty, doprowadzając do zwarcia.
5. Sprawdź każde połączenie przy użyciu szkła powiększającego i przetestuj je szczypcami o szpiczastych końcach. Jeżeli w złączeniu jest zbyt mało cyny, aby utworzyć solidne połączenie, podgrzej je jeszcze raz i uzupełnij materiał. Jeśli cyna utworzyła połączenie, którego nie powinno być, wytnij przerwę nożem, separując na nowo obie części układu.

Ja wkładam przeważnie trzy lub cztery komponenty, przycinam wstępnie wyprowadzenia, lutuję połączenia, przycinam wyprowadzenia do ostatecznej długości, a następnie robię krótką przerwę, aby sprawdzić jakość połączeń i ich rozmieszczenie. Łącząc zbyt wiele komponentów jeden po drugim, zmniejszam szansę zauważenia złego połączenia, a wymontowanie komponentu, kiedy wokół są już inne części i przewody, staje się problematyczne.

Rysunki 3.80 i 3.81 pokazują moją wersję skonstruowanego obwodu przed przycięciem wyprowadzeń do rozmiarów minimalnych.



Fruwające przewody

Szczyki szczypiec tnących przewody wytwarzają sporą siłę, której wartość dochodzi do pewnej granicy, a następnie gwałtownie spada, gdy drut zostanie ostatecznie przecięty. Ta siła może zostać przełożona w gwałtowny ruch fragmentu przewodu. Miękkie przewody nie stanowią ryzyka, ale twardsze mogą poszybować z dużą prędkością w zupełnie nieprzewidywalnym kierunku, trafiając Twoje oko. Szczególnie niebezpieczne pod tym względem są wyprowadzenia tranzystorów.

Myślę, że dobrym pomysłem podczas przycinania przewodów jest założenie okularów ochronnych.

Zakończenie prac

Zawsze używam intensywnego oświetlenia. To nie luksus, ale konieczność. Jeżeli nie masz lampki na biurku, kup jakąś taniej. Ja używam świetlówki, ponieważ ułatwia mi ona odczytywanie kolorów kodów paskowych rezystorów. Zwracam uwagę, iż lampa fluorescencyjna tego typu emituje całkiem sporo światła ultrafioletowego, które szkodzi soczewkom Twoich oczu. Unikaj patrzenia bezpośrednio w to światło z bliskiej odległości. Jeśli nosisz okulary, stanowią one dodatkową warstwę ochronną.

Niezależnie od tego, jak dobrze widzisz z bliska, musisz dokładnie sprawdzić każde połączenie, używając do tego szklą powiększającego. Będziesz zdziwiony, jak niedoskonałe mogą być niektóre z Twoich połączeń. Przytrzymaj szklą powiększające blisko oka, następnie weź do ręki przedmiot, który chcesz analizować, i przybliżaj je aż do momentu, kiedy uzyskasz ostrość.

W końcu powinieneś dojść do działającego obwodu. Możesz wstawić przewody zasilające do dwóch miniaturowych gniazd oraz diodę do dwóch pozostałych. Pamiętaj, że dwa środkowe gniazda są ujemne, a dwa skrajne dodatnie. Takie ułożenie było prostsze w realizacji. W celu uniknięcia pomyłki możesz oznaczyć je kolorowymi pisakami.

Masz zatem mały układ, który pulsuje podobnie do bicia serca. Chyba że się nie udało. Jeżeli masz problem z uruchomieniem, prześledź każde połączenie i porównaj je ze schematem. Jeśli nie znalazłeś błędu, podłącz zasilanie, podepnij czarną końcówkę miernika do ujemnej części układu, a czerwoną końcówką sprawdź obecność napięcia w poszczególnych punktach układu. Każda część tego obwodu powinna wykazywać przynajmniej minimalne napięcie podczas swojej pracy. Jeśli w którymś miejscu nie ma napięcia, być może przyczyną jest złe połączenie lutowane lub jego całkowity brak.

Po sprawdzeniu i uzupełnieniu braków sytuacja powinna wyglądać lepiej. Jeśli się udało, możesz na chwilę porzucić swoją rolę elektronika hobbysty i zamienić się w artystę rzemieślnika. Spróbuj wymyślić, jak zamienić Twój twór na coś, co nadaje się do noszenia.

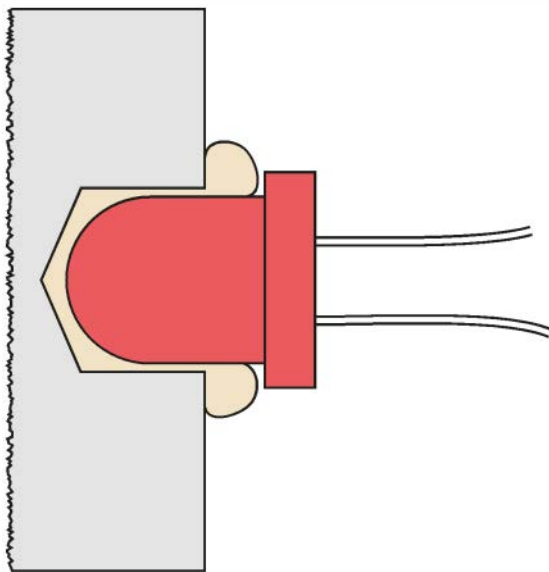
W pierwszej kolejności należy rozwiązać problem zasilania. Ze względu na zastosowane komponenty potrzebujemy 9 woltów. Jak przekształcić ten 9-woltowy obwód w kawałek biżuterii, skoro 9-woltowa bateria jest całkiem spora?

Potrafię wyobrazić sobie trzy odpowiedzi:

1. Możesz umieścić baterię w kieszeni, a migającą diodę na jej zewnętrznej stronie, z małymi przewodami przechodzącymi przez materiał. Miniaturowe gniazda zasilające pozwolą wetknąć w siebie przewody z drutu 0,5 mm² pod warunkiem, że nie jest to linka, a jeśli tak, powlekłeś ją cyną.
2. Mógłbyś zamontować baterię pod czapką z daszkiem, a diodę wyprowadzić na zewnątrz.
3. Możesz złożyć razem trzy 3-woltowe baterie o kształcie guzika, zaciskając je w jakimś plastikowym uchwycie. Jeśli zdecydujesz się na tę opcję, nie próbuj lutować przewodów do baterii. Podgrzejesz mocno płyn wewnątrz baterii, co raczej nie będzie dobre dla nich, a także dla Ciebie, jeśli bateria zagotuje się i zostanie rozerwana. Inny problem to słaba zdolność przylegania cyny do metalowych wyprowadzeń baterii.

Większość diod LED wytwarza ostry słup światła. W celu uzyskania lepszego efektu możesz spróbować go rozmyć. Jednym ze sposobów na osiągnięcie takiego efektu jest użycie przezroczystego kawałka szkła akrylowego (czyli tzw. pleksiglasu) o grubości minimum 0,6 mm. Patrz rysunek 3.82. Użyj papieru ściernego, aby zmatowić frontową część szybki. Idealnie byłoby użyć szlifierki oscylacyjnej, która nie doprowadzi do powstania jednolitego wzoru na zmatowanej powierzchni. Szlifowanie sprawi, iż pleksiglas straci przezroczystość i światło będzie jedynie prześwitywać.

Wywierć otwór minimalnie większy od samej diody z drugiej strony szybki. Nie przewiercaj otworu na wylot. Usuń ze środka wszelkie zanieczyszczenia, wdmuchując do środka odrobinę sprężonego powietrza lub płukając, jeśli nie posiadasz kompresora. Po całkowitym wyschnięciu zagłębienia weź odrobinę przezroczystego silikonu lub szybko schnącego kleju bezbarwnego i umieść kroplę wewnątrz zagłębienia. Następnie wstaw do środka diodę, naciskając ją lekko tak, aby zmusić klej lub silikon do rozproszenia się wokół niej i stworzenia trwałego mocowania. Patrz rysunek 3.82.



Rysunek 3.82. Przekrój poprzeczny pokazuje kawałek przezroczystego szkła akrylowego, w którym wywiercono zagłębienie. Ponieważ wiercenie tworzy otwór o kształcie stożkowym, a kontury diody są zaokrąglone, powstaje pusta przestrzeń, w której zmieści się odrobina bezbarwnego silikonu lub kleju (przed wstawieniem diody)

Spróbuj oświetlić diodę; jeśli zajdzie taka potrzeba, możesz jeszcze bardziej zmatowić szkło. Zdecyduj, czy chcesz zamontować swój układ z tyłu szkiełka, czy też doprowadzisz przewody z innego miejsca.

Ponieważ dioda będzie migać mniej więcej z częstotliwością bicia ludzkiego serca w stanie spoczynku, możesz uzyskać wrażenie pomiaru własnego pulsu, zwłaszcza jeśli zamontujesz diodę na środku swojej klatki piersiowej lub wokół nadgarstka. Możesz udawać przed innymi, że jesteś w tak niezwykle dobrej formie, że Twój puls nie zmienia się, nawet jeśli wykonujesz ekstremalne ćwiczenia.

Do efektywnego opakowania całości możesz posłużyć się dowolną techniką, poczynając od zalania całości klejem epoksydowym po wyszukanie gustownej szkatułki. Rozwiązanie tego problemu pozostawiam Tobie, ponieważ ta książka dotyczy elektroniki, a nie sztuki zdobniczej.

Nie omieszkać jednak wspomnieć o ostatnim już problemie: jak długo działać będzie nasz gadżet?

Jeżeli przeczytasz poniższą sekcję „Wiedza niezbędna. Czas życia baterii”, przekonasz się, że zwykła 9-woltowa alkaliczna bateria powinna wystarczyć na 50 godzin pracy układu.

WIEDZA NIEZBĘDNA

Czas życia baterii

Za każdym razem, kiedy skończysz budować układ zasilany baterią, będziesz chciał obliczyć, jak długo będzie on w stanie działać bez konieczności jej wymiany. Można to łatwo sprawdzić, ponieważ producenci określają czas pracy swoich baterii w tzw. amperogodzinach. Pamiętaj:

- Amperogodziny są reprezentowane przez skrót Ah. Miliamperogodziny są opisywane skrótem mAh.
- Czas życia w amperogodzinach odpowiada prądowi wyrażonemu w amperach i przemnożonemu przez liczbę godzin, w trakcie których bateria będzie w stanie wydawać z siebie taki prąd.

Stąd, w teorii, jedna amperogodzina może oznaczać 1 amper przez jedną godzinę lub 0,1 ampera przez 10 godzin, lub 0,01 ampera przez 100 godzin itd. Rzeczywistość nie jest jednak taka prosta, ponieważ związki chemiczne w baterii ulegają szybszemu wyczerpaniu, jeśli generowany jest prąd o dużym natężeniu, zwłaszcza jeśli bateria ulega rozgrzaniu. Nie możesz przekraczać limitów narzuconych dla danej baterii.

Dla przykładu, jeśli mała bateria jest oznaczona wartością 0,5 Ah, nie możesz oczekiwać, iż wyciągniesz z niej 30 A w ciągu jednej minuty, ale powinno udać się wyciągnąć 0,005 A (5 miliamperów) przez 100 godzin. Pamiętaj jednak, że napięcie baterii będzie większe od znamionowego, kiedy ta jest świeża, i będzie powoli spadać poniżej tej wartości wraz z dostarczeniem przez nią energii.

Oto kilka liczb dla typowych baterii, zgodnie z danymi, którym ufam (uważam, że są bardziej realistyczne od tych podawanych przez producentów baterii):

- Typowa 9-woltowa bateria alkaliczna: 0,3 Ah przy prądzie 100 mA.
- Typowa 1,5-woltowa bateria alkaliczna rozmiaru AA: 2,2 Ah przy prądzie 100 mA.
- Bateria wielokrotnego użytku NiMH (niklowo-metalowo-wodorkowa): wytrzymuje mniej więcej dwa razy tyle, co bateria alkaliczna tego samego rozmiaru.
- Bateria litowa: wytrzymuje być może trzy razy tyle, co zwykła bateria alkaliczna.

Niespójność jednostek

Do opisywania wymiarów wykorzystywany jest w tej książce głównie system metryczny, ale czasami pojawiają się w tekście także cale. Nie wynika to z braku spójności po mojej stronie, lecz odzwierciedla stan całego przemysłu elektronicznego, w którym milimetry i cale mieszają się ze sobą w codziennej praktyce, często nawet na stronach tej samej karty katalogowej.

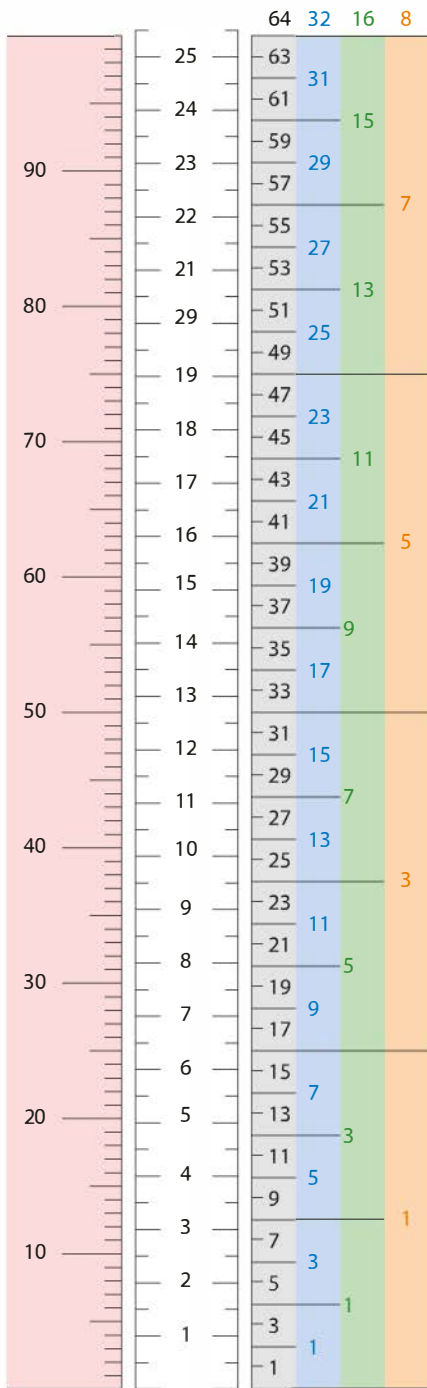
Jedynym większym krajem używającym nadal starego systemu jednostek, mającego swoje korzenie w Anglii, są Stany Zjednoczone. (Dwa pozostałe, według opracowania *The World Factbook* przygotowanego przez CIA, to Liberia i Birma). Nie przeszkodziło to jednak USA w dokonaniu dużego postępu w elektronice, włączając w to wynalezienie układów scalonych, których rozstaw nóżek wynosi 0,1 cala (2,54 mm). Standardy tego typu zostały powszechnie zaakceptowane i trzymają się dzielnie bez oznak zmiany kierunku.

Jeszcze bardziej komplikuje wszystko fakt, iż nawet w samych Stanach Zjednoczonych można natknąć się na dwa różne systemy liczenia dziesiętnych części cala. Na przykład rozmiary wiertel są podawane w wielokrotnościach 1/64 cala, podczas gdy grubość materiału może być wyrażona dziesiętnie, na przykład 0,06 cala (czyli w przybliżeniu 1/16 cala).

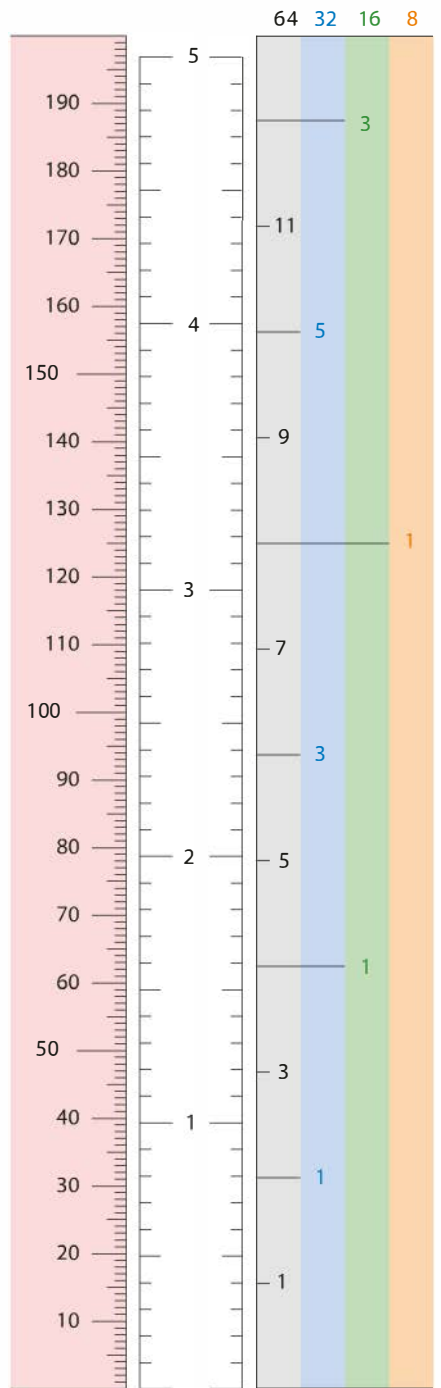
Nie można również powiedzieć, aby system metryczny był bardziej racjonalny od tego stosowanego w Stanach Zjednoczonych. Kiedy w roku 1875 system metryczny został formalnie wprowadzony w życie, metr był zdefiniowany jako jedna dziesięciomilionowa odległości pomiędzy biegunem północnym a równikiem, mierzonej wzdłuż południka przebiegającego przez Paryż (zaiste, typowa francuska zarozumiałość). Od tego czasu jednostka ta została trzykrotnie przedefiniowana w celu osiągnięcia większej dokładności wymaganej przez postępującą do przodu naukę.

Co do użyteczności systemu dziesiętnego, przesuwanie miejsca dziesiętnego jest oczywiście zdecydowanie prostsze w porównaniu do obliczeń na sześćdziesiątych czwartych częściach cala, ale jedynym powodem używania przez nas dziesiątek jest tak naprawdę liczba palców u rąk. Bardziej wygodny mógłby być system o podstawie 12, w którym liczby dzielą się bez reszty przez 2 i 3.

Ponieważ nie ma ucieczki od kapryśnych aspektów pomiaru odległości, stworzyłem tabele (rysunki 3.83 i 3.84), które powinny pomóc w przechodzeniu z jednego systemu na drugi. Z nich dowiesz się, że otwór pod diodę 5 mm można wywiercić wiertłem 3/16 cala. (Faktyczny otwór będzie trochę mniejszy niż 5 mm, ale dzięki temu dioda będzie się lepiej trzymała).

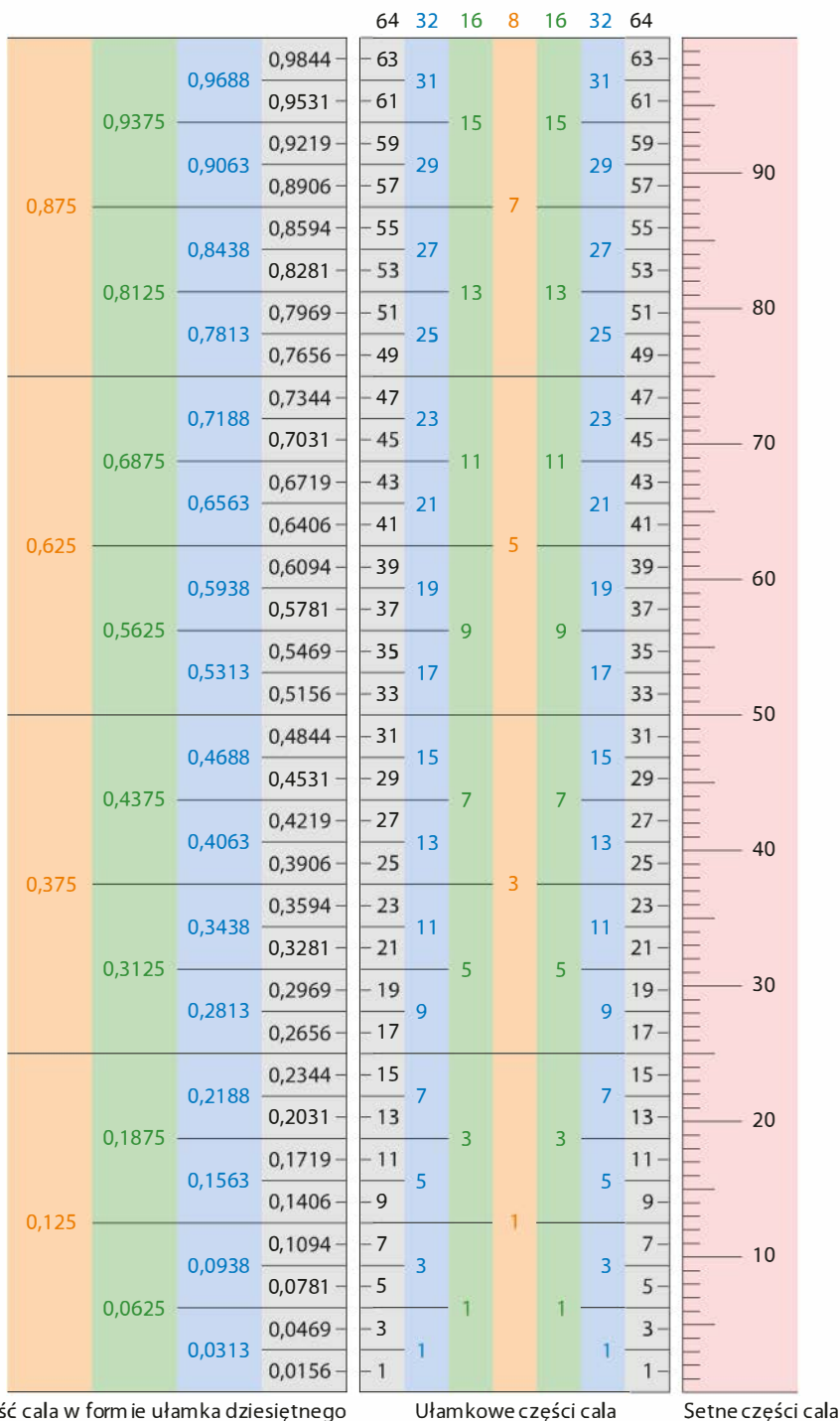


Setne części cala Milimetry Części ułamkowe cala



Tysięczne części cala Milimetry Części ułamkowe cala

Rysunek 3.83. Ponieważ jednostki miary odległości nie są ustandaryzowane w elektronice, często wymagana jest konwersja. Tabela po prawej stronie stanowi pięciokrotne powiększenie dolnej sekcji tabeli z lewej strony



a część cała w formie ułamka dziesiętnego

Ułamkowe części cała

Setne części cała

Rysunek 3.84. Ta tabela umożliwia konwersję częściami wyrażonymi jako ułamki dziesiętne, tradycyjnymi częściami ułamkowymi cała wyrażonymi jako ułamki proste i setnymi częściami cała

Eksperyment 15: Powrót do alarmu antywłamaniowego

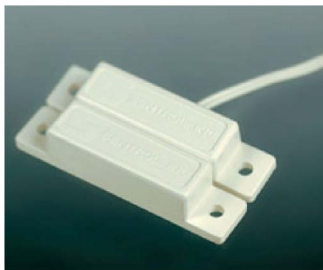
Nadeszła pora, aby wprowadzić pewne ulepszenia do alarmu antywłamaniowego, o którym mówiłem pod koniec eksperymentu numer 11. Pokażę Ci, jak uruchomiony może zostać alarm, kiedy w oknach i drzwiach swojego domu zamontujesz różne czujniki. Przedstawię również układ pozwalający alarmowi na samodzielne uzbrojenie się i kontynuowanie swojego działania (alarmowania dźwiękiem), nawet jeśli drzwi lub okno zostaną z powrotem zamknięte.

Ten eksperyment zademonstruje również metodę przenoszenia projektu z płytki prototypowej na kawałek płytki perforowanej posiadającej miedziane ścieżki o identycznym układzie połączeń, tak jak zostało to pokazane wcześniej na rysunku 3.72. Gotowy projekt zamontujesz w obudowie z przełącznikami i podłączeniami na frontowym panelu.

Pod koniec tego eksperymentu osiągniesz poziom umożliwiający budowanie układów elektronicznych na masową skalę. W pozostałej części książki będę stopniowo zmniejszał szczegółowość wyjaśnień, natomiast tempo nauki będzie stopniowo wzrastać.

Potrzebne będą:

- lutownica o mocy 15 wat lub podobnej,
- cienka cyna lutownicza (0,5 mm lub podobna),
- szczypcy do cięcia i zdejmowania izolacji,
- płytka perforowana pokryta miedzią, o układzie połączeń podobnym do stosowanego w płytce prototypowej,
- małe imadło lub zacisk do unieruchomienia płytki perforowanej,
- te same komponenty, których używałeś podczas eksperymentu numer 11, plus:
 - tranzystor NPN 2N2222, liczba 1,
 - przekaźnik DPDT, liczba 1,
 - przełącznik SPDT, liczba 1,
 - dioda 1N4001, liczba 1,
 - diody świecące 5 mm, po jednej z każdego koloru,
 - obudowa 15×7×5 cm,
 - wtyk zasilający typu jack i pasujące do niego gniazdo,
 - złączki do druku,
 - drut 0,5 mm² w trzech różnych kolorach,
 - czujniki magnetyczne, nadające się do użycia w domu,
 - okablowanie alarmowe, przeznaczone do Twojego domu.



Przełączniki magnetyczne

Typowy czujnik alarmowy składa się z dwóch modułów: modułu magnesu i modułu przełącznika. Patrz rysunki 3.85 i 3.86. Moduł magnesu zawiera jedynie magnes trwały i nic więcej. Przełącznik zawiera kontaktron, który (podobnie do przekaźnika) tworzy lub przerywa połączenie pod wpływem pola magnetycznego. Kiedy zbliżysz moduł magnetyczny w pobliżu modułu przełącznika, usłyszysz gluche kliknięcie oznaczające przejście z jednego stanu w drugi.

Podobnie jak inne przełączniki, kontaktron może być normalnie otwarty lub normalnie zamknięty. Do tego projektu będziesz potrzebował przełącznika normalnie otwartego i zamykanego pod wpływem zbliżenia modułu magnetycznego.

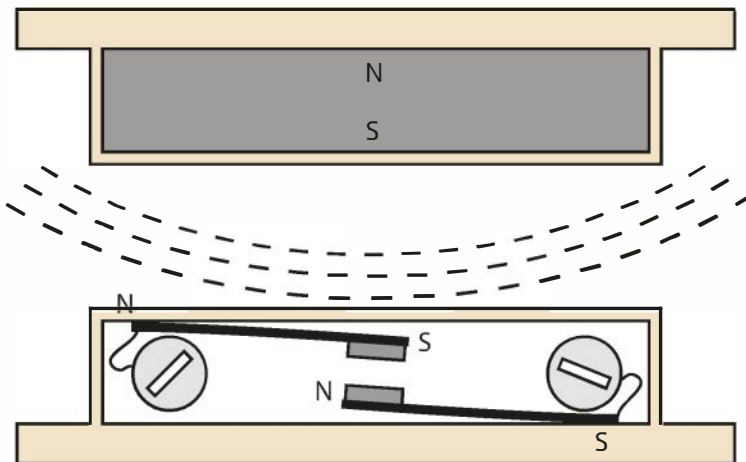
Moduł magnetyczny zamocuj do ruchomej części drzwi lub okna, natomiast przełącznik do ramy. Po zamknięciu okna lub drzwi moduł magnetyczny powinien niemal dotykać modułu przełącznika. Magnes powoduje utrzymanie przełącznika w stanie zamkniętym do momentu, kiedy drzwi lub okno zostaną otwarte. Wtedy przełącznik otwiera się.

Rysunek 3.85. W tym prostym czujniku alarmowym dolny moduł zawiera magnes, który otwiera lub zamyka przełącznik kontaktronowy ukryty w module górnym

Pytanie brzmi, jak wykorzystamy ten komponent do budowy naszego alarmu. Kiedy przez wszystkie nasze przełączniki płynie niewielki prąd, alarm powinien pozostawać w stanie czuwania, ale kiedy prąd ustanie, alarm powinien zacząć „wyc”.

Moglibyśmy użyć przekaźnika „zawsze włączonego” dla uzbrojonego stanu alarmu. Przerwanie obwodu spowodowałoby przejście styków przekaźnika w stan spoczynku i zamknięcie drugiej pary, która zasilaby układ generujący dźwięk.

Ten pomysł jest jednak niedobry. Przełączniki pobierają znaczną moc i mogą się nagrzewać. Większość z nich nie została zaprojektowana do utrzymywania w ciągłym stanie włączenia. Znacznie lepsze będzie zrealizowanie tej funkcji przy pomocy tranzystora.



Rysunek 3.86. Przekrój czujnika alarmowego, pokazujący przełącznik kontaktronowy (u dołu) i aktywujący go magnes (u góry). Przełącznik zawiera dwa giętkie, namagnetyzowane paski, górny o biegunie południowym i dolny o biegunie północnym, oba połączone z kontaktami elektrycznymi. Kiedy dodatni biegun magnesu zbliża się do przełącznika, siła pola magnetycznego (pokazana przerywanymi liniami) odpycha południowy styk i przyciąga północny, powodując ich zetknięcie. Kontakty wewnątrz obudowy są połączone ze śrubami widocznymi z zewnątrz

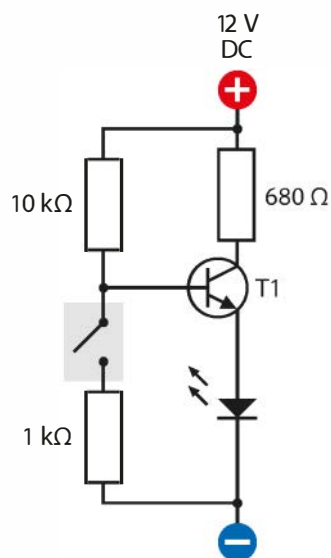
Przerwa na wykonanie obwodu tranzystorowego

Przypomnij sobie zasadę działania tranzystora NPN. Kiedy baza nie ma dostatecznie wysokiego potencjału, tranzystor blokuje przepływ prądu pomiędzy kolektorem i emiterem, ale kiedy potencjał taki zostanie osiągnięty, prąd zaczyna płynąć.

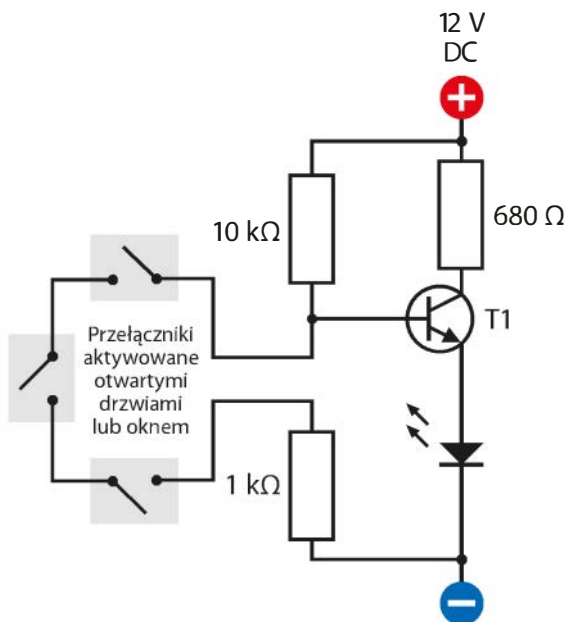
Przjrzyj się schematowi na rysunku 3.87, który został zbudowany wokół naszego starego przyjaciela — tranzystora NPN typu 2N2222. Zamknięty przełącznik powoduje połączenie bazy tranzystora z ujemnym napięciem poprzez rezystor $1\text{ k}\Omega$. Jednocześnie baza jest połączona z dodatnim źródłem zasilania przez tranzystor $10\text{ k}\Omega$. Ze względu na różnicę w rezystancjach oraz względnie duże napięcie pracy diody następuje wymuszenie spadku napięcia na bazie poniżej jej progu zadziałania i ograniczenie przepływu prądu. Dioda będzie w najlepszym przypadku świecić przyciemnionym światłem.

Co się dzieje, kiedy przełącznik jest otwarty? Baza tranzystora traci kontakt z ujemnym biegunem zasilania i ma dostęp jedynie do bieguna dodatniego. Jej potencjał rośnie wysoko w górę, powyżej poziomu włączenia tranzystora, co oznacza obniżenie jego rezystancji wewnętrznej i przepuszczenie większej ilości prądu. Dioda świeci jasnym światłem. Wyłączenie przełącznika powoduje zatem ponowne włączenie diody.

Obserwowane zachowanie wydaje się być tym, czego potrzebujemy. Wyobraź sobie teraz cały zestaw takich przełączników zamiast jednego (rysunek 3.88). Obwód będzie nadal pracował w taki sam sposób, nawet jeśli przełączniki zostaną rozrzucone po całym domu, ponieważ rezystancja przewodów łączących je ze sobą będzie pomijalna w porównaniu do rezystancji 1-kiloomowego rezystora.



Rysunek 3.87. Kiedy przełącznik jest otwarty na tym schemacie demonstracyjnym, odcina bazę tranzystora od ujemnego napięcia, powodując obniżenie jego rezystancji wewnętrznej i przepływ prądu przez diodę LED. Zatem otwarcie (wyłączenie) przełącznika powoduje włączenie diody

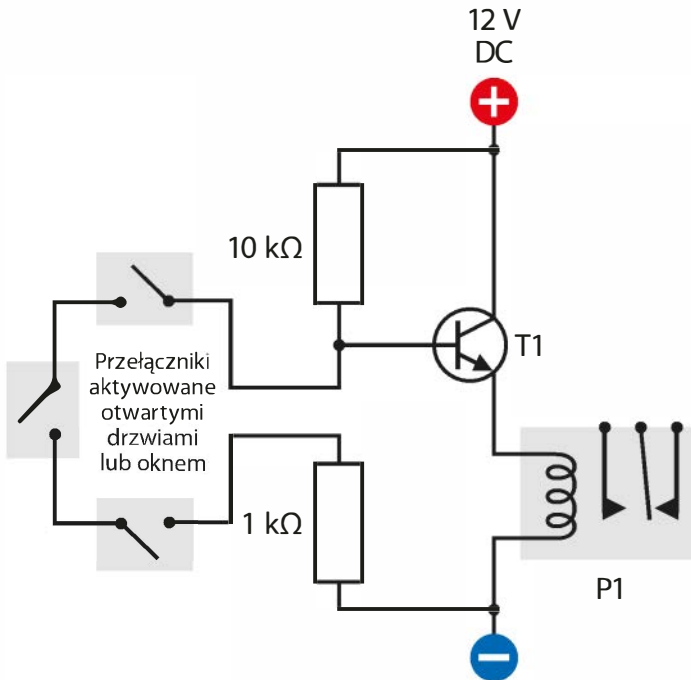


Rysunek 3.88. Pojedynczy przełącznik z rysunku 3.87 można zastąpić kilkoma połączonymi szeregowo. Teraz każdy przełącznik spowoduje przerwanie ciągłości i zmianę punktu pracy tranzystora

Pokazałem przełączniki w stanie otwartym, ponieważ w taki sposób są one rysowane na schematach, ale wyobraź je sobie w stanie zamkniętym. Baza tranzystora jest teraz zasilana przez długi przewód łączący wszystkie zamknięte przełączniki, a dioda jest zgaszona. Teraz, kiedy dowolny z przełączników zostanie otwarty lub ktoś zacznie majstrować przy przewodzie, doprowadzając do jego przerwania, baza tranzystora utraci swoje połączenie z ujemnym biegunem zasilania, tranzystor zacznie przewodzić i dioda się zaświeci.

Kiedy przełączniki pozostają zamknięte, obwód pobiera bardzo mały prąd, rzędu 1,1 mA. Mógłbyś zatem zasiląć go z typowej 12-woltowej baterii.

Załóżmy teraz, że usuniemy z obwodu diodę LED i w jej miejsce wstawimy przekaźnik, tak jak pokazuje to rysunek 3.89. Użycie przekaźnika w tym miejscu nie jest groźne, ponieważ nie będzie on działał w stanie „zawsze włączonym”. Przez większość czasu będzie pozostawał wyłączony. Zacznie pobierać prąd dopiero, kiedy zadziała alarm.



Rysunek 3.89. Jeśli dioda LED i rezystor $680\ \Omega$ z rysunku 3.88 zostaną zastąpione przekaźnikiem, ten będzie aktywowany otwarciem któregośkolwiek z przełączników w sieci czujników

Wypróbuj jeden z przekaźników 12-woltowych używanych podczas wcześniejszych eksperymentów. Przekonasz się, że kiedy przełącznik zostanie otwarty, przekaźnik zostanie zasilony. Po zamknięciu przełącznika przekaźnik przejdzie ponownie w stan spoczynku. Zauważ, że usunąłem z obwodu rezystor $680\ \Omega$ — przekaźnik nie potrzebuje żadnej ochrony ze strony 12-woltowego źródła zasilania.

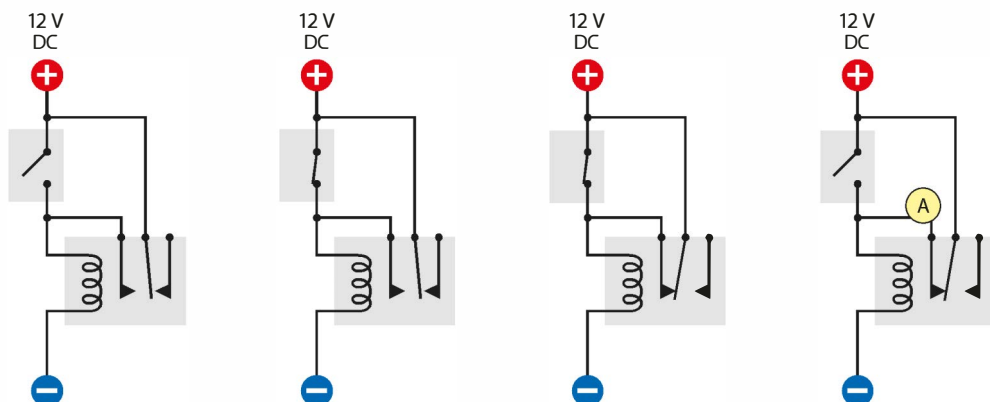
Przełącznik samozatraskowy

Pozostaje jeszcze jeden problem: chcemy, aby alarm kontynuował generowanie dźwięku, nawet jeśli osoba, która wdarła się do środka, zamknie za sobą drzwi lub okno. Innymi słowy, kiedy przełącznik zostanie aktywowany, powinien pozostać w takim stanie.

Jednym ze sposobów osiągnięcia takiego stanu byłoby użycie przełącznika zatraskowego. Wtedy potrzebowałibyśmy jednak dodatkowego układu do jego odblokowania. Zamiast tego wolę pokazać Ci, w jaki sposób możesz doprowadzić do podtrzymania stanu włączenia dowolnego przełącznika, nawet jeśli ten otrzymał wyłącznie jeden impuls energii. Ta metoda przyda Ci się również w dalszej części książki.

Sekret polega na dostarczeniu energii do przełącznika przez jego dwa kontakty, które normalnie znajdują się w stanie otwartym. (Zwróć uwagę, że jest to podejście dokładnie przeciwne do użytego przy budowie oscylatora, w którym energia była dostarczana do cewki przez kontakty normalnie zamknięte. Taki układ połączeń sprawiał, że przełącznik wyłączał się natychmiast po swoim włączeniu. Przy tym układzie połączeń przełącznik po aktywacji pozostanie w stanie włączonym).

Ilustrują to cztery schematy na rysunku 3.90. Spróbuj wyobrazić je sobie jako cztery kolejne klatki filmu, zrobione w mikrosekundowych odstępach. Na pierwszym schemacie styki przełącznika są otwarte, a jego rdzeń nie jest zasilany. Na drugim przełącznik został zamknięty, powodując zasilenie przełącznika. Na trzecim rdzeń spowodował przełączenie kontaktów wewnątrz przełącznika, dzięki czemu energia dociera teraz do cewki dwoma różnymi ścieżkami. Na czwartym schemacie przełącznik został otwarty, ale przełącznik nadal zasilą cewkę przez swoje własne kontakty. Pozostanie w takim stanie aż do momentu, kiedy zostanie odcięty dopływ prądu do cewki.

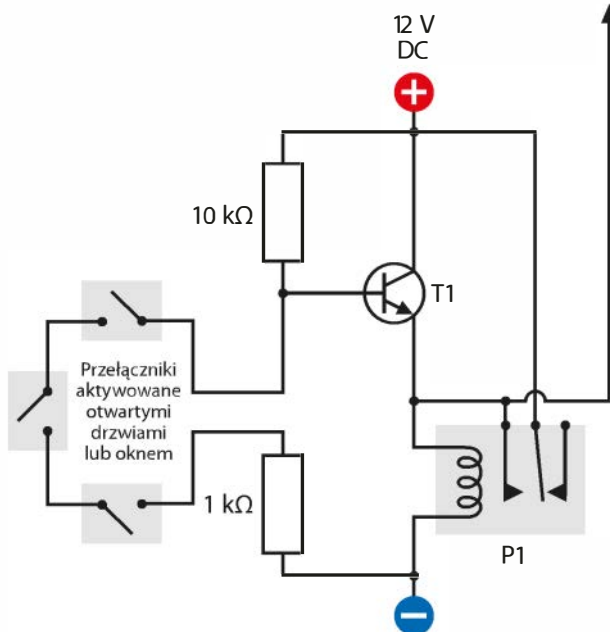


Rysunek 3.90. Cztery kolejne schematy pokazują zdarzenia zachodzące w przełączniku po dostarczeniu mu energii. Początkowo przełącznik jest w stanie otwartym. Po zamknięciu styków przełącznika przełącznik zasilą swoją cewkę przez własne styki i pozostaje w takim stanie, nawet jeśli dopływ energii z pierwotnego miejsca ulegnie przerwaniu. Przełączane przez przełącznik źródło energii jest dostępne w punkcie oznaczonym literą A

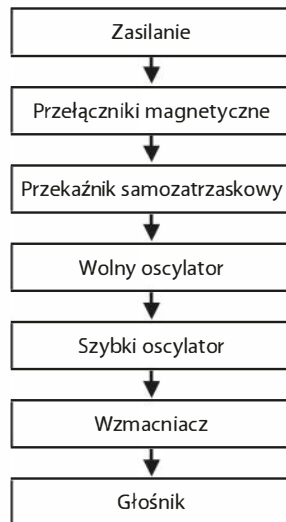
W celu realizacji w praktyce tego pomysłu musimy jedynie zastąpić przełącznik „włącz/wyłącz” tranzystorem i podpiąć układ w punkcie A, prowadząc przewód z tego miejsca do modułu generującego hałas.

Zasadę działania pokazuje schemat na rysunku 3.91. Kiedy tranzystor zostanie aktywowany przez którykolwiek z przełączników połączonych w szereg, zacznie zasiląć przełącznik. Przełącznik zablokuje się i dalsze zachowanie tranzystora przestanie mieć znaczenie.

Zasilanie dla układu generującego hałas



Rysunek 3.91. Samozatraskowy przekaźnik, pokazany na rysunku 3.90, został połączony z obwodem alarmu. Jeśli zatem dowolny z przełączników połączonych szeregowo zostanie otwarty, przekaźnik wymusi ciągłe generowanie hałasu, nawet jeśli przekaźnik zostanie ponownie zamknięty



Rysunek 3.92. Schemat blokowy, pokazany poprzednio na rysunku 2.112, uaktualniony o sieć przełączników magnetycznych i system zapewniający blokowanie się przekaźnika

Po dodaniu nowych elementów do oryginalnego obwodu alarmu uaktualniłem schemat blokowy z rysunku 2.112. Jest to dowód na to, że nadal jesteśmy w stanie rozbić całość na moduły realizujące proste funkcje. Poprawiony schemat znajduje się na rysunku 3.92.

Blokada szkodliwego napięcia

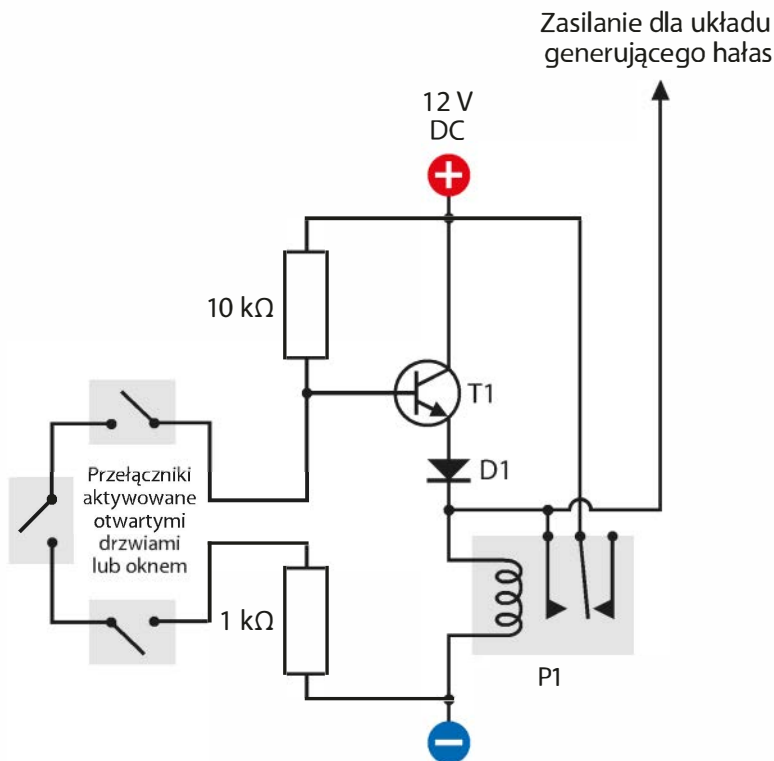
Pozostał mały problem do rozwiązania: kiedy tranzystor przejdzie w stan wyłączenia, podczas gdy przekaźnik będzie nadal pracował, prąd płynący przez przekaźnik osiągnie emiter tranzystora i będzie próbował przebić się do jego bazy o niższym potencjale (wynikającym z podłączenia jej przez zespół przełączników i rezystor 1 kΩ do masy układu).

Podłączenie zasilania do tranzystora w kierunku przeciwnym jest niewskazane. Dlatego ostatni schemat z tej serii pokazuje jeszcze jeden nowy element, którego nie widziałeś do tej pory: diodę oznaczoną symbolem D1. Patrz rysunek 3.93. Jej symbol przypomina środek symbolu diody świecącej, co odpowiada rzeczywistości, ponieważ podstawowy mechanizm działania jest taki sam. Różnica polega jedynie na odporności. Dioda pozwala, aby prąd płynął wyłącznie w jednym kierunku, od źródła dodatniego do ujemnego, zgodnie ze strzałką na symbolu. Jeżeli prąd spróbuje popłynąć w kierunku przeciwnym, dioda zablokuje go. Cena za tę funkcję to mały spadek napięcia na diodzie, kiedy prąd płynie przez nią w prawidłowym kierunku.

Zatem teraz płynący prąd może przedostać się z tranzystora poprzez diodę do cewki przekaźnika i rozpocząć cały proces. Przełącznik zasila się samodzielnie, a dioda uniemożliwia dodatnim ładunkom przedostawanie się do tranzystora w złym kierunku.

Być może bardziej eleganckim rozwiązaniem tego problemu byłoby podłączenie normalnie otwartego kontaktu przekaźnika przez rezystor $10\text{ k}\Omega$ do bazy tranzystora. Kiedy przekaźnik jest wyłączony, kontakt tego typu pozostaje bezwładny i zachowuje się jak pojemność pasożytnicza. Po zasileniu przekaźnika nóżka zaczyna dostarczać 12-woltowe napięcie ze wspólnego zacisku przez 10-kiloomowy rezystor do bazy tranzystora. W takiej konfiguracji tranzystor nigdy nie jest narażony na potencjalnie niebezpieczne napięcie, a Ty nie musisz stosować dodatkowych elementów zabezpieczających układ przed „wyciekami”.

Użycie diody dało mi jednak okazję do przedstawienia ogólnej koncepcji ich działania. Przeczytasz o niej w sekcji „Wiedza niezbędna. Wszystko o diodach”.



Rysunek 3.93. W celu ochrony emitera tranzystora T1 przed dodatnim napięciem obecnym po włączeniu przekaźnika do układu dodana została dioda D1

Wszystko o diodach

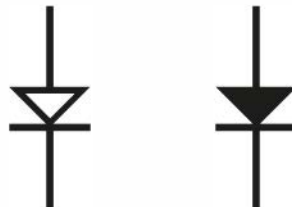
Dioda jest jednym z pierwszych elementów półprzewodnikowych. Pozwala na przepływ prądu w jednym kierunku i blokuje jego przepływ w drugą stronę. (Dioda świecąca została wynaleziona znacznie później). Zwykła dioda, podobnie do diody świecącej, może zostać uszkodzona przez napięcie przyłożone w przeciwnym kierunku, chociaż większość z nich ma znacznie większą wytrzymałość niż diody LED. Końcówka diody blokująca dodatnie napięcie jest zazwyczaj oznaczona odpowiednim paskiem na końcu obudowy, chociaż zdarzają się również diody bez takiego oznaczenia. Diody przydają się szczególnie w obwodach logicznych. Mogą również służyć od konwersji napięcia zmiennego (AC) na stałe (DC).

Istnieje specjalny rodzaj diody — nazywany diodą Zenera — której nie będziemy używać w tej książce. Blokuje ona całkowicie przepływ prądu w jednym kierunku, a także w drugim do momentu przekroczenia pewnego progu napięcia (pod tym względem zachowuje się bardzo podobnie do tranzystora jednozłączowego).

Diody sygnałowe oferują szeroki wachlarz napięć i mocy. Dioda o symbolu 1N4001, którą zaleciłem dla układu aktywującego alarm, jest w stanie wytrzymać znacznie większe obciążenie, przy znacznie wyższym napięciu. Użyłem jej jednak ze względu na jej małą rezystancję wewnętrzną. Zależało mi na minimalnym spadku napięcia, tak aby jak największa jego wartość dotarła do przekaźnika.

Dobłą praktyką jest używanie diod poniżej ich maksymalnych wartości. Podobnie do innych półprzewodników, wystawione na czynniki ekstremalne diody mogą się przegrzewać i w konsekwencji ulegać zniszczeniu.

Symbol reprezentujący diodę na schemacie ma tylko jedną znaczącą odmianę: czasem reprezentujący ją trójkąt rysowany jest z wypełnieniem (rysunek 3.94).



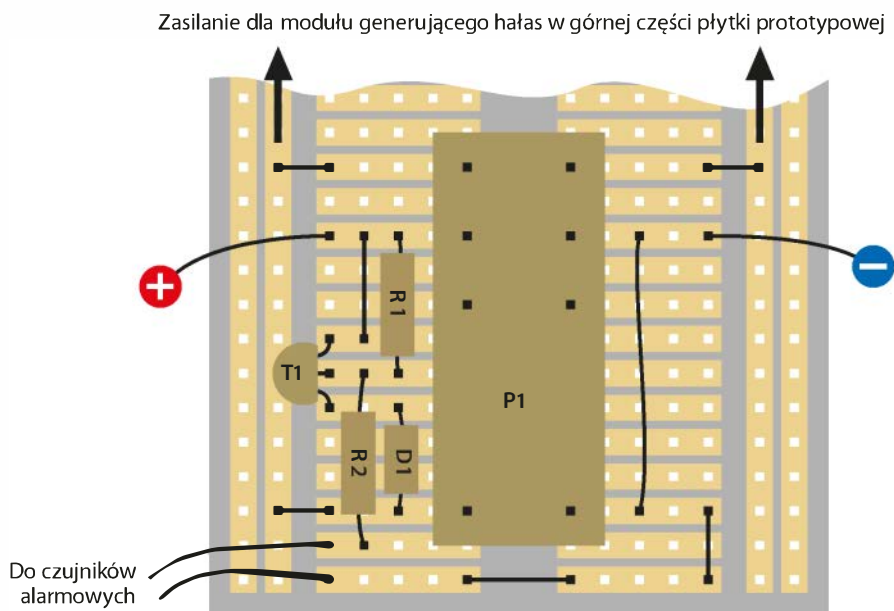
Rysunek 3.94. Oba symbole mogą być użyte do przedstawienia diody na schemacie, ale częściej stosowany jest symbol po lewej stronie

Zakończenie prac nad obwodem alarmu na płytce prototypowej

Nadeszła pora, aby zbudować obwód kontrolujący pracę modułu generującego hałas. Schemat połączeń na płytce prototypowej pokazuje rysunek 3.95. Zakładam, że wciąż posiadasz układ generujący dźwięk o niezmienionej funkcjonalności. Jego komponenty powinny być umieszczone w górnej części płytki. W celu zaoszczędzenia miejsca dodatkowe części umieścimy w dolnej części tej samej płytki.

Zwróć uwagę, że od tej pory nie dostarczasz energii bezpośrednio do skrajnych „torów” płytki, ale do sekcji zawierającej tranzystor i przełącznik. Dopiero kiedy przełącznik zewrze swoje styki, energia zostanie dostarczona do tych torów. To powoduje zasilenie górnej części płytki. Odłącz zatem przewody zasilające od swojej płytki montażowej i połącz je zgodnie z rysunkiem 3.95.

Ponieważ jest to przełącznik dwubiegunowy, używam go do przełączania jednocześnie napięcia dodatniego i ujemnego. Oznacza to, że kiedy styki przełącznika pozostają otwarte, układ generujący dźwięk jest całkowicie odcięty od świata.



Rysunek 3.95. Schemat, który tworzyliśmy na poprzednich stronach, może być zasymulowany przy użyciu komponentów na płytce prototypowej. P1 odpowiada przełącznikowi DPDT. Przewody prowadzące do czujników alarmowych muszą zostać podłączone w miejscu pokazanym u dołu rysunku

Obwód przekaźnika na płytce prototypowej jest dokładnie taki sam jak na schemacie z rysunku 3.93. Komponenty zostały rozłożone inaczej i nieco upakowane, tak aby zmieścić się w pobliżu przekaźnika. Dwa przewody w lewej dolnej części płytki prowadzą do sieci przełączników magnetycznych wyzwalających alarm. W trakcie testów możesz zewrzeć odizolowane końce tych przewodów, symulując w ten sposób stan zamknięcia wszystkich przełączników, lub odsunąć je od siebie, udając przerwanie obwodu.

Dwa kolejne przewody dostarczają energii do płytki montażowej po obu jej stronach. Do nich powinieneś podłączyć swój zasilacz w trakcie testowania. Wyjście przekaźnika (jego dwa górne styki) jest połączone ze skrajnymi torami płytki prototypowej przez dwa mostki: jeden po lewej i drugi po jego prawej stronie. Nie zapomnij ich dodać! Podobny mostek w lewym dolnym rogu (bardzo łatwy do przeoczenia) łączy lewy tor zasilający z lewym wyprowadzeniem cewki przekaźnika. Dzięki temu przekaźnik, zasilając układ generujący dźwięk, zasilą również siebie.

Wstawiając diodę, pamiętaj, że wyprowadzenie zaznaczone paskiem biegnącym wokół obudowy blokuje przepływ dodatniego prądu. W tym obwodzie to wyprowadzenie powinno być skierowane w dół.

Sprawdź, czy wszystko razem działa. Zewrzyj przewody czujników, a następnie podłącz zasilanie. Alarm powinien być „niemy”. Brak zasilania na torach bocznych możesz sprawdzić przy użyciu swojego miernika. Oddziel teraz od siebie przewody prowadzące do czujników. Przełącznik powinien przeskoczyć w drugą pozycję, dostarczając energii torom bocznym. To z kolei uruchomi układ dźwiękowy. Nawet jeśli z powrotem połączysz ze sobą oba przewody, przekaźnik powinien zostać w pozycji włączonej. Jedynym sposobem jego wyłączenia jest całkowite odłączenie zasilania.

W trakcie pracy układu tranzystor połączony z diodą powodują nieznaczny spadek napięcia, nie powinno to jednak przeszkodzić w działaniu 12-woltowego przekaźnika.

W swoim obwodzie wypróbowałem trzy różne przekaźniki; pobierały one prądy w przedziale od 27 do 40 mA przy napięciu 9,6 V. Pewien prąd nadal przedostawał się przez tranzystor, gdy ten znajdował się w stanie wyłączonym, ale było to zaledwie kilka miliamperów przy napięciu 0,5 V. Tak niskie napięcie było zdecydowanie poniżej progu wymaganego do uruchomienia przekaźnika.

Przeprowadzka na płytce perforowanej

Jeżeli obwód działa, kolejnym krokiem jest utrwalenie go na płytce perforowanej. Użyj płytki o takim samym układzie połączeń, jak na płytce prototypowej (patrz rysunek 3.72). Wskazówki odnośnie tworzenia połączeń na tego typu płytkach znajdziesz w sekcji „Wiedza niezbędna. Procedura montowania na płytkach perforowanych”. Zajrzyj również do kolejnej sekcji, opisującej najczęściej popełniane błędy.

Procedura montowania na płytkach perforowanych

Określ dokładną pozycję komponentu na płytce prototypowej, a następnie przenieś go w dokładnie to samo miejsce na płytce perforowanej, przewlekając jego wyprowadzenia przez otwory.

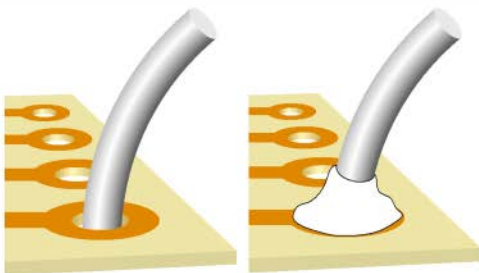
Odwróć płytkę do góry nogami i upewnij się, że leży stabilnie. Sprawdź, w którym miejscu wystają z niej przewody (patrz rysunek 3.96). Otwory mają miedzianą metalizację, która łączy się z innymi otworami. Twoim zadaniem jest stopienie cyny w tym miejscu tak, aby przylgnęła ona do wystającego drutu i samej miedzi, tworząc w ten sposób trwale i solidne połączenie między tymi przewodnikami.

Weź do jednej ręki swoją mniejszą lutownicę, a do drugiej cynę. Dotknij grotem przewodu oraz miedzi i przyłóż cynę w to samo miejsce. W ciągu kilku

sekund cyna powinna się zacząć topić. Stop wystarczającą ilość cyny, aby załała ona miedziane kółko i przewód, tak jak pokazuje to rysunek 3.97. Poczekaj, aż cyna całkowicie stwardnieje, następnie chwyć wystający drut szczypcami i poruszaj nim. Przekonasz się w ten sposób, czy stworzyłeś solidne połączenie. Jeśli wszystko wygląda dobrze, przytnij odstające przewody szczypcami z ostrzem (rysunek 3.98).

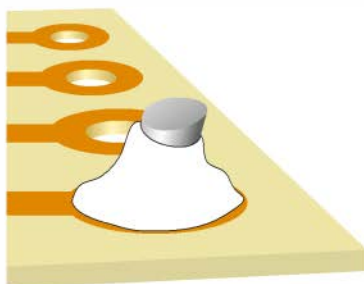
Ponieważ trudno jest sfotografować połączenie lutowane, do przedstawienia drutu przed wykonaniem połączenia i po jego wykonaniu używam rysunku. Dobrze wykonane połączenie widoczne jest jako biała plama obwiedziona czarną obwódką.

Prawdziwa płytka z wykonanymi połączeniami lutowanymi przedstawiona została na rysunkach 3.99 i 3.100.

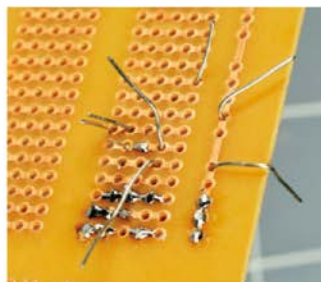


Rysunek 3.96

Rysunek 3.97



Rysunek 3.98. Aby połączyć drut z miedzianą ścieżką, należy przewlec go przez otwór, następnie zlutować (w celu lepszego zilustrowania cyna została przedstawiona kolorem białym). Nadmiernie wystający przewód można obciąć



Rysunek 3.99. Ta fotografia została wykonana w trakcie przenoszenia komponentów z płytki prototypowej na perforowaną. W jednym kroku do płytki montowane są dwa lub trzy komponenty, a ich wyprowadzenia zostają wygięte, aby uniknąć wypadnięcia



Rysunek 3.100. Po przylutowaniu przycinamy wyprowadzenia i sprawdzamy jakość połączeń przy użyciu szklanej powiększającej. Wstawiamy trzy kolejne komponenty i powtarzamy cały proces

Cztery najczęstsze błędy popełniane podczas montowania w płytce perforowanej

1. Zbyt dużo cyny

Zanim się zorientujesz, cyna rozleje się po płytce, przyklejając się do sąsiadujących ścieżek (rysunek 3.101). Kiedy nastąpi taka sytuacja, musisz poczekać, aż cyna ostygnie, a następnie wyciąć ją nożem narzędziowym. Możesz również próbować usunąć ją odsysarką lub taśmą do usuwania cyny, ale pewna jej część zapewne pozostanie.

Nawet mikroskopijna ścieżka cyny wystarczy, aby spowodować zwarcie. Sprawdź połączenia pod szkłem powiększającym, obracając płytkę tak, aby światło padało na nią z różnych stron. Jeśli znajdziesz cynę w miejscu, gdzie nie powinno jej być, odessij ją.

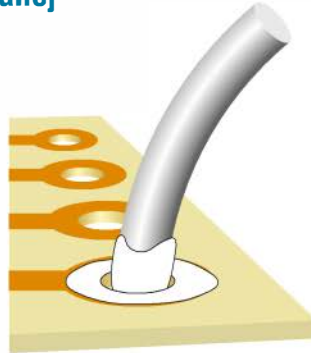


Rysunek 3.101. Zbyt duża ilość cyny powoduje powstanie niechlujnego połączenia, które dodatkowo może doprowadzić do niechcianego zwarcia z innym przewodnikiem

2. Zbyt mało cyny

Jeżeli połączenie jest słabe, przewód może oderwać się od cyny, kiedy ta jeszcze stygnie. Nawet mikroskopijnych rozmiarów przerwa wystarczy, aby układ przestał działać. W przypadkach ekstremalnych cyna przykleja się do drutu i miedzianej ścieżki wokół niego, ale mimo to nie tworzy połączenia między nimi. Widać jedynie przewód pokryty cyną, ale nadal wiszący w powietrzu (rysunek 3.102). Są przypadki, kiedy nie widać tego gołym okiem, a jedynie z bliska, w powiększeniu.

Jeżeli uznasz, że cyny jest za mało, zawsze możesz dodać jej więcej. Pamiętaj, aby wcześniej odpowiednio rozgrzać całe połączenie.



Rysunek 3.102. Zbyt mała ilość cyny (lub niedostateczne rozgrzanie miejsca lutowania) może sprawić, że pokryty cyną drut będzie fizycznie oddzielony od pokrytej cyną ścieżki na płytce. Nawet przerwa o grubości włosa wystarczy, aby uniemożliwić kontakt elektryczny

3. Źle wstawione komponenty

Bardzo łatwo można umieścić komponent o jedną dziurkę za daleko od pozycji, w której powinien się on znaleźć. Równie łatwo można przeoczyć konieczność stworzenia połączenia.

Sugeruję, abyś wydrukował kopię schematu i za każdym razem, kiedy utworzysz połączenie na płytce perforowanej, oznaczał je na kopii schematu za pomocą markera.

4. Odpadki

Podczas przycinania wystających przewodów odcięte fragmenty nie znikają. Zbierają się w miejscu pracy. Każdy z nich ma szansę utknąć gdzieś w płytce, tworząc niechciane połączenie elektryczne.

Jest to kolejny powód, aby podłożyć coś miękkiego pod płytkę, na przykład piankę poliuretanową. Będzie ona „zbierać” wszystkie drobne odpadki, zapobiegając tym samym ich przyklepieniu do płytki.

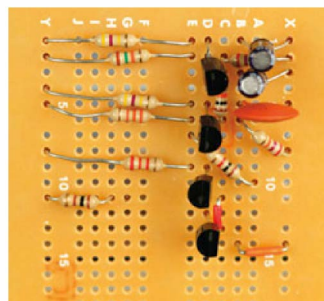
Przed podłączeniem płytki do prądu wyczyść jej spód starą (suchą) szczoteczką do zębów. Dbaj również, aby miejsce Twojej pracy było czyste. Im bardziej będziesz pedantyczny, tym mniej problemów możesz spodziewać się w przyszłości.

Jeszcze raz przypominam, abyś sprawdzał każde połączenie przy użyciu szkła powiększającego.

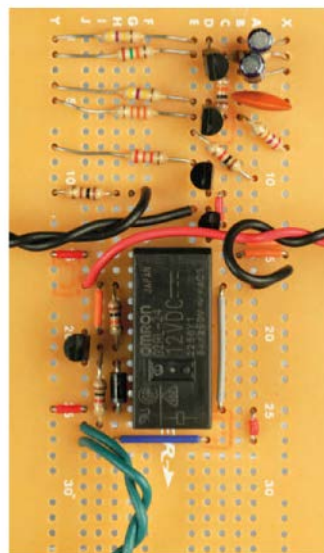
Przenoszenie części z płytki prototypowej na płytkę perforowaną nie powinno sprawić żadnych problemów, o ile tylko nie będziesz próbował robić tego ze zbyt dużą liczbą komponentów jednocześnie. Przestrzegaj wskazówek opisanych wcześniej w sekcji „Wiedza niezbędna. Procedura montowania na płytkach perforowanych” i rób regularne przerwy, aby sprawdzić wykonane połączenia. W tego typu pracy najczęstszą przyczyną błędów jest niecierpliwość.

Rysunek 3.103 pokazuje sekcję układu na płytce perforowanej odpowiedzialną za generowanie dźwięku. Komponenty zostały ułożone w taki sposób, aby zmieścić wszystko na jak najmniejszej powierzchni. Na rysunku 3.104 widać płytkę perforowaną z przekaźnikiem i otaczającymi go komponentami. Dwa czarne przewody prowadzą do głośnika, para w kolorach czarnym i czerwonym będzie zasilaczką układ, natomiast zielone przewody służą do połączenia z przełącznikami magnetycznymi. Każdy z tych przewodów przechodzi przez płytkę i jest przylutowany do miedzianej ścieżki z drugiej strony.

Przetestuj go teraz w taki sam sposób, jak zrobiłeś to, kiedy cały układ znajdował się jeszcze na płytce prototypowej. Jeżeli nie działa, posłuż się kolejną sekcją, „Wiedza niezbędna. Wyszukiwanie usterek w prawdziwym świecie”.



Rysunek 3.103. Układ generujący dźwięk po przeniesieniu z płytki prototypowej na perforowaną, bez jakichkolwiek dodatków lub zmian



Rysunek 3.104. Płytkę po dodaniu obwodu kontrolującego alarm tego na tranzystorze i przekaźniku. Przewody prowadzące do urządzeń zewnętrznych zostały przewleczone przez otwory i przylutowane do miedzianych ścieżek. Zielone przewody prowadzą do sieci czujników, czarne do głośnika, a para w kolorach czarnym i czerwonym jest połączona z zasilaczem

WIEDZA NIEZBĘDNA

Wyszukiwanie usterek w prawdziwym świecie

Oto opis poszukiwania usterek zaczerpnięty z rzeczywistości.

Kiedy zmontowałem oba układy (dźwiękowy i kontrolujący czujniki) na płytce perforowanej, sprawdziłem swoją pracę i podłączyłem prąd. Choć przekaźnik „pstryknął”, z głośnika nie wydobywał się żaden dźwięk. Oczywiście, na płytce prototypowej wszystko działało bezbłędnie.

W pierwszej kolejności przyjrzałem się rozmieszczeniu komponentów, ponieważ tę rzecz można zweryfikować najłatwiej. Nie znalazłem żadnych błędów. Następnie wygiąłem lekko płytkę, kiedy ta była zasilana. Głośnik wydał z siebie krótki dźwięk. Po takim zdarzeniu możesz być niemal pewien, że któreś z połączeń lutowanych ma mikroskopijne pęknięcie.

Następnym krokiem było zakotwiczenie czarnej końcówki mojego miernika w ujemnym punkcie zasilania, włączenie zasilacza i sprawdzanie napięcia w układzie punkt po punkcie, idąc od góry do dołu. W tak prostym obwodzie jak ten każdy element powinien mieć na sobie chociaż minimalny poziom napięcia.

Kiedy jednak doszedłem do drugiego tranzystora 2N2222, który dostarcza energii głośnikowi, okazało się, że jego wyjście jest kompletnie martwe. Albo stopiłem tranzystor podczas jego lutowania (mało prawdopodobne), albo któreś z połączeń zostało wykonane wadliwie. Odwróciłem płytkę i sprawdziłem wszystkie połączenia, używając szkła powiększającego. Okazało się, że cyna opłynęła jedną z końcówek tranzystora, nie dotykając jej faktycznie. Przerwa mogła być mniejsza niż kilka tysięcznych milimetra, ale mimo to dostatecznie duża. Prawdopodobną przyczyną takiego stanu rzeczy był brud lub tłuszcz.

Tego typu cierpliwe dochodzenie musisz powtórzyć, kiedy obwód nie chce działać. Sprawdź, czy Twoje komponenty są rozłożone prawidłowo, czy zasilacz działa, czy napięcie dociera do płytki. Zbadaj napięcie w każdym punkcie układu. Jeśli będziesz uparty, na pewno znajdziesz źródło problemu.

Przełączniki i gniazda alarmu

Teraz musisz uczynić cały system łatwym w użyciu. Schemat na rysunku 3.105 pokazuje jeszcze jeden dodatkowy blok niemal na samym początku sekwencji: Kontrolki użytkownika. Składają się na nie przełączniki, diody LED i połączenia ze światem zewnętrznym. Aby zaplanować tę część prac, muszą wcześniej podsumować sposób działania naszego alarmu na obecnym etapie jego ewolucji.

W pełni wyposażony alarm domowy pracuje zazwyczaj w dwóch trybach: „w domu” i „poza domem”.

- Tryb „w domu” włączasz, kiedy pozostajesz w domu, dzięki czemu zostaniesz ostrzeżony, jeśli włamywacz otworzy okno lub drzwi.
- W celu włączenia trybu „poza domem” wpisujesz specjalny kod cyfrowy. Następnie masz około 30 sekund, aby wyjść na zewnątrz i zamknąć drzwi za sobą. Kiedy wrócisz, uruchomisz alarm otwarciem drzwi, ale będziesz miał 30 sekund na dotarcie do panelu kontrolnego i ponowne wprowadzenie swojego kodu, co powstrzyma alarm przed uruchomieniem sygnalizacji dźwiękowej.

Alarm, który budowaliśmy do tej pory, działa jedynie w trybie „w domu”. Taka funkcjonalność jest dla wielu ludzi wystarczająca i zapewnia poczucie bezpieczeństwa. W dalszej części książki zaproponuję sposób modyfikacji tego układu, który pozwoli wzbogacić go o tryb „poza domem”. Na obecną chwilę dostatecznie dużym wyzwaniem będzie przystosowanie go do praktycznego wykorzystania wewnątrz domu.

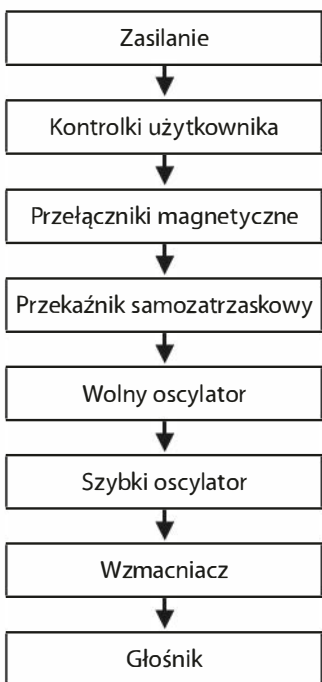
Spróbuj wyobrazić sobie sposób jego codziennego użycia. Niezbędny jest przełącznik włączający zasilanie. Po włączeniu każdy czujnik magnetyczny powinien być w stanie wzbudzić alarm. Co powinno się stać, jeśli włączysz alarm, nie zdając sobie sprawy, że jedno z okien jest otwarte? W takiej sytuacji syrena nie powinna zostać uruchomiona. Potrzebujesz funkcji testującej obwód alarmowy, która powie Ci, czy wszystkie drzwi i okna są zamknięte. Po takim sprawdzeniu będziesz mógł włączyć alarm.

Do testowania obwodu czujników dobry będzie przełącznik przyciskany. Po jego naciśnięciu zapali się zielona dioda świecąca, wskazując, iż obwód jest zamknięty. Po zaobserwowaniu świecenia tej diody możesz puścić przycisk i włączyć przełącznik zasilania, który zapali czerwoną diodę. Będzie to informacja, że alarm jest uzbrojony i gotowy do pracy.

Przydałaby się jeszcze jedna funkcja: system testujący moduł dźwiękowy alarmu. Dzięki niej będziesz mógł się upewnić, iż system jest w stanie wygenerować dźwięk, kiedy zajdzie taka potrzeba.

Wszystkie wspomniane cechy posiada obwód pokazany na rysunku 3.106. P1 jest przełącznikiem SPDT, P2 przyciskiem chwilowym DPDT typu ON-(ON). Aby włączyć P2 do układu, przecięciem zielone przewody prowadzące do czujników, a następnie jedną parę podłączyłem z jednej strony tego przełącznika, a drugą parę z drugiej strony (pokazuje to rysunek). Schemat pokazuje stan spoczynkowy, kiedy przycisk nie jest naciśnięty.

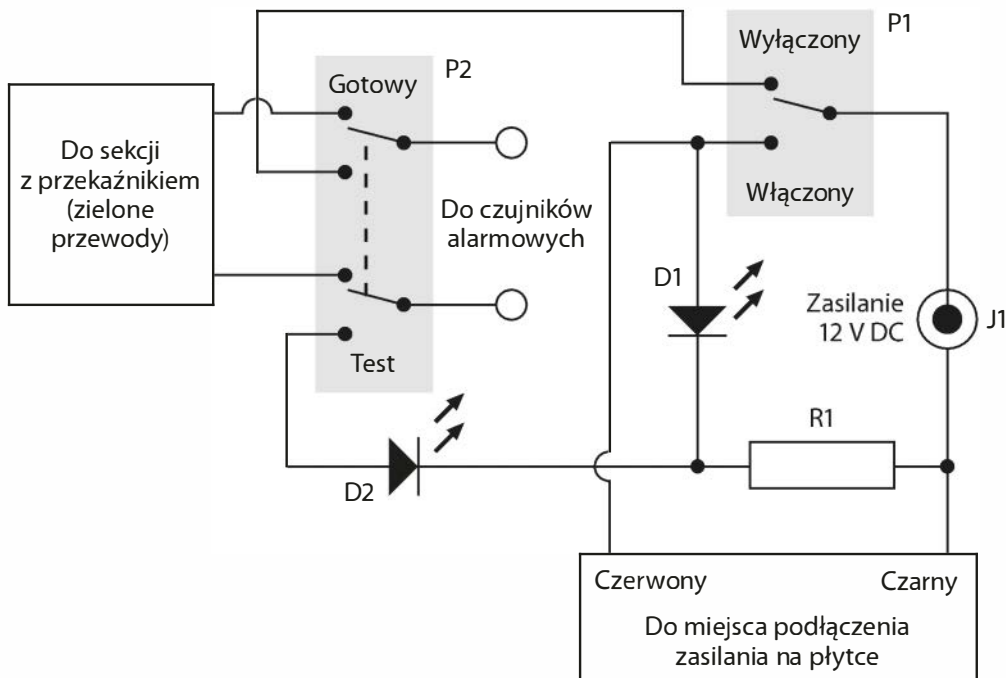
D1 to czerwona dioda LED, a D2 zielona. J1 to złącze zasilające typu jack (do połączenia z zewnętrznym źródłem zasilania 12 V). Ochronę diodom zapewnia rezystor R1 o wartości 680 Ω . Zwróć uwagę, iż J1 przestrzega ogólnie przyjętej zasady dostarczania dodatniego napięcia przez kontakt znajdujący się w środku i ujemnego przez okrągłą osłonę metalową na zewnątrz.



Rysunek 3.105. Ostateczna postać schematu blokowego dla tej fazy projektu, uwzględniająca kontrolki użytkownika realizujące dodatkowe funkcje

Kiedy P1 znajduje się w pozycji wyłączonej, dostarcza dodatnie napięcie poprzez swój górny zacisk do przycisku P2. Kiedy przycisk jest naciśnięty (znajduje się w pozycji „Test”), jego biegun łączy się z napięciem zasilającym i przekazuje je dalej przez serię czujników zamocowanych na drzwiach i oknach. Przewody prowadzące do tych czujników będą podłączone przez złącze jednorzędowe (2-stykowe), pokazane na schemacie w formie dwóch małych kółek. Jeżeli czujniki są zamknięte, napięcie dociera przez drugi ze styków złącza oraz dolny zestaw kontaktów przełącznika P2 i powoduje zapalenie diody D2. Ponieważ przełącznik P1 nie dostarcza energii obwodowi alarmu, nie ma możliwości wygenerowania dźwięku w takiej konfiguracji.

Kiedy P1 zostanie przestawiony w pozycję „włączony”, zasili komponenty znajdujące się na płytce. Sekcja z przekaźnikiem przekaże energię przez zielone przewody do przełącznika P2. Kiedy przycisk nie będzie przyciśnięty, napięcie będzie wędrować przez sieć czujników z powrotem przez przełącznik P2 do sekcji przekaźnika, tak jak miało to miejsce przed wstawieniem P2. Alarm pozostaje bez dźwięku, ale jeśli tylko któryś z czujników przerwie obwód, układ zacznie hałasować. Jedyną możliwością powstrzymania go będzie przełączenie P1 w pozycję „wyłączony”.



Rysunek 3.106. Ten schemat sugeruje wygodny sposób dodania do alarmu przełącznika włącz/wyłącz, funkcji testowania obwodu alarmowego oraz funkcji testowania układu dźwiękowego alarmu

W końcu, jeśli naciśniesz przycisk P2, gdy P1 jest w stanie włączonym, przerwiesz połączenie sieci czujników i aktywujesz układ dźwiękowy alarmu. Z tego punktu widzenia P2 pełni podwójną rolę: kiedy P1 jest wyłączony, P2 testuje ciągłość obwodu czujników. Kiedy P1 jest włączony, P2 testuje układ generujący dźwięk, pozwalając upewnić się, że z głośnika wydobywa się hałas. Uważam, że jest to najprostszy możliwy sposób wprowadzenia tych funkcji.



Rysunek 3.107. Wydrukowany układ przełączników, diod LED i innych komponentów został przyklejony do wewnętrznej części panelu frontowego obudowy. Przciskając punktak przez papier do plastiku w miejscach wyznaczających środki otworów, wyznaczylismy wszystkie miejsca wiercenia

Instalowanie przełączników

Zakładam, że będziesz używał plastikowej obudowy, ponieważ wiercenie otworów w metalu jest trudniejsze. Musisz wybrać układ przycisków i innych komponentów, które znajdują się na frontowym panelu obudowy. Ja lubię, kiedy układ elementów jest przemyślany, dlatego zadaję sobie trud narysowania go przy użyciu programu komputerowego, chociaż możesz równie dobrze zrobić odręczny rysunek w naturalnej skali. Upewnij się jedynie, iż każda część ma zapewnioną odpowiednio dużą ilość miejsca, i spróbuj rozmieścić je podobnie do ich położenia na schemacie. Zminimalizujesz w ten sposób prawdopodobieństwo popełnienia błędu.

Przyklej swój rysunek do wewnętrznej strony panelu frontowego, tak jak pokazuje to rysunek 3.107, a następnie użyj narzędzia z ostrym końcem (może to być na przykład punktak), aby zaznaczyć w plastiku wszystkie miejsca, gdzie powinny powstać otwory. Powstałe wgłębienia ułatwią prowadzenie wiertła dokładnie w środku miejsca, gdzie spodziewany jest otwór. Pamiętaj, że musisz wykonać wiele otworów, aby umożliwić wydobywanie się dźwięku z głośnika, który zamontowany zostanie pod panelem frontowym. Efekt końcowy pokazuje rysunek 3.108.

Umieściłem na górze wszystkie komponenty oprócz gniazda zasilającego, które znalazło się na jednym z boków. Każdy otwór musi mieć odpowiednio duży rozmiar, aby zmieściła się w nim dana część. Do ustalenia grubości wiertła przyda się suwmiarka. Jeśli nie posiadasz jej, zgadnij, które wiertło będzie odpowiednie (lepiej wybrać wiertła za małe niż za duże). Zbyt mały otwór możesz poszerzyć minimalnie fazownikiem. W ten sposób komponent wejdzie wciśniętym. Taka sytuacja może mieć miejsce, jeśli wywiercisz otwór wiertłem 3/16 cala pod diodę o średnicy 5 mm. Powiększ minimalnie taki otwór, a dioda powinna wejść bardzo ciasno.

Jeśli głośnik nie posiada otworów montażowych, będziesz musiał go przykleić. Ja użyłem do tego celu błyskawicznego kleju epoksydowego. Nie przesadzaj z jego ilością. Klej nie może dotknąć konusa.

Wiercenie dużych otworów w cienkim, miękkim plastiku obudowy może być trochę problematyczne. Wiertło ma tendencję do zakopywania się i tworzenia nieprecyzyjnego wycięcia w plastiku. Możesz podejść do tego problemu na jeden z trzech sposobów:

1. Użyj otwornicy do wiercenia w drewnie, która tworzy bardzo precyzyjne otwory.
2. Wywierć kilka otworów, zwiększając za każdym razem średnicę wiertła.
3. Wywierć mniejszy otwór, a następnie poszerz go, używając fazownika.

Niezależnie od tego, które podejście wybierzesz, będziesz potrzebował zacisku, który przytrzyma panel w taki sposób, aby jego zewnętrzna strona była skierowana w dół i oparta na kawałku drewnianej deski lub sklejkę. Wierć od środka, przedostając się przez plastik do drewna.

Po wywierceniu wszystkich otworów zamontuj wszystkie komponenty na panelu (patrz rysunek 3.109) i przenieś uwagę na wnętrze obudowy.



Rysunek 3.108. Zewnętrzna część panelu po zakończeniu wiercenia otworów. Jeżeli miejsca na otwory zostały zaznaczone precyzyjnie, otrzymamy bardzo ładny efekt, posługując się zwykłą wiertarką bezprzewodową

Płytką z układem elektronicznym będzie przymocowana na dole czterema śrubami M3 z podkładkami i przeciwnakrętkami. Musisz użyć przeciwnakrętek, aby wyeliminować ryzyko odkręcenia samej nakrętki i dostania się pomiędzy komponenty, gdzie mogłaby doprowadzić do zwarcia.

Będziesz musiał przyciąć samą płytkę perforowaną, aby dopasować ją do obudowy. Bądź ostrożny. W trakcie cięcia nie możesz uszkodzić żadnego znajdującego się na niej komponentu. Po zakończeniu cięcia sprawdź, czy na spodzie płytki nie pojawiły się miedziane ścieżki oderwane od podłoża.

Wywierć otwory w płytce perforowanej, ponownie zwracając uwagę, aby nie uszkodzić żadnego z komponentów. Następnie zaznacz otwory w plastikowym dnie obudowy i wywierć je. Wygładź otwory nawiertnikiem (możesz na przykład wykonać zagłębienia, dzięki którym główka śruby schowa się w plastiku i nie będzie wystawać ponad powierzchnię). Wepchnij śrubki od spodu i zainstaluj płytkę. Nie przesadzaj z siłą, jakiej użyjesz do przykręcenia płytki. Nadmierne napięcie materiału może spowodować wyrwanie połączenia lub miedzianej ścieżki z płytki.

Ja umieszczam pod płytką miękki kawałek plastiku, który zapobiega nadmiernemu wygięciu płytki. Ponieważ używasz przeciwnakrętek, które przeciwdziałają poluzowaniu mocowania, nie ma potrzeby zbyt mocnego dokręcania.

Po przymocowaniu płytki do obudowy na wszelki wypadek sprawdź jeszcze raz cały układ.

Lutowanie przełączników

Rysunek 3.110 pokazuje sposób połączenia ze sobą wszystkich fizycznych elementów. Pamiętaj, że P1 jest przełącznikiem pozycyjnym, a P2 przyciskiem typu DPDT. Zdecyduj, w jakim kierunku powinny być one ułożone. Przy pomocy miernika zbadaj, które ze styków są połączone w danej pozycji przełącznika oraz kiedy przycisk jest przyciśnięty. Prawdopodobnie będziesz chciał, aby przycisk przechodził w pozycję włączoną, kiedy dźwignia przełącznika jest skierowana do góry. Zwróć szczególną uwagę na orientację przycisku, ponieważ jeśli podłączysz go do góry nogami, będzie non stop w pozycji testowania alarmu.

Pamiętaj, że środkowa końcówka dowolnego przełącznika dwupozycyjnego jest niemal zawsze biegunem przełącznika łączącym końcówki znajdujące się nad i pod nim.

Do łączenia płytki z elementami na panelu lepiej nadaje się przewód w formie linki, ponieważ jest bardziej giętki i wywiera mniejszą siłę na połączenia lutowane. Zaplatanie przewodów w warkocze zapobiega nadmiernemu bałaganowi wewnątrz płytki.

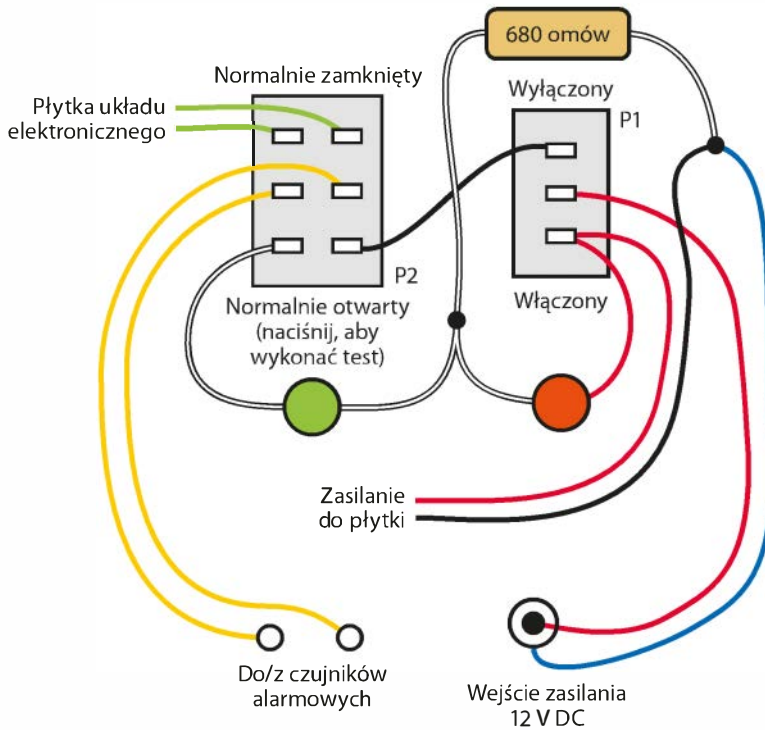
Pamiętaj, aby montować diody LED z ich krótszymi, ujemnymi nóżkami połączonymi z rezystorem. Będzie to wymagało połączeń lutowanych pomiędzy przewodami. W celu zminimalizowania ryzyka zwarcia po zamknięciu obudowy wypadłoby ochronić „gole” nóżki izolacją termokurczliwą.

Mała lutownica generuje zbyt mało ciepła, aby móc stworzyć dobre połączenia lutowane pomiędzy przewodami a końcówkami przełączników. W tych miejscach możesz użyć lutownicy o większej mocy, ale nie zapomnij umieścić dobrego odprowadzenia ciepła chroniącego diody LED, jeśli te zostały już zamontowane, i nie przedłużaj kontaktu rozgrzanego grota lutownicy z czymkolwiek przez dłużej niż 10 sekund. Po tym czasie izolacja zacznie się szybko topić i nawet wewnętrzne części przełączników mogą zostać narażone na uszkodzenie.

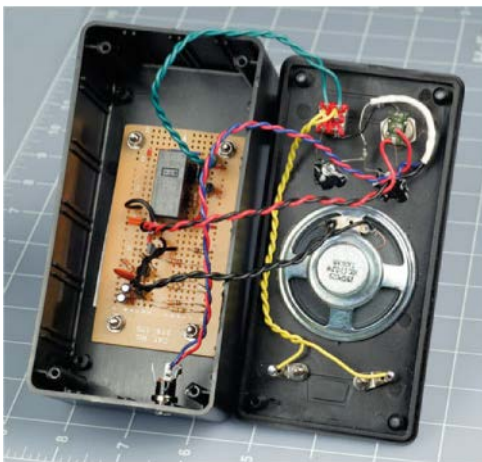


Rysunek 3.109. Widziany od spodu panel czołowy z zamontowanymi częściami. Głośnik został przyklejony. Nadmiar kleju został rozprowadzony wokół diod LED. Przełącznik włącz/wyłącz typu SPDT znajduje się u góry po prawej stronie, a przycisk DPDT jest u góry po lewej stronie. U dołu widać dwa zaciski służące do podłączenia sieci czujników magnetycznych

W projektach bardziej złożonych niż ten wskazane byłoby połączenie panelu frontowego z płytką w sposób bardziej przemyślany. Do tego celu idealnie nadawałaby się wielokolorowa taśma przewodów z gniazdem i wtyczką, pozwalającą podłączyć całość do płytki. Ponieważ jest to projekt wstępny, nie poszedłem tak daleko. Przewody sterczą sobie wszędzie (patrz rysunek 3.111).



Rysunek 3.110. Części mogą zostać podłączone w pokazany sposób, tworząc połączenia zgodne z pokazanymi na schemacie. Zielone i czerwone kółko oznaczają diody LED. Czarne kropki symbolizują połączenia lutowane typu przewód-przewód



Rysunek 3.111. Płytką z układem została zamontowana w dnie obudowy, a gniazdo zasilania przykręciłem do dolnej ścianki. Poszczególne punkty połączyłem skręconymi parami przewodów bez zwracania szczególnej uwagi na przejrzystość rozwiązania, gdyż jest to w miarę mały projekt. Biała izolacja w prawym górnym rogu panelu frontowego to fragment rurki termokurczliwej zakrywającej połączenie lutowane i rezystor obciążający 680 Ω . Styki przycisku mają bardzo mały rozstaw — ich lutowanie wymaga uwagi i precyzji

Test końcowy

Po skończonym montażu przetestuj gotowy projekt! Jeżeli nie masz przygotowanego zestawu czujników magnetycznych, możesz połączyć zaciski zwykłym kawałkiem drutu. Upewnij się, że przełącznik P1 jest w pozycji wyłączonej, następnie przylutuj odpowiednią wtyczkę do swojego 12-woltowego źródła zasilania i wetknij ją do gniazda zasilającego. Kiedy naciśniesz przycisk, zielona dioda LED powinna zaświecić się, wskazując ciągłość obwodu pomiędzy zaciskami. Odcłóż teraz przewód symulujący układ czujników i naciśnij przycisk ponownie; zielona dioda powinna pozostać w stanie zgaszonym.

Połącz jeszcze raz zaciski czujników alarmowych, przełącz P1 do pozycji włączonej. Powinna zapalić się dioda czerwona. Kiedy naciśniesz przycisk, alarm zacznie „wyc”. Zatrzymaj go, przełączając P1 do pozycji wyłączonej. Odcłóż przewód między zaciskami. Alarm powinien znowu zacząć działać i nie przestawać, nawet jeśli ponownie podłączysz przewód.

Jeżeli wszystko działa zgodnie z zamierzeniami, nadeszła pora wepchnięcia przewodów do środka i przykręcenia górnej części obudowy. Używasz dużej obudowy, więc nie ma ryzyka przypadkowego zetknięcia się ze sobą metalowych części, ale na wszelki wypadek postępuj ostrożnie.

Instalacja alarmu

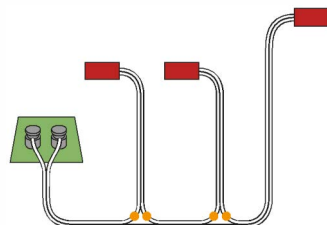
Zanim zainstalujesz swoje magnetyczne czujniki alarmowe, powinieneś przetestować każdy z nich, przesuwając część z magnesem w pobliżu samego przełącznika i mierząc jednocześnie jego przewodzenie miernikiem. Przełącznik powinien zamknąć obwód, kiedy magnes znajdzie się blisko, i otworzyć go, gdy magnes zostanie odsunięty.

Narysuj następnie schemat połączenia wszystkich czujników razem. Pamiętaj, że muszą być połączone szeregowo, nie równolegle! Tę koncepcję pokazuje rysunek 3.112. Dwa końce przewodów prowadzą do zacisków Twojego urządzenia kontrolującego (pokazanego na zielono), natomiast ciemnoczerwone prostokąty są przełącznikami magnetycznymi na drzwiach i oknach. Ponieważ przewód do tego typu instalacji ma zazwyczaj dwa przewody, możesz ułożyć go w sposób pokazany na rysunku, a następnie pociąć i zlutować, aby utworzyć odpowiednie rozgałęzienia. Miejsca lutowania zostały pokazane jako pomarańczowe kropki. Zwróć uwagę, w jaki sposób prąd przepływa szeregowo przez wszystkie przełączniki, zanim powróci do układu kontrolnego.

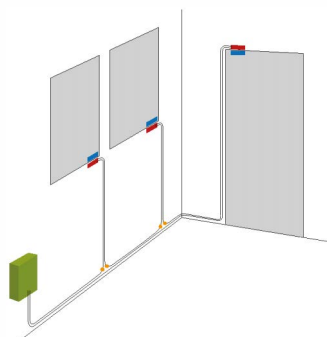
Bez wątplenia będziesz potrzebował sporej ilości przewodów. Może to być biała dwużyłowa linka używana do podłączania dzwonek lub termostatów. Zazwyczaj jest to przewód 0,5 mm² lub grubszy.

Po zainstalowaniu wszystkich przełączników końcówki prowadzące normalnie do obudowy alarmu podłącz do swojego miernika. Ustaw miernik na pomiar ciągłości obwodu i otwieraj kolejno każde z okien i drzwi podłączonych do instalacji. Sprawdź, czy obwód jest przerywany. Jeżeli wszystko jest w porządku, podłącz przewody do obudowy.

Teraz zajmijmy się zasilaniem. Użyj swojego zasilacza ustawionego na 12 V z odpowiednią wtyczką. Ewentualnie podłącz taką wtyczkę do 12-woltowej baterii przeznaczonej do alarmów.



Rysunek 3.112. Do podłączenia końcówek alarmu z przełącznikami magnetycznymi (przedstawionymi jako ciemnoczerwone prostokąty) można użyć białego dwużyłowego przewodu. Ponieważ czujniki muszą być połączone szeregowo, drut należy pociąć, a następnie połączyć w miejscach zaznaczonych pomarańczowymi kropkami



Rysunek 3.113 pokazuje tę samą sieć w sytuacji, kiedy masz dwa okna i drzwi. Niebieskie prostokąty to moduły magnetyczne, które aktywują przełączniki.



Rysunek 3.113. W instalacji składającej się z dwóch okien i drzwi przełączniki magnetyczne (niebieskie prostokąty) mogłyby być ułożone tak, jak pokazuje to rysunek. W ich pobliżu znaleźć powinny się przełączniki (zaznaczone kolorem ciemnoczerwonym)

Jeżeli używasz baterii, zwróć szczególną uwagę, aby przewód prowadzący do środkowej końcówki wtyczki miał potencjał dodatni! 12-woltowa bateria potrafi wytworzyć znaczny prąd, który z łatwością spali Twoje części, jeśli podłączysz prąd w przeciwnym kierunku. Trochę przykro byłoby zniszczyć cały projekt na tym etapie.

Pozostaje już tylko opisać przełącznik, przycisk, gniazdo zasilania i zaciski przewodów sieci alarmowej. Wiesz, że przełącznik włącza i wyłącza zasilanie, a przycisk testuje obwód i układ dźwiękowy, ale inne osoby nie mają o tym pojęcia, a zapewne będziesz chciał, aby pod Twoją nieobecność mogli skorzystać Twoi goście. Nie ma również gwarancji, że Ty sam będziesz pamiętał przeznaczenie poszczególnych kontrolkek po miesiącach lub latach. Czy odgadniesz, że to urządzenie wymaga zasilania napięciem 12 V?

Dołożenie etykietek opisujących to dobry pomysł, ale jak widzisz na rysunku 3.114, nie zrobiłem tego dla urządzenia, które sam zbudowałem.

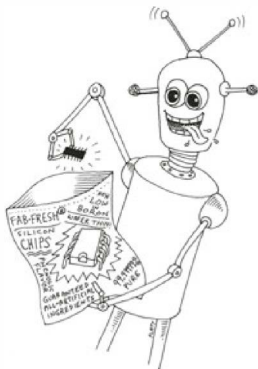
Rysunek 3.114. Gotowy alarm antywłamaniowy umieszczony w obudowie

Podsumowanie

Projekt alarmu przeprowadził Cię przez podstawowe etapy, z którymi będziesz miał na ogół do czynienia podczas tworzenia dowolnego rozwiązania:

1. Narysuj schemat i upewnij się, iż dobrze rozumiesz jego działanie.
2. Zmodyfikuj go tak, aby nadawał się do połączenia na płytce prototypowej.
3. Zainstaluj komponenty na płytce prototypowej i przetestuj podstawowe funkcje.
4. Dokonaj niezbędnych modyfikacji i poprawek. Przetestuj całość ponownie.
5. Przenieś wszystko na płytkę perforowaną, przetestuj i wysledź błędy, jeśli zachodzi taka konieczność.
6. Dodaj przełączniki, przyciski, gniazdo zasilające oraz wtyczki (lub gniazdzka) potrzebne do połączenia obwodu ze światem zewnętrznym.
7. Zmontuj wszystko w obudowie (opisz wszystkie kontrolki).

Mam nadzieję, że wykonując kolejne kroki, poznałeś podstawy elektroniki, włączając w to pewne elementy teorii i fundamentalne zasady funkcjonowania komponentów elektronicznych. Ta wiedza powinna wystarczyć, abyś mógł przejść dalej do rzeczywistości o wiele bardziej funkcjonalnych układów scalonych, które omówię w rozdziale czwartym.



Układy scalone

4

Zanim przejdę do fascynującego tematu układów scalonych (ang. *integrated circuits* — IC), muszę coś wyznać: pewne rzeczy, które chciałbym, abyś wykonał w rozdziale trzecim, można było zrealizować prościej. Czy to znaczy, że marnowałeś swój czas? Nie, jestem mocno przekonany, że budując układy przy użyciu staroświeckich komponentów — kondensatorów, rezystorów i tranzystorów — utrwaliłeś podstawy elektroniki w najlepszy możliwy sposób. Niemniej jednak teraz przekonasz się, iż układy scalone zawierające dziesiątki, setki lub nawet tysiące tranzystorów pozwolą pójść na skróty.

Lista zakupów: Eksperymenty od 16 do 24

Narzędzia

Jedynе nowe narzędzie, które polecam stosować w połączeniu z układami scalonymi, to sonda logiczna. Pozwala ona stwierdzić, czy pojedynczy pin układu ma wysoki lub niski stan napięcia. Taka wiedza pozwala na łatwiejsze wywnioskowanie, co dokładnie dzieje się w układzie. Sonda ma funkcję pamięci — zapali zieloną diodę i nie pozwoli jej zgasnąć w odpowiedzi na impuls, który mógł być zbyt szybki, aby Twoje oko mogło go zaobserwować.

Poszukaj w sieci i kup najtańszą sondę, jaką uda Ci się znaleźć. Nie mam żadnych konkretnych rekomendacji odnośnie marki. Rysunek 4.1 pokazuje zupełnie przeciętną sondę logiczną.

Zaopatrzenie

Zintegrowane układy scalone

Jeżeli kupisz wszystko z tej listy zakupów, a także masz wszystkie podstawowe części, takie jak rezystory i kondensatory, wymienione wcześniej, powinieneś być zaopatrzony wystarczająco dobrze, aby przeprowadzić wszystkie eksperymenty opisane w tym rozdziale.

Układy scalone są względnie tanie (około 1,5 zł za sztukę). Sugeruję, abyś kupował z nadmiarem. W ten sposób będziesz dysponował rezerwą na wypadek spalenia. Nie będziesz musiał również dokonywać nowych zakupów przed kolejnymi projektami.

Przed rozpoczęciem zakupów proszę, abyś przeczytał kolejną sekcję, „Wiedza niezbędna. Wybór układów scalonych”. Układy scalone powinieneś kupić bez problemu we wszystkich większych sklepach elektronicznych, a także na www.allegro.pl. Listy sklepów szukaj w dodatku.

ZAWARTOŚĆ ROZDZIAŁU:

Lista zakupów, eksperymenty od 16 do 24.

Eksperyment 16: Generowanie impulsów.

Eksperyment 17: Ustawianie wysokości tonu.

Eksperyment 18: Miernik czasu reakcji.

Eksperyment 19: Podstawy logiki cyfrowej.

Eksperyment 20: Funkcjonalne połączenie.

Eksperyment 21: Wyścig.

Eksperyment 22: Przetaczanie i odbijanie.

Eksperyment 23: Rzucanie kośćmi.

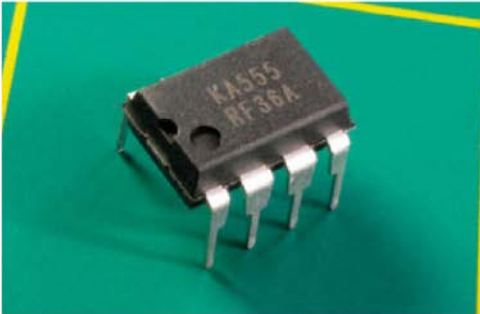
Eksperyment 24: Alarm antywłamaniowy — dokończenie.



Rysunek 4.1. Sonda logiczna wykrywa niski lub wysoki stan napięcia na dowolnym pinie układu scalonego. Potrafi również wychwycić impulsy pojawiające się na tyle szybko, iż nie można ich dostrzec gołym okiem

Wybór układów scalonych

To, co nazywa się często układem scalonym, pokazane zostało na rysunku 4.2. Układ jest w rzeczywistości „wryty” na małym wafle krzemu, osadzonym w czarnym kawałku plastiku zwanym obudową (ang. *package*). Mikroskopijne przewody wewnątrz obudowy łączą układ z rzędami wyprowadzeń po obu stronach. W dalszej części książki będę używał słowa „kość” w odniesieniu do całego obiektu, łącznie z wyprowadzeniami. Jest to jedno z częstszych określeń układów scalonych.



Rysunek 4.2. Kość układu scalonego w plastikowej dwurzędowej obudowie opisywanej skrótem PDIP (ang. *Plastic Dual-Inline Pin package*) lub części DIP

Piny są rozmieszczone w dwóch rzędach. Przerwa między poszczególnymi pinami wynosi 2,54 mm (0,1 cala). Rzędy mają rozstaw 7,62 mm (0,3 cala). Ten format znany jest pod skrótem PDIP lub częściej po prostu DIP. Kość na zdjęciu ma cztery piny w każdym wierszu, ale inne mogą mieć znacznie więcej. Pierwszą rzeczą, którą musisz wiedzieć przed rozpoczęciem zakupów, jest to, że będziesz używał wyłącznie kości w obudowie DIP. W tej książce nie będziemy posługiwać się kośćmi w nowym typie obudowy „montowanej powierzchniowo”, ponieważ obudowy tego typu są znacznie mniejsze i trudniejsze w obsłudze. Wymagają również specjalnych narzędzi, które nie należą do tanich. Na rysunku 4.3 można zobaczyć porównanie rozmiarów 14-pinowej kości w obudowie DIP i 14-pinowej kości w obudowie montowanej powierzchniowo. Wiele układów montowanych powierzchniowo jest jeszcze mniejszych.

Niemal każda kość ma nadrukowany na sobie numer części. Numer części na rysunku 4.2 to KA555. Na rysunku 4.3 widać kość w obudowie DIP o numerze części M74HC00B1 oraz montowaną powierzchniowo kość o numerze części 74LVC07AD. Drugi wiersz liczb i/lub liter możesz zignorować, ponieważ nie należy on do numeru części.

Zwróć uwagę, iż obie kości na rysunku 4.3 wyglądają zupełnie odmiennie, ale każda z nich ma „74” w swoim numerze części. Jest tak, ponieważ obie należą do rodziny układów logicznych „7400”, której numery części zaczynają się od wartości 7400 i szły w górę (7400, 7401, 7402, 7402 itd.).

Są one często określane mianem kości „74xx”, gdzie „xx” to wszystkie możliwe liczby tej rodziny. Będę bardzo często używał układów tej rodziny, więc musisz wiedzieć, jak je kupić. Udzielę Ci pewnej rady na ten temat bez wyjaśniania, do czego właściwie one służą.



Rysunek 4.3. Kość w obudowie DIP z tyłu ma piny o rozstawie 2,54 mm (0,1 cala) i nadaje się do zamontowania w płytce prototypowej lub perforowanej. Może zostać złutowana bez specjalnych narzędzi. Kość typu SOIC (ang. *small-outline integrated circuit*) ma wyprowadzenia o rozstawie 0,127 mm (0,05 cala). Inne kości montowane powierzchniowo mają piny o rozstawie 0,0635 mm (0,025 cala) lub nawet mniejszym (wymiary te są najczęściej wyrażane w milimetrach). Kości montowane powierzchniowo są projektowane dla linii produkcyjnych ze zautomatyzowanym montażem i raczej nie nadają się do montowania w sposób ręczny. W celu lepszego zobrazowania skali żółte linie na tym zdjęciu mają rozstaw 25,4 mm (1 cala)

Wybór układów scalonych (ciąg dalszy)

Przjrzyj się rysunkowi 4.4, który pokazuje sposób interpretacji typowego numeru części z rodziny 74xx. Litery na początku identyfikują producenta (z naszego punktu widzenia nie ma to znaczenia, więc możesz je zignorować). Pomijaj litery do momentu, kiedy napotkasz „74”. Potem powinieneś napotkać jeszcze dwie litery, które mają znaczenie. Rodzina 74xx ewoluowała przez wiele generacji układów. Dwie litery za „74” informują o tym, z jaką generacją masz do czynienia. Oto kilka możliwych generacji:

- 74L
- 74LS
- 74C
- 74HC
- 74AHC

Są jeszcze inne. Ogólnie mówiąc, kolejne generacje stają się szybsze i bardziej wszechstronne od swoich poprzedników. W tej książce, z powodów, które wyjaśnię później, w większości przypadków będziemy używać generacji HC.

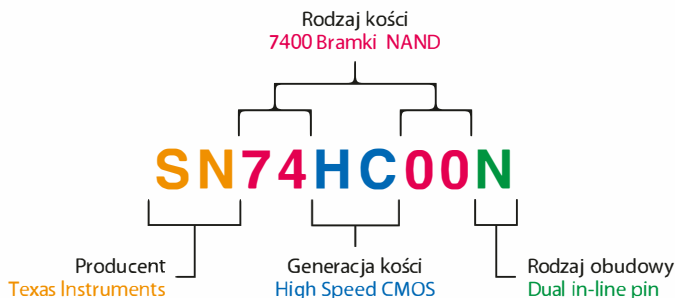
Po literach identyfikujących generację znajdziesz dwie (czasem więcej) cyfry. Te specyfikują konkretną funkcję kości. Pozostałe cyfry i litery możesz zignorować. Spoglądając jeszcze raz na rysunek 4.3, przekonasz się, że kość w obudowie DIP ma numer M74HC00B1, czyli należy do rodziny 74xx, generacji HC, a jej funkcja ma identyfikator 00. Kość montowana powierzchniowo ma numer części 74LVC07AD. Pochodzi z rodziny 74xx, jej generacja to LVC, a realizowana funkcja ma identyfikator 07. Upraszczając,

moglibyśmy określić te kości jako „74HC00” i „74VC07” ponieważ, pomijając ich różnych producentów i użyte obudowy, podstawowy obwód wewnątrz pozostaje taki sam.

To długie wytłumaczenie ma jeden cel: nauczyć Cię interpretowania list zawartych w katalogach, kiedy będziesz kupował kości. Możesz szukać „74HC00”. Dostawcy działający w sieci powinni mieć swoje skrypty skonstruowane dostatecznie dobrze, aby pokazać Ci odpowiednie kości różnych producentów, mimo że wyświetlone nazwy mają dodatkowe litery z przodu i z tyłu w porównaniu do tego, co wpisałeś w wyszukiwarkę.

Załóżmy, że obwód wymaga kości 74HC04. Jeżeli na stronie sprzedawcy części poszukasz „74HC04”, możesz znaleźć wersje takie jak CD74HC04M96 firmy Texas Instruments, 74HC04N firmy NXP Semiconductors lub MM74HC04N firmy Fairchild Semiconductor. Wszystkie mają w środku „74HC04”, więc wszystkie będą się nadawać.

Zwróć jedynie uwagę, aby kupić układ w większej obudowie typu DIP, a nie w obudowie do montażu powierzchniowego. Jeżeli numer części kończy się literą „N”, możesz być pewny, że jest to obudowa DIP. Przy braku tej litery na końcu nie ma gwarancji co do typu obudowy. Będziesz musiał poszukać fotografii lub przejrzeć dodatkowy opis, aby uzyskać pewność. Jeśli numer części zaczyna się od SS, SO lub TSO, bez wątplenia jest to kość montowana powierzchniowo, której nie chcesz. Wiele katalogów pokazuje zdjęcia kości, które ułatwiają dokonanie prawidłowego zakupu.



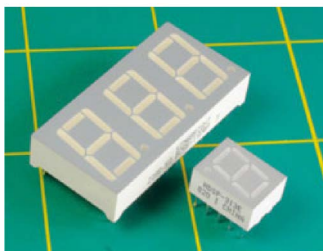
Rysunek 4.4. Szukaj rodziny kości (w tym przypadku 74xx) o odpowiedniej generacji (w tym przypadku HC) ukrytych w numerze części. Upewnij się, że kupujesz układ w obudowie DIP, a nie wersję do montażu powierzchniowego. Producent jest nieistotny



Rysunek 4.5. Kiedy montujesz w płytce perforowanej układ scalony, podstawki eliminują ryzyko przegrzania kości oraz zniszczenia ich ładunkiem elektrostatycznym. Podstawki pozwalają również na łatwą wymianę układu



Rysunek 4.6. Kość generacji HC dostarcza zaledwie 4 mA prądu na każdym ze swoich pinów. Jest to ilość niewystarczająca do sterowania typową 5-milimetrową diodą LED (po prawej), która wymaga prądu rzędu 20 mA. Miniaturowa dioda LED (po lewej) połączona szeregowo z rezystorem zużywa zaledwie 1 mA i nadaje się idealnie do obwodów testowych, gdzie chcesz zobaczyć stan wyjść bez zbędnego rozbudowywania obwodów



Rysunek 4.7. Wyświetlacze siedmio-segmentowe stanowią najprostszy środek umożliwiający wyświetlanie wyniku w postaci cyfr. Mogą być sterowane bezpośrednio przez niektóre kości w technologii CMOS. W gotowych projektach są montowane za kawałkiem przezroczystego szkła akrylowego

Oto lista kości:

- Układ czasowy 555, STMicroelectronics SA555N, Fairchild NE555D, Texas Instruments TLC555CP lub podobny. Nie kupuj układu wykonanego w technologii CMOS lub innej fantazyjnej wersji, na przykład układu o wysokiej precyzji. Kupuj najtańsze części, jakie znajdziesz. Liczba: 10. Kość na rysunku 4.2 to właśnie układ czasowy 555.
- Różne rodzaje kości logicznych: 74HC00, 74HC02, 74HC04, 74HC08, 74HC32 i 74HC86. Rzeczywiste numery części w tym przypadku to na przykład M74HC00B1, M74HC04B1 itd. produkowane przez STMicroelectronics lub SN74HC00N, SN74HC02N, SN74HC04N itd. firmy Texas Instruments. Mogą to być również kości dowolnego innego producenta.
- Pamiętaj, że każdy numer części powinien zawierać w środku „HC” i że potrzebujesz obudowy DIP lub PDIP, a nie obudowy do montażu powierzchniowego. Liczba: po 4 każdego typu.
- Licznik dziesiętny 4026 (kość, która zlicza w układzie dziesiętnym). Texas Instruments CD-4026BE lub podobny. Liczba: 4 (będziesz potrzebował 3, ale ponieważ jest to kość w technologii CMOS, bardzo wrażliwa na ładunki statyczne, powinieneś mieć jedną w zapasie). Dowolna kość zawierająca 4026 w swojej nazwie powinna pasować.
- Licznik 74LS92, inwertery z otwartym kolektorem 74LS06 i kość potrójnej bramki NOR 74LS27. Liczba: po dwie sztuki każdego typu. Zwróć uwagę na „LS” w numerach części! W jednym eksperymencie będę chciał, abyś użył generacji LS zamiast HC.

Podstawki pod układy scalone

Sugeruję, abyś unikał lutowania układów bezpośrednio do płytek perforowanych. Jeśli je uszkodzisz, trudno będzie je usunąć. Kup podstawki DIP, przylutuj je do płytki, a następnie wstaw kości. Możesz użyć najtańszych podstawek, jakie znajdziesz (do realizowanych eksperymentów nie potrzebujesz podstawek z połączonymi stykami). Będziesz potrzebował podstawek DIP na 8 pinów, 14 pinów i 16 pinów. Mogą to być części o symbolach ICVT-8P, ICVT-14P i ICVT-16P, dostępne w sklepie www.tme.eu. Patrz rysunek 4.5. Liczba: minimum 5 sztuk każdego rodzaju.

Niskoprądowe diody świecące

Kości układów logicznych, których będziesz używał, nie są zaprojektowane do dostarczania dużej mocy. Do sterowania jasną diodą lub przekaźnikiem potrzebny będzie dodatkowy tranzystor. Ponieważ dodawanie tranzystora za każdym razem jest trochę kłopotliwe, proponuję rozwiązanie alternatywne: specjalne diody LED o niskiej mocy, które pobierają prąd o natężeniu zaledwie 1 mA. Może to być na przykład model Everlight T-100, dostępny w sklepie pl.mouser.com. Na rysunku 4.6 można porównać rozmiar takiej diody w odniesieniu do zwykłej diody LED o średnicy 5 mm. Liczba: 10 (minimum).

Wyświetlacze siedmiosegmentowe

W ostatnim eksperymencie tego rozdziału będziemy chcieli wyświetlać cyfry na wyświetlaczu siedmiosegmentowym. Będziesz potrzebował trzech niezależnych modułów lub jednego wspólnego z miejscem na trzy cyfry, takiego jak część o numerze BC56-11EWA firmy Kingbright (dostępna na przykład w sklepie pl.mouser.com). Do tego konkretnego modelu części będę odnosił się jawnie w zamieszczonych dalej schematach. Jeśli kupisz inny

wyświetlacz siedmiosegmentowy, musi być on oparty na diodach LED ze „wspólną katodą”. (Nie kupuj wyświetlaczy LCD, do ich sterowania potrzebna jest inna elektronika). Jeżeli masz wybór pomiędzy produktami o różnej mocy, wybierz ten o najmniejszym poborze prądu. Patrz rysunek 4.7.

Przełączniki zatraskowe

Będziesz potrzebował 5-woltowego przełącznika zatraskowego o dwóch cewkach zamiast jednej. Pierwsza cewka przetacza przełącznik do jednej pozycji, a druga z powrotem do pozycji startowej. Przełącznik nie pobiera dodatkowej energii, pozostając pasywnie w jednym ze swoich stanów. Proponuję model DS2E-SL2-DC5V firmy Panasonic (dostępny na przykład w sklepie www.tme.eu). Jeśli chcesz kupić inny, musi to być przełącznik o dwóch cewkach, pracujący na zasilaniu stałym 5 V i przetwarzający prąd rzędu minimum 1 A w układzie „2 Form C”, który umożliwi wstawienie go do płytki prototypowej.

Potencjometry

Będziesz potrzebował potencjometrów liniowych 5 k Ω , 10 k Ω i 100 k Ω (po jednym z każdej wartości) oraz trymera 10 k Ω . Producent nie ma znaczenia.

Regulatory napięcia

Ponieważ wiele kości układów logicznych wymaga dokładnie 5 V napięcia stałego, będziesz potrzebował regulatora napięcia. Taką funkcję realizuje LM7805. Tutaj również numer kości może mieć przedrostek informujący o producencie i końcówkę oznaczającą typ obudowy. Przykładem może być część o numerze LM7805CT firmy Fairchild. Część dowolnego producenta będzie dobra, ale obudowa musi przypominać tę pokazaną na rysunku 4.8. Jeśli masz wybór, wybierz część, która może dostarczyć prąd rzędu 1 A.

Mikroprzełączniki

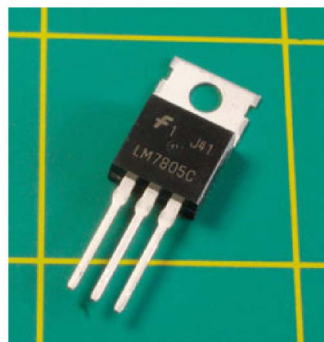
Są to przyciski typu SPST (przełączniki chwilowe), zwykle zaopatrzone w cztery nóżki. Szukaj części o numerze SKHHAKA010 firmy ALPS (jest dostępna na przykład w sklepie pl.mouser.com) lub podobnej z czterema nóżkami pasującymi do Twojej płytki perforowanej. Patrz rysunek 4.9.

Klawiatura numeryczna 12-znakowa

12-znakowa klawiatura numeryczna firmy Velleman. Listę dystrybutorów na Polskę znajdziesz, wchodząc na stronę firmy (www.velleman.eu) i wybierając odnośnik *Dystrybutorzy*.

Ten rodzaj klawiatury ma taki sam układ klawiszy, jak telefony z wybieraniem tonowym starszego typu. Klawiatura powinna posiadać minimum 13 wyprowadzeń, z których 12 prowadzi do indywidualnych klawiszy, a trzynasty połączony jest z drugą stroną wszystkich klawiszy. Inaczej mówiąc, ostatni styk jest wspólny dla wszystkich klawiszy i stąd urządzenie tego typu określane jest często mianem klawiatury o wspólnym wyjściu. To, czego nie chcesz dostać, to klawiatura z kodowaniem matrycowym posiadająca mniej niż 13 wyprowadzeń i wymagająca dodatkowego układu elektronicznego. Patrz rysunki 4.10 i 4.11. Jeżeli nie możesz znaleźć klawiatury firmy Velleman, sugeruję, abyś dokładnie przeglądał opisy i zdjęcia, upewniając się, że klawiatura, którą kupujesz, nie ma układu matrycowego, lecz wspólne wyjście.

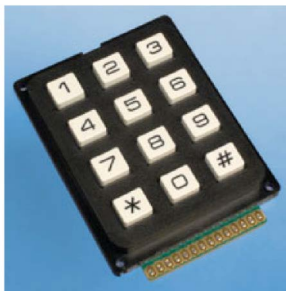
Rozwiązaniem alternatywnym jest skonstruowanie własnej klawiatury w małej obudowie przy użyciu 12 tanich przycisków SPST normalnie otwartych.



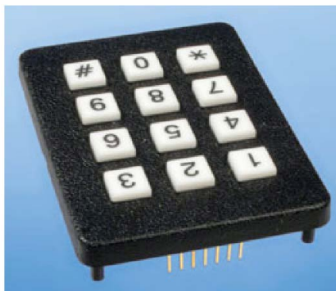
Rysunek 4.8. Wiele układów scalonych wymaga kontrolowanego napięcia o wartości 5 V, które może być dostarczone przez pokazany regulator, jeśli tylko zostanie zasilony napięciem między 7,5 a 9 V. Skrajnie prawy styk stanowi wejście napięcia dodatniego, środkowy podłączony jest do masy układu, a skrajnie lewy stanowi wyjście 5 V. W przypadku prądów przekraczających 250 mA powinieneś przykręcić regulator do metalowego radiatora, używając otworu w jego górnej części



Rysunek 4.9. Mikroprzełączniki działają po ich lekkim naciśnięciu opuszką palca. Niemal zawsze są to przyciski typu SPST, zaprojektowane do montowania w płytkach perforowanych o standardowym rozstawie otworów 2,54 mm (0,1 cala)



Rysunek 4.10. Klawiatura numeryczna powinna posiadać 12 klawiszy w układzie przypominającym klawiaturę starszych telefonów z wybieraniem tonowym, a także minimum 13 wyprowadzeń. Na tym zdjęciu kontakty widoczne są na krawędzi bocznej panelu



Rysunek 4.11. Ta klawiatura ma za mało wyprowadzeń i nie będzie współpracować z układami budowanymi w tej książce

TEORIA

Jak powstały układy scalone

Koncepcja zintegrowanych komponentów bez ruchomych części wewnątrz jednej obudowy powstała w głowie naukowca Geoffreya W. A. Dummera, zajmującego się radarami. Rozważał on taką możliwość na wiele lat przed podjęciem nieudanej próby zbudowania prototypu w roku 1956. Pierwszy układ scalony został stworzony dopiero w roku 1958 przez Jacka Kilby'ego, pracującego dla firmy Texas Instruments. Wersja układu w wykonaniu Kilby'ego bazowała na germanie, ponieważ ten pierwiastek był już używany do produkcji półprzewodników. (Do diody germanowej dotrzemy, kiedy będziemy rozmawiać o radiach budowanych na kryształach w następnym rozdziale książki). Na lepszy pomysł wpadł jednak Robert Noyce (rysunek 4.12).

Urodził się w 1927 roku w Stanach Zjednoczonych, w stanie Iowa. W latach pięćdziesiątych przeniósł się do Kalifornii, gdzie zaczął pracować dla Williama Shockleya. Stało się to wkrótce po tym, jak Shockley rozpoczął własny biznes oparty na tranzystorze, który wynalazł wraz z innymi pracownikami Bell Labs.

Noyce był jednym z ośmiu pracowników, których irytował sposób zarządzania przez Shockleya, w wyniku czego odeszli z pracy i założyli firmę Fairchild Semiconductor. Będąc menadżerem firmy Fairchild, Noyce wynalazł bazujący na półprzewodnikach zintegrowany układ scalony, który pozwalał uniknąć trudności produkcyjnych, jakie wiązały się z użyciem germanu. Jemu przypisuje się umożliwienie produkcji układów scalonych na masową skalę.

Pierwsze wyprodukowane układy znalazły zastosowanie w przemyśle wojennym — pociski Minuteman potrzebowały małych i lekkich komponentów do swoich systemów naprowadzania. W ten sposób

wykorzystywane były niemal wszystkie kości wyprodukowane od roku 1960 do 1963, a ich cena spadła z tysiąca do dwudziestu pięciu dolarów za sztukę, w odniesieniu do wartości dolara z roku 1963.

Pod koniec lat sześćdziesiątych pojawiły się układy scalone średniej skali integracji, z których każdy zawierał setki tranzystorów. W połowie lat siedemdziesiątych pojawiły się układy dużej skali integracji, pozwalające na umieszczenie tysięcy tranzystorów wewnątrz pojedynczej kości. Dzisiejsze układy scalone mogą zawierać nawet kilka miliardów tranzystorów.

Robert Noyce założył w końcu firmę Intel wspólnie z Gordonem Moore'em, ale niestety zmarł nieoczekiwanie z powodu ataku serca w 1990 roku. Więcej na temat fascynującej historii projektowania i produkcji układów scalonych dowiesz się, odwiedzając witrynę www.siliconvalleyhistorical.org.



Rysunek 4.12. Robert Noyce w późnych latach swojej kariery. Zdjęcie pochodzi z kolekcji Wikimedia Commons

Ekspertyment 16: Generowanie impulsów

Przedstawię Ci teraz jedną z najbardziej udanych kości, jakie kiedykolwiek stworzono: układ czasowy 555. Ponieważ sieć zawiera różnorodne strony poświęcone temu układowi, możesz stawiać pod znakiem zapytania konieczność omawiania go tutaj, ale są ku temu trzy powody:

1. Nie ma możliwości pominięcia tego układu. Najzwyczajniej w świecie musisz go znać. Według oceny niektórych źródeł rocznie nadal produkuje się około miliarda kości tego typu. Będzie on używany w większości pozostałych układów elektronicznych tej książki.
2. Ze względu na swoją solidność, różnorodność zastosowań oraz oferowanie dwóch funkcji — komparatora i przerzutnika dwustanowego — którymi będziemy się zajmować później, nadaje się idealnie do wprowadzenia w układy scalone.
3. Po przeczytaniu wszystkich przewodników po układzie 555, jakie udało mi się znaleźć, poczynając od oryginalnych kart katalogowych firmy Fairchild Semiconductor, aż po różnorodne teksty napisane przez hobbystów, doszedłem do wniosku, iż wewnętrzny sposób funkcjonowania tego układu jest bardzo rzadko wyjaśniany w sposób zupełnie przejrzysty. Chcę przedstawić w sposób graficzny to, co dzieje się w środku, ponieważ jeśli tego nie zrozumiesz, nie będziesz w stanie korzystać z tej kości w sposób kreatywny.

Potrzebne będą:

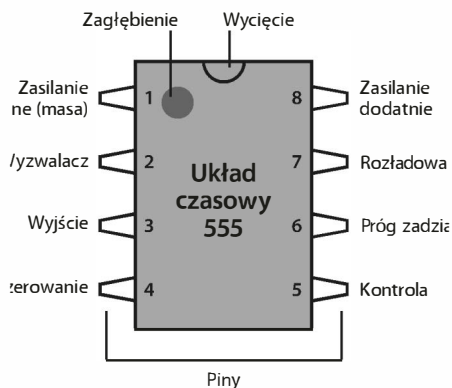
- 9-woltowe źródło zasilania,
- płytka prototypowa, przewody i miernik,
- liniowy potencjometr 5 k Ω , liczba: 1,
- układ czasowy 555, liczba: 1,
- rezystory i kondensatory o różnych wartościach,
- mikroprzełączniki SPST, liczba: 2,
- dioda LED (dowolnego typu), liczba: 1.

Procedura

Kość 555 jest bardzo solidnym układem, ale mimo to nadal możesz uszkodzić ją zwykłym impulsem ładunku elektrostatycznego. Dlatego, aby uniknąć takiego niebezpieczeństwa, powinieneś uziemić się przed dotknięciem układu palcami. Więcej na ten temat dowiesz się z ostrzeżenia „Uziemianie siebie” w dalszej części tego rozdziału. Choć ostrzeżenie to odnosi się do kości typu CMOS, które są szczególnie narażone na uszkodzenia ładunkiem statycznym, częste uziemianie siebie jest dobrym środkiem zaradczym.

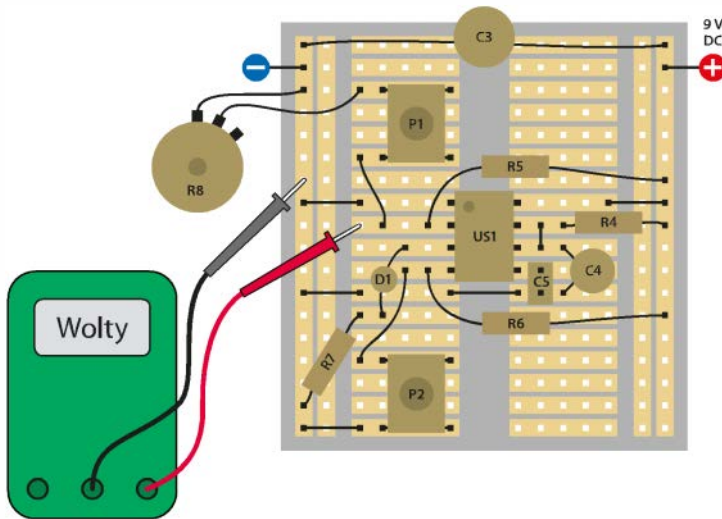
Poszukaj małego zaokrąglenia w obudowie kości i odwróć ją tak, aby było ono widoczne w lewym górnym rogu z rzędami nóżek skierowanymi w dół. Zamiast wgłębienia kość może posiadać wycięcie na jednym z końców obudowy; w takim przypadku obróć ją tak, aby wycięcie znalazło się u góry.

Piny kości są zawsze numerowane przeciwnie do ruchu wskazówek zegara, zaczynając od pinu w lewym górnym rogu (obok zagłębienia). Na rysunku 4.13 pokazane zostały nazwy pinów układu czasowego 555. Znajomość większości z nich nie jest Ci teraz jeszcze potrzebna.



Rysunek 4.13. Kość układu czasowego 555 widziana z góry. Piny układu scalonego są zawsze numerowane przeciwnie do ruchu wskazówek zegara, zaczynając od pinu w lewym górnym rogu (oznaczonego specjalnym okrągłym zagłębieniem w obudowie)

Wstaw kość do płytki prototypowej tak, aby jej piny były rozdzielone kanałem biegnącym przez jej środek. Teraz możesz bez większego wysiłku dostarczyć napięcie do pinów po obu stronach i odczytać sygnały, które się na nich pojawiają. Szczegółowy schemat połączeń pierwszego projektu pokazuje rysunek 4.14. Układ czasowy został oznaczony jako US1 (skrót od słów „układ scalony”).



Rysunek 4.14. Ten obwód pozwoli Ci odkryć zachowanie układu czasowego 555. Użyj swojego miernika do monitorowania stanu drugiego pinu zgodnie z rysunkiem. Rezystory R1, R2 i R3 oraz kondensatory C1 i C2 zostaną dodane później. Wartości komponentów na tym schemacie:

- R4: 100 k Ω
- R5: 2,2 k Ω
- R6: 10 k Ω
- R7: 1 k Ω
- R8: potencjometr liniowy 5 k Ω
- C3: 100 μ F elektrolityczny
- C4: 47 μ F elektrolityczny
- C5: 0,1 μ F ceramiczny
- US1: układ czasowy 555
- P1, P2: mikroprzełączniki SPST (przyciski)
- D1: dowolna dioda LED

R5 utrzymuje dodatni potencjał na wyzwalaczu (pin nr 2) do momentu naciśnięcia przycisku P1, który obniża napięcie stosowane do ustawienia potencjometru R8. Kiedy napięcie na nóżce wyzwalacza (komparatora) spadnie poniżej jednej trzeciej zasilania, pin wyjściowy kości (nr 3) przechodzi w stan wysoki na okres zdeterminowany przez wartości R4 i C4. Przełącznik P2 wyzerowuje układ czasowy przez zmniejszenie napięcia na pinie numer 4 („wyzerowanie”), a kondensator C5 izoluje pin numer 5 tak, aby ten nie zaburzał pracy naszego układu testowego. (Piny kontroli użyjemy w przyszłych eksperymentach)

Wszystkie układy scalone wymagają zasilania. Kość typu 555 jest zasilana ujemnym napięciem na pinie numer 1 i dodatnim na pinie numer 8. Jeśli przez przypadek odwrócisz napięcie, może to doprowadzić do nieodwracalnego uszkodzenia kości, dlatego bądź ostrożny podczas tworzenia połączeń.

Wykresy na rysunku 4.17 pokazują, co dzieje się w układzie. Pierwszy wykres obrazuje napięcie przyłożone do pinu numer 2 przez losowe naciśnięcie przycisku i przy różnych ustawieniach potencjometru. Dolny wykres pozwala przekonać się, że układ 555 jest wyzwalany tylko i wyłącznie wtedy, kiedy napięcie na pinie numer 2 spadnie z wartości powyżej 3 V do wartości poniżej 3 V. Co takiego szczególnego jest w trzech woltach? Jest to jedna trzecia napięcia zasilania (9 V).

Oto, co należy zapamiętać z tego doświadczenia:

- Wyjście układu 555 (pin numer 3) generuje **dodatni** impuls, kiedy napięcie na wyzwalaczu (pin numer 2) spadnie **poniżej** jednej trzeciej napięcia zasilania.
- Układ 555 generuje zawsze dodatni impuls o **takiej samej długości** (o ile nie będziesz przedłużał stanu niskiego napięcia na pinie numer 2).
- **Duża** wartość rezystora R4 lub kondensatora C4 spowoduje **wydłużenie** impulsu.
- Wyjście w stanie wysokim (pin 3) ma napięcie niemal równe napięciu zasilania. Kiedy wyjście przejdzie w stan niski, jego stan będzie równy niemal zeru.

Układ 555 przetworzył ułomny świat wokół siebie w dokładny i godny zaufania sygnał wyjściowy. Nie przelącza się ze stanu wyłączonego do włączonego natychmiastowo, ale jest dostatecznie szybki, **aby sprawić takie wrażenie** .

Teraz kolejna rzecz do wypróbowania. Uruchom układ tak, aby zapaliła się dioda LED. W czasie gdy dioda się świeci, naciśnij P2 — drugi przycisk, który zwiera pin czwarty („wyzerowanie”) do masy. Dioda powinna natychmiastowo zgasnąć.

Kiedy napięcie wyzerowujące przejdzie w stan **niski** , również wyjście przechodzi w taki stan, niezależnie od tego, jaki potencjał ma pin wyzwalający.

Zanim przejdziemy do bardziej praktycznego użycia układu czasowego, powinniśmy zauważyć jeszcze jedną rzecz. Umieściłem w obwodzie rezystory R5 i R6, dzięki którym układ nie emituje impulsu po pierwszym włączeniu, ale jest do tego gotowy. Te rezystory dostarczają dodatnie napięcie do pinów, wyzwalające i resetujące, aby mieć pewność, że układ będzie przygotowany do emitowania impulsów zaraz po jego zasileniu.

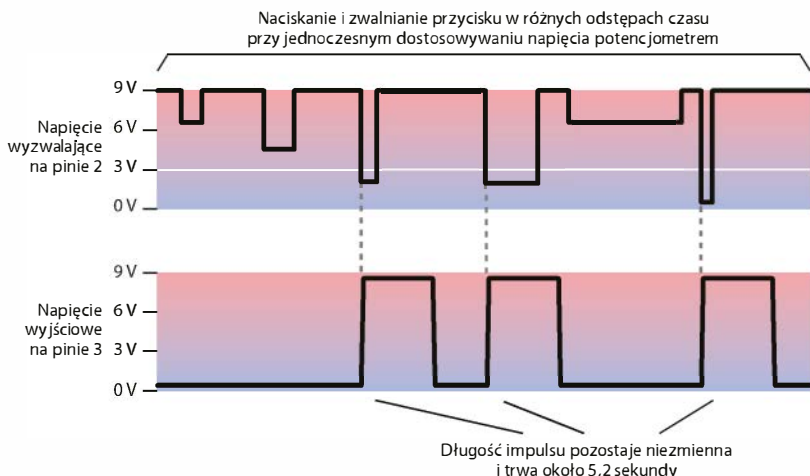
Dopóki napięcie **wyzwalające** ma stan **wysoki** , układ **nie wygeneruje** impulsu. (Impuls zostanie wygenerowany, kiedy napięcie wyzwalające spadnie).

Dopóki napięcie **zerujące** będzie **wysokie** , układ czasowy **będzie w stanie** podtrzymywać impuls (zakończy go dopiero, kiedy napięcie zerujące spadnie).

R5 i R6 określane są mianem „rezystorów podciągających”, ponieważ podciągają napięcie. Ich działanie można bardzo łatwo pokonać przez podłączenie ich bezpośrednio do ujemnej strony zasilania. Typowy rezystor podciągający dla układu 555 ma wartość 10 k Ω . Przy 9-woltowym zasilaniu przepuszcza zaledwie 0,9 mA (co wynika z prawa Ohma).

W końcu zastanawiająca może być obecność kondensatora C5 podłączonego do pinu numer 5. Pin ten określan jest mianem pinu „kontrolnego”, co oznacza, że dostarczając mu napięcia, jesteś w stanie kontrolować czułość układu czasowego. Do szczegółów dojdziemy za chwilę. Ponieważ teraz nie używamy tej funkcji, dobrym zwyczajem jest podłączyć to wyprowadzenie do kondensatora, aby chronić je przed wahaniami napięcia, które mogłoby prowadzić do zakłócenia normalnego funkcjonowania.

Poświęć trochę czasu na dokładne zapoznanie się z funkcjonowaniem układu 555, zanim przejdziesz do dalszej części rozdziału.



Rysunek 4.17. Wykres u góry pokazuje napięcie na pinie wyzwalającym (numer 2) dla różnych odstępów czasu, pomiędzy którymi naciskany jest przycisk, oraz przy różnych ustawieniach potencjometru. Dolny wykres prezentuje stan wyjścia (pin numer 3), którego wartość rośnie niemal do wartości zasilania, kiedy napięcie na pinie numer 2 spada poniżej jednej trzeciej pełnego napięcia zasilania

PODSTAWY

Poniższa tabela pokazuje czas trwania impulsu z układu 555 w stanie monostabilnym:

- Czas trwania w sekundach przy zaokrągleniu do dwóch miejsc po przecinku.
- Skala pozioma pokazuje wartość rezystorów pomiędzy pinem numer 7 i dodatnim napięciem zasilania.

- Skala pionowa pokazuje typowe wartości kondensatora pomiędzy pinem numer 6 i ujemnym napięciem zasilania.

Aby wyznaczyć inny czas trwania impulsu, pomnóż rezystancję (wyrażoną w kiloomach) przez pojemność (wyrażoną w mikrofaradach) i przez wartość 0,0011. Powstały wynik będzie czasem trwania impulsu wyrażonym w sekundach.

Tabela 4.1. Długość trwania impulsu z układu czasowego 555 w zależności od wartości kondensatora $C4$ i rezystora $R4$ w trybie monostabilnym

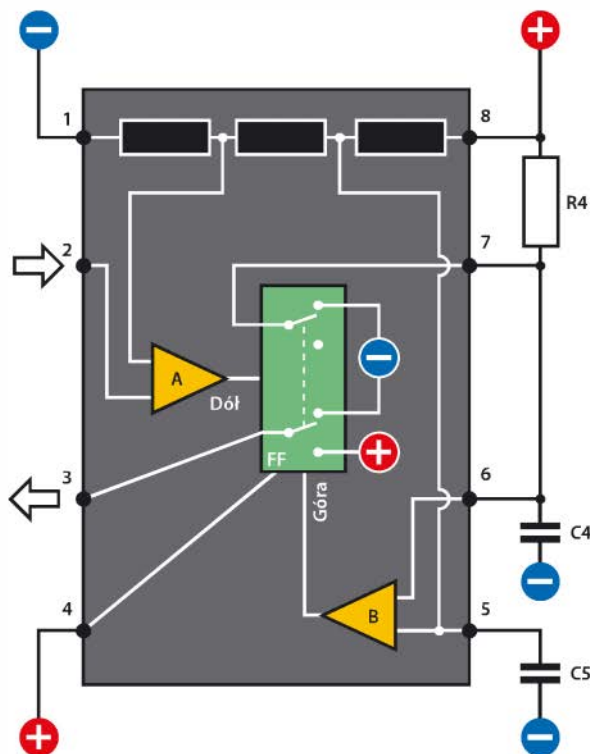
47 μF	0,05	0,11	0,24	0,52	1,1	2,4	5,2	11	24	52
22 μF	0,02	0,05	0,11	0,24	0,53	1,1	2,4	5,3	11	24
10 μF	0,01	0,02	0,05	0,11	0,24	0,52	1,1	2,4	5,2	11
4,7 μF		0,01	0,02	0,05	0,11	0,24	0,52	1,1	2,4	5,2
2,2 μF			0,01	0,02	0,05	0,11	0,24	0,53	1,1	2,4
1,0 μF				0,01	0,02	0,05	0,11	0,24	0,52	1,1
0,47 μF					0,01	0,02	0,05	0,11	0,24	0,52
0,22 μF						0,01	0,02	0,05	0,11	0,24
0,1 μF							0,01	0,02	0,05	0,11
0,047 μF								0,01	0,02	0,05
0,022 μF									0,01	0,02
0,01 μF										0,01
	1 k Ω	2,2 k Ω	4,7 k Ω	10 k Ω	22 k Ω	47 k Ω	100 k Ω	220 k Ω	470 k Ω	1 M Ω

Wewnątrz układu czasowego 555: tryb monostabilny

Plastikowa obudowa układu 555 zawiera płytkę półprzewodnikową, na której znajdują się dziesiątki połączeń tranzystorowych ułożonych według wzoru, który jest zbyt skomplikowany, aby go tutaj wyjaśniać. Niemniej jednak jestem w stanie wyjaśnić funkcję tych tranzystorów przez podzielenie ich na grupy zgodnie z rysunkiem 4.18. Na tym schemacie widać również zewnętrzny rezystor i dwa zewnętrzne kondensatory oznaczone w taki sam sposób, jak na rysunku 4.15.

Symbole zasilania dodatniego i ujemnego wewnątrz kości są w rzeczywistości tym samym źródłem zasilania, które podpięte zostało do nóżek, odpowiednio, 1 i 8. Dla przejrzystości pominąłem wewnętrzne połączenia pomiędzy tymi pinami.

Dwa żółte trójkąty to „komparatory”. Każdy z nich porównuje stan dwóch wejść (u podstawy trójkąta) i zwraca wynik (u szczytu trójkąta) zależny od tego, czy wejścia mają stan podobny czy też różny. W dalszej części tej książki będziemy używać komparatorów do innych celów niż teraz.



Rysunek 4.18. Wewnątrz układu czasowego 555. Białe linie oznaczają połączenia wewnątrz kości. A i B to komparatory. FF to przerzutnik, który może pozostawać w jednym z dwóch stanów, podobnie do przełącznika dwustanowego. Spadek napięcia na pinie numer 2 jest wykrywany przez komparator A, który wymusza przejście przerzutnika do pozycji „dolnej” i wysłanie dodatniego impulsu przez pin numer 3. Kiedy kondensator C4 naładuje się do dwóch trzecich napięcia zasilania, wartość ta jest wykrywana przez komparator B, który powoduje wyzerowanie przerzutnika do jego pozycji „górnjej”. To powoduje rozładowanie kondensatora C4 przez pin numer 7

Wewnątrz układu czasowego 555: tryb monostabilny (ciąg dalszy)

Zielony prostokąt oznaczony literami FF jest przerzutnikiem (ang. *flip-flop*). Przedstawiłem go w formie przełącznika DPDT, ponieważ tutaj wykonuje właśnie taką funkcję, chociaż w rzeczywistości nie posiada oczywiście żadnych ruchomych części.

W pierwszej chwili po zasileniu kości przerzutnik jest w pozycji „górnjej”, która powoduje dostarczanie niskiego napięcia przez pin wyjściowy numer 3. Jeśli przerzutnik otrzyma sygnał z komparatora A, przejdzie do pozycji „dolnej” i pozostanie w niej. Kiedy otrzyma sygnał z komparatora B, przeskoczy z powrotem do stanu „górnego” i pozostanie tam. Określenia „górnny” i „dolny” w odniesieniu do komparatorów pomogą Ci zapamiętać, co robi każdy z nich po swojej aktywacji.

Przerzutniki są jedną z fundamentalnych koncepcji w elektronice. Są niezbędnym elementem każdego komputera.

Zwróć uwagę na zewnętrzny przewód łączący pin siódmy z kondensatorem C4. Dopóki przerzutnik znajduje się w pozycji „górnjej”, drenuje napięcie pochodzące z rezystora R4 i uniemożliwia naładowanie kondensatora.

Jeżeli napięcie na pinie numer 2 spadnie do jednej trzeciej napięcia zasilania, fakt ten zostanie wykryty przez komparator A i przekształcony w dodatni impuls na pinie numer 3. Jednocześnie pin numer 7 zostanie odcięty od ujemnego zasilania i kondensator C4 zacznie ładować się poprzez rezystor R4. W tym czasie kontynuowany będzie dodatni impuls.

Wzrost napięcia na kondensatorze jest monitorowany przez komparator B poprzez pin numer 6, określane mianem pinu progu zadziałania. Kiedy ładunek na kondensatorze przekroczy dwie trzecie napięcia zasilania, komparator B wysła impuls do przerzutnika, powodując jego przełączenie do stanu pierwotnego. To powoduje rozładowanie kondensatora przez pin numer 7, nazywany pinem rozładowania. Ponadto przerzutnik kończy dodatni stan zasilania na pinie numer 3 i zastępuje go zasilaniem ujemnym. W ten sposób układ 555 wraca do swojego oryginalnego stanu.

Podsumuję tę sekwencję wydarzeń bardzo prosto:

1. Początkowo przerzutnik łączy do masy kondensator i wyjście (pin 3).
2. Spadek napięcia na pinie numer 2 do jednej trzeciej napięcia zasilania lub jeszcze niżej zmienia stan wyjścia (pin 3) na wysoki potencjał i umożliwia rozpoczęcie ładowania kondensatora C4 przez rezystor R4.
3. Kiedy kondensator osiągnie dwie trzecie napięcia zasilania, układ rozładowuje go, a wyjście na pinie trzecim wraca do stanu niskiego.

W takiej konfiguracji układ 555 jest „monostabilny”, tzn. generuje wyłącznie jeden impuls. Wygenerowanie kolejnego wymaga jego ponownego pobudzenia.

Długość każdego impulsu możesz dostosować, zmieniając wartości R4 i C4. Jak dobrać odpowiednie wartości? Sprawdź w zamieszczonej wcześniej tabeli 4.1, która przedstawia przybliżone czasy i pozwala wywnioskować ogólny wzór do samodzielnego wyliczania wartości.

Postanowiłem nie umieszczać w tabeli impulsów krótszych niż 0,01 sekundy, ponieważ tak krótki okres ich trwania sprawia, że są one mało przydatne. Wartości w tabeli zostały zaokrąglone do dwóch miejsc znaczących — bardzo rzadko można spotkać wartości pojemności podawane z większą precyzją niż ta.

Jak powstał układ czasowy

W latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku, kiedy przemysł półprzewodnikowy dopiero kielkował w Dolinie Krzemowej, mała firma o nazwie Signetics kupiła pomysł inżyniera Hansa Camenzinda. Była to przełomowa koncepcja — zaledwie 23 tranzystory i kilka rezystorów funkcjonujących jako programowalny układ czasowy. Układ był wszechstronny, stabilny i prosty, ale te cechy były jedynie dodatkiem do głównej cechy marketingowej — użycia rozwijającej się technologii układów scalonych, dzięki której Signetics mógł reprodukować cały układ na płycie krzemowej.

Powstanie układu było efektem prób i błędów. Camenzind pracował samodzielnie, początkowo budując urządzenie w dużej skali na płycie prototypowej przy użyciu dostępnych na rynku tranzystorów, rezystorów i diod. Kiedy całość zadziałała, zaczął ją modyfikować, podstawiając nieco zmienione wartości komponentów, aby przekonać się, czy obwód będzie tolerował odchylenia powstające w procesie produkcji, a także inne czynniki, takie jak zmiany temperatury wynikające z nagrzewania się kości w czasie pracy. Wykonał minimum 10 różnych wersji układu, a praca zajęła mu kilka miesięcy.

Następnie przyszła pora na prace rzeźbiarskie. Camenzind zasiadł przy swojej desce projektowej i używając specjalnie przystosowanego noża firmy X-Acto, wyrzeźbił swój obwód w dużym kawałku plastiku. Signetics zmniejszył ten obraz metodami fotograficznymi w stosunku 300 do 1. Tak powstały wzór zaczęto przenosić na półprzewodnikowe płytki, które następnie osadzano w półcałowej plastikowej obudowie z nadrukowanym na górze numerem części. W ten sposób narodził się układ czasowy 555.

Układ czasowy 555 okazał się jedną z najbardziej udanych kości w całej historii układów scalonych, zarówno pod względem liczby sprzedanych sztuk (dziesiątki miliardów), jak i długowieczności samego projektu (bez zmian od niemal czterdziestu lat). Układ 555 był używany we wszystkim, poczynając od zabawek po pojazdy kosmiczne. Jest w stanie migać światłami, aktywować układy alarmowe, wstawiać przerwy pomiędzy sygnały dźwiękowe, a także tworzyć te sygnały.

Dzisiaj układy scalone projektowane są przez duże zespoły ludzi, a ich działanie testuje się przy użyciu specjalnych programów komputerowych. Inaczej mówiąc, układy scalone w komputerach umożliwiają projektowanie jeszcze większej liczby takich urządzeń. Czasy samodzielnych projektantów, takich jak Hans Camenzind, dawno odeszły w niepamięć, ale ich geniusz jest nadal widoczny wewnątrz każdego układu scalonego 555, który schodzi z taśm produkcyjnych. (Jeżeli chciałbyś dowiedzieć się czegoś więcej o historii układów scalonych, zajrzyj tutaj: www.siliconvalleyhistorical.org).



Rysunek 4.19. Hans Camenzind, wynalazca i projektant układu czasowego 555, stworzonego dla firmy Signetics

Na czym polega użyteczność układu 555

W swoim stanie monostabilnym (który właśnie widziałeś) układ 555 generuje pojedynczy impuls o ustalonej (ale programowalnej) długości. Czy potrafisz sobie wyobrazić, jak można wykorzystać takie działanie? Załóż, że impuls z 555 będzie kontrolował inny komponent — być może czujnik ruchu oświetlenia drzwi frontowych. Kiedy działający w podczerwieni detektor ruchu „zobaczy” coś ruchomego, zapala światło na ustalony przedział czasu. Kontrolę nad tym czasem może sprawować układ 555.

Innym zastosowaniem mógłby być toster. Dźwignia opuszczająca tosty do środka zamyka obwód rozpoczynający cykl podgrzewania. Do zmiany czasu trwania cyklu mógłbyś użyć potencjometru w miejsce rezystora R4, umieszczając go gdzieś w zewnętrznej obudowie, jako pokrętło ustawiające stopień przypieczenia tostów. Pod koniec cyklu tostowania wyjście z układu 555 zostałoby przepuszczone przez tranzystor mocy, aby aktywować solenoid (przypominający przełącznik, ale bez kontaktów) odpowiedzialny za podniesienie tostów do góry.

Przerywany cykl pracy wycieraczek samochodowych mógłby być kontrolowany przez układ 555 — we wcześniejszych modelach samochodów faktycznie tak było.

A co z alarmem antywłamaniowym opisanym pod koniec rozdziału trzeciego? Nie wykonaliśmy jeszcze jednej z wymienionych tam cech — przerwania pracy po ustalonym czasie. Do realizacji tej funkcji możemy wykorzystać zmianę stanu wyjściowego układu 555.

Eksperyment, który właśnie wykonałeś, wydaje się być trywialny, ale dzięki niemu przedstawiona została cała rzesza możliwych zastosowań.

Ograniczenia układu 555

1. Układ może pracować przy zasilaniu stabilnym napięciem z zakresu od 5 do 15 V.
2. Większość producentów zaleca stosowanie na pinie numer 7 rezystora o wartości od 1 k Ω do 1 M Ω .
3. Jeśli potrzebujesz długiego czasu trwania impulsu, możesz użyć dowolnie dużej wartości kondensatora, ale precyzja układu ulegnie pogorszeniu.
4. Na wyjściu możliwy jest prąd o maksymalnej wartości 100 mA, przy zasilaniu rzędu 9 V. Taka wartość powinna wystarczyć dla małego przełącznika lub miniaturowego głośnika, o czym przekonasz się podczas następnego eksperymentu.

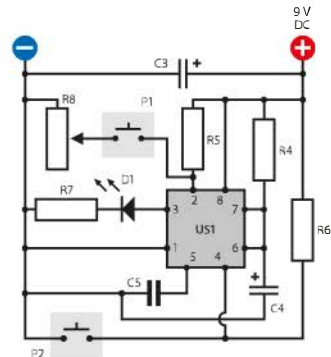


Unikaj zmiany kolejności pinów na schematach!

Na wszystkich schematach w tej książce będę rysował układy scalone tak, jakbyś patrzył na nie z góry — z pinem numer jeden w lewym górnym rogu. Na schematach, które zobaczysz w sieci lub w książkach innych autorów, możesz spotkać się z odmienną praktyką. Dla wygody układy scalone będą rysowane z poprzestawianymi numerami pinów — zatem obok pinu numer 1 niekoniecznie pojawi się pin numer 2.

Przyjrzyj się schematowi na rysunku 4.20 i porównaj go ze schematem na rysunku 4.15. Połączenia są takie same, ale schemat z rysunku 4.20 grupuje piny, aby zredukować domniemany stopień skomplikowania połączeń.

Przestawianie pinów jest powszechną praktyką, ponieważ pozwala na to wiele programów służących do rysowania schematów. Przy większych ilościach przestawianie kolejności jest wręcz niezbędne w celu zachowania funkcjonalnej przejrzystości schematu (np. w przypadku logicznego pogrupowania pinów współpracujących z pamięcią). Uważam jednak, że z punktu widzenia poznawania układów scalonych pierwszy raz łatwiej będzie zrozumieć schematy, jeśli pozycje pinów będą odpowiadać ich numerom. Tego założenia będę się trzymał.



Rysunek 4.20. Wielu elektroników rysuje schematy, w których numery pinów są poprzestawiane w celu uproszczenia lub przynajmniej objętościowego zmniejszenia rysunku. Stanowi to pewne utrudnienie podczas budowania układu. Pokazany tutaj schemat odpowiada temu przedstawionemu na rysunku 4.15. Ta wersja byłaby trudniejsza do odtworzenia na płytce prototypowej

Eksperyment 17: Ustawianie wysokości tonu

Pokażę Ci dwa inne sposoby wykorzystania układu czasowego 555.

Potrzebne będą te same elementy, których użyłeś podczas eksperymentu numer 16, plus:

- dodatkowy układ czasowy 555, liczba: 1,
- miniaturowy głośnik, liczba: 1,
- potencjometr liniowy 100 k Ω , liczba: 1.

Procedura

Pozostaw komponenty z eksperymentu numer 16 na płytce, tam gdzie są, i dodaj kolejną sekcję poniżej. Patrz rysunek 4.21. W poprzednim układzie piny 6 i 7 były zwarte, teraz znajduje się między nimi rezystor R2. Nie ma również zewnętrznego podpięcia do pinu numer 2. Zamiast tego pin numer 2 jest połączony przewodem do pinu numer 6. Najprostszym sposobem zrealizowania tego połączenia jest przejście przewodem górą nad obudową kości.

Schemat z rysunku 4.22 nie zawiera kondensatora wygładzającego. Zakładam, że uruchamiasz ten układ na tej samej płytce prototypowej, na której wykonywałeś poprzedni eksperyment, i kondensator wygładzający nadal tam jest.

W celu zademonstrowania wyjścia z układu zastąpimy diodę LED głośnikiem połączonym szeregowo z rezystorem 100 Ω (R3). Nie zamierzam zerować układu, dlatego odpowiedzialny za tę funkcję pin numer 4 został wyłączony z użycia przez podłączenie go do dodatniego napięcia zasilania.

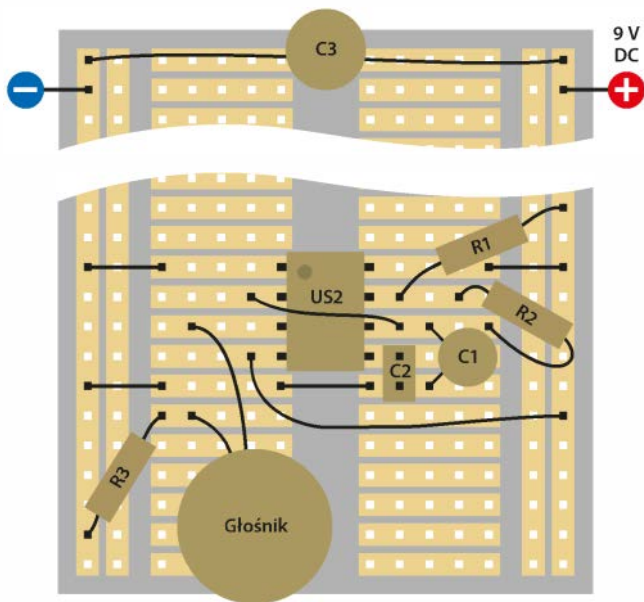
Co się stanie, kiedy podłączysz zasilanie? Powinieneś od razu usłyszeć hałas z głośnika. Jeśli nic nie słyszysz, niemal na pewno popełniłeś błąd w połączeniach.

Zauważ, że nie musisz już teraz aktywować kości za pomocą przycisku. Wynika to z faktu, iż podczas ładowania i rozładowywania kondensatora C1 zmieniające się napięcie trafia przez przewód przechodzący nad obudową kości do pinu numer 2 (wyzwalacza). W ten sposób układ 555 wyzwala się samodzielnie. Jeśli chcesz wiedzieć dokładnie, co się dzieje, zajrzyj do sekcji „Teoria. Wewnątrz układu czasowego 555: tryb astabilny”, gdzie dokładnie wyjaśniam to zachowanie.

W tym trybie układ jest „astabilny”, czyli niestabilny, ponieważ przelacza się bez przerwy z jednej pozycji do drugiej i z powrotem. Cykl powtarza się nieprzerwanie. Zatrzymać może go tylko odłączenie zasilania. Impulsy są tak szybkie, iż można je usłyszeć w formie szumu wytwarzanego przez głośnik.

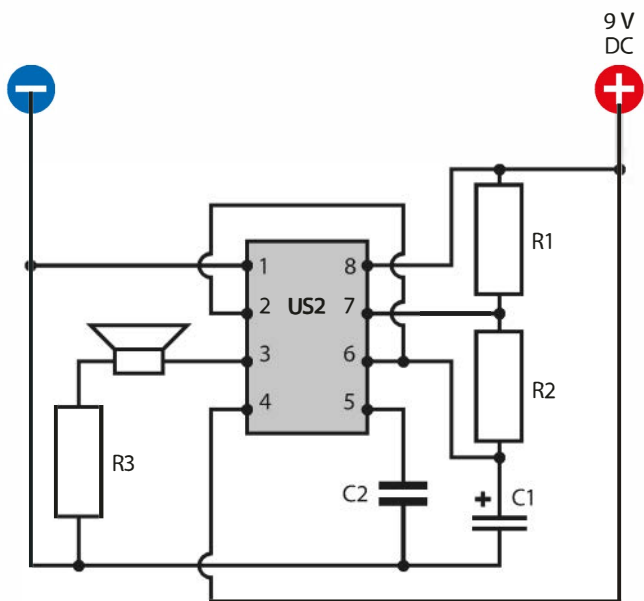
Wartości rezystorów R1, R2 i kondensatora C1 sprawiają, iż układ 555 generuje około 1500 impulsów na sekundę. Innymi słowy, wytwarza dźwięk o częstotliwości 1,5 kHz.

Zajrzyj do tabeli 4.1, aby przekonać się, jak różne wartości R2 i C1 mogą wpłynąć na częstotliwość generowanych impulsów w trybie astabilnym. Pamiętaj, iż treść tabeli zakłada wartość 1 k Ω dla rezystora R1!



Rysunek 4.21. Komponenty powinny zostać dodane do tej samej płytki prototypowej, poniżej komponentów pokazanych na rysunku 4.14. Do przetestowania układu 555 w trybie astabilnym użyj następujących wartości komponentów:

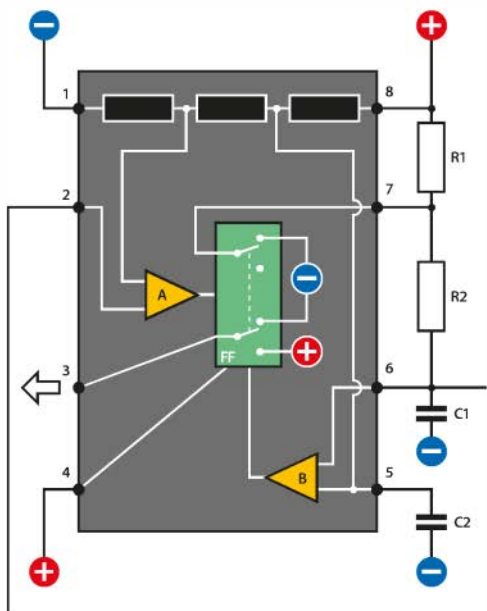
- R1: 1 k Ω
- R2: 10 k Ω
- R3: 100 Ω
- C1: 0,047 μ F ceramiczny
lub elektrolityczny
- C2: 0,1 μ F ceramiczny
- US2: układ czasowy 555



Rysunek 4.22. Schematyczna wersja obwodu pokazanego na rysunku 4.21. Wartości komponentów są takie same

Wewnątrz układu czasowego 555: tryb astabilny

Pomocą w przedstawieniu tego, co się dzieje, będzie ilustracja na rysunku 4.23. Początkowo przerzutnik zwiiera C1 do masy w taki sam sposób, jak miało to miejsce poprzednio, ale niskie napięcie kondensatora jest podłączone zewnętrznym przewodem od pinu numer 7 do pinu numer 2. Niskie napięcie powoduje wyzwolenie układu. Przerzutnik posłusznie przechodzi do pozycji włączonej i wysyła dodatni impuls do głośnika, usuwając jednocześnie ujemny potencjał z pinu numer 7.



Rysunek 4.23. W układzie astabilnym między pinami numer 6 i 7 umieszczony jest rezystor R2, a sam pin 6 jest połączony zewnętrznym przewodem z pinem numer 2. W ten sposób układ 555 wyzwala sam siebie

Teraz, podobnie jak miało to miejsce podczas pracy w trybie monostabilnym, C1 zaczyna się ładować, z tą różnicą, iż robi to przez połączone szeregowo rezystory R1 i R2. Ponieważ rezystory oraz sam kondensator C1 mają małą wartość, ładowanie trwa bardzo krótko. Po osiągnięciu dwóch trzecich pełnego napięcia zasilania komparator B podejmuje taką samą akcję jak wcześniej i rozładowuje kondensator, kończąc impuls na pinie numer 3.

Rozładowanie trwa dłużej niż wcześniej, ponieważ pomiędzy pin rozładowujący (numer 7) a kondensator

wstawiony został rezystor R2. Gdy kondensator rozładowuje się, jego napięcie spada, a nadal pozostaje połączony z pinem numer 2. Kiedy potencjał spadnie do jednej trzeciej napięcia zasilania, komparator A przystępuje do działania i wysyła kolejny impuls do przerzutnika, zaczynając cały proces od nowa.

Podsumowując:

1. W trybie astabilnym, natychmiast po podłączeniu zasilania, przerzutnik zmniejsza napięcie na pinie numer 2, wyzwalaając komparator A, który przełącza przerzutnik do pozycji „dolnej”.
2. Pin wyjściowy (3) przechodzi w stan wysoki, a kondensator zaczyna się ładować przez połączone szeregowo rezystory R1 i R2.
3. Kiedy kondensator naładowuje się do dwóch trzecich napięcia zasilania, przerzutnik przechodzi do stanu „górnego”, a napięcie na wyjściu (pin numer 3) spada. Kondensator zaczyna rozładowywać się przez rezystor R2.
4. Kiedy napięcie na kondensatorze spadnie do jednej trzeciej napięcia zasilania, pociągnięty w dół potencjał pinu numer 2 wyzwala ponownie przerzutnik i cały cykl zaczyna się od nowa.

Nierówne długości stanów włączonego i wyłączzonego

Kiedy układ pracuje w trybie astabilnym, kondensator C1 ładuje się przez połączone szeregowo rezystory R1 i R2, ale podczas rozładowania ładunek „ucieka” jedynie przez R2. Oznacza to, że więcej czasu zajmuje naładowanie kondensatora niż jego rozładowanie. Podczas ładowania pin numer 3 jest w stanie wysokim, podczas rozładowania w stanie niskim. Konsekwencją tego jest zawsze dłuższy czas trwania stanu włączonego (wysokiego) w porównaniu do stanu wyłączzonego (niskiego). Tę regułę w formie wykresu pokazuje rysunek 4.24.

Jeżeli chcesz, aby stan wysoki i niski trwały jednako długo, lub chcesz dopasować czas trwania jednego z tych stanów niezależnie od drugiego (na przykład wysłać bardzo krótki impuls do drugiej kości, a następnie odczekać dłużej przed kolejnym takim impulsem), wystarczy, że dodasz diodę, tak jak pokazuje to rysunek 4.25.

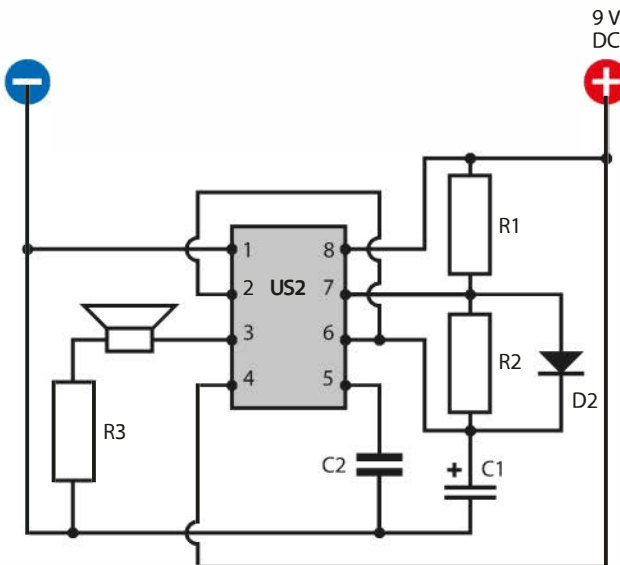
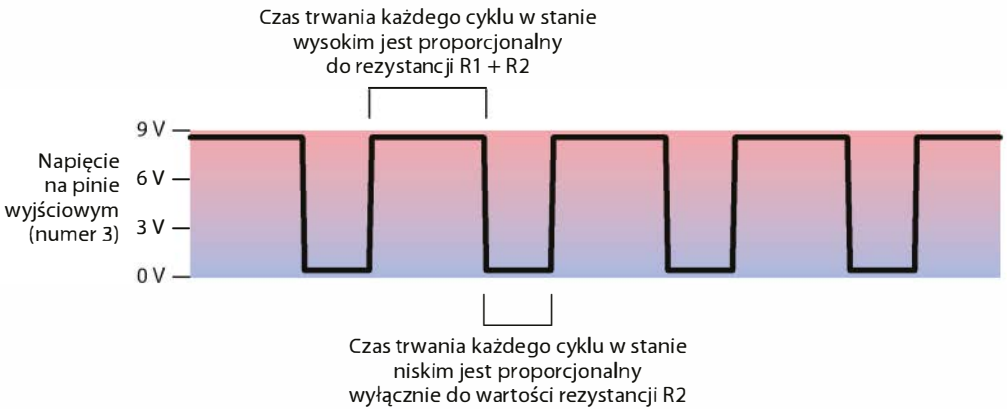
Wewnątrz układu czasowego 555: tryb astabilny (ciąg dalszy)

Teraz po naładowaniu kondensatora C1 prąd płynie przez R1 tak jak poprzednio, ale omija R2, wybierając skrót przez diodę D1. Podczas rozładowywania dioda blokuje przepływ prądu w odwrotnym kierunku, zatem rozładowanie musi nastąpić przez rezystor R2.

Po dołożeniu diody R1 kontroluje samodzielnie czas ładowania, a R2 czas rozładowania. Wzór pozwalający wyliczyć częstotliwość przedstawia się następująco:

$$\text{Częstotliwość} = 1,44 / ((R1 + R2) \times C1) \text{ lub } \text{Częstotliwość} = 1,4 / ((R1 + R2) \times C1)$$

Jeżeli dobierzesz rezystancje w taki sposób, aby $R1 = R2$, uzyskasz cykle stanu wysokiego i niskiego o niemal takiej samej długości („niemal”, ponieważ sama dioda wprowadza spadek napięcia rzędu 0,6 V). Dokładna wartość zależy od procesu technologicznego użytego do wytworzenia diody.



Rysunek 4.24. Układ czasowy w swojej typowej konfiguracji astabilnej ładuje kondensator przez rezystancję $R1 + R2$, a następnie rozładowuje ją wyłącznie przez R2. Stąd cykle w stanie wysokim są dłuższe od cykli w stanie niskim

Rysunek 4.25. Modyfikacja schematu z rysunku 4.22. Dodając diodę do układu czasowego 555 pracującego w stanie astabilnym, eliminujemy R2 z cyklu ładowania kondensatora C1. Teraz możemy dostosować czas impulsu wysokiego (włączonego) wartością R1, a czas impulsu niskiego (wyłączonego) wartością R2. Oba czasy stają się niezależne od siebie

Poniższa tabela pokazuje częstotliwość pracy układu czasowego 555 w trybie astabilnym:

- Częstotliwość jest wyrażona w liczbie impulsów na sekundę przy zaokrągleniu do jednego miejsca po przecinku.
- Skala pozioma pokazuje typowe wartości rezystancji dla rezystora R2.
- Skala pionowa pokazuje typowe wartości dla kondensatora C1.
- Przyjętą wartością rezystora R1 jest 1 kΩ.

Aby wyliczyć inną częstotliwość, pomnóż R2 przez dwa, wynik dodaj do R1, powstałą sumę pomnóż przez C1. Otrzymaną wartość użyj jako dzielnika liczby 1440:

$$\text{Częstotliwość} = 1440 / ((R1 + 2 \times R2) \times C1) \text{ Hz}$$

W tym wzorze R1 i R2 wyrażone są w kiloomach, C1 jest w mikrofaradach, a wyliczona częstotliwość w hercach (cyklach na sekundę). Zauważ, że częstotliwość jest mierzona od startu jednego impulsu do startu następnego. Czas trwania impulsu jest różny od przerwy między nimi. Ten problem był omawiany w poprzedniej sekcji.

Tabela 4.2. Częstotliwość pracy układu czasowego w trybie astabilnym

47 μF	10	5,7	3	1,5	0,7	0,3	0,2	0,1		
22 μF	22	12	6,3	3,1	1,5	0,7	0,3	0,2	0,1	
10 μF	48	27	14	6,9	3,2	1,5	0,7	0,3	0,2	0,1
4,7 μF	100	57	30	15	6,8	3,2	1,5	0,7	0,3	0,2
2,2 μF	220	120	63	31	15	6,9	3,3	1,5	0,7	0,3
1,0 μF	480	270	140	69	32	15	7,2	3,3	1,5	0,7
0,47 μF	1	570	300	150	68	32	15	7	3,3	1,5
0,22 μF	2,2	1,2	630	310	150	69	33	15	7	3,3
0,1 μF	4,8	2,7	1,4	690	320	150	72	33	15	7,2
0,047 μF	10	5,7	3	1,5	680	320	150	70	33	15
0,022 μF	22	12	6,3	3,1	1,5	690	330	150	70	33
0,01 μF	48	27	14	6,9	3,2	1,5	720	330	150	72
	1 kΩ	2,2 kΩ	4,7 kΩ	10 kΩ	22 kΩ	47 kΩ	100 kΩ	220 kΩ	470 kΩ	1 MΩ

Modyfikacje trybu astabilnego

Jeśli zastąpisz rezystor R2 potencjometrem 100 kΩ w układach pokazanych na rysunkach od 4.22 do 4.25, będziesz mógł dostosowywać częstotliwość w górę lub w dół przez zmianę położenia pokrętki.

Inna możliwość to dostrojenie układu czasowego poprzez pin numer 5 (zwany pinem kontroli), tak jak pokazuje to rysunek 4.26. Odcłóż kondensator, który był podłączony do tego pinu, i zastąp go połączonymi szeregowo rezystorami. R9 i R11 są rezystorami 1-kiloomowymi podłączonymi z obu stron do potencjometru 100-kiloomowego R10. Zapewniają one obecność minimum 1-kiloomowej rezystancji pomiędzy pinem a dodatnim i ujemnym napięciem zasilania. Podłączenie pinu bezpośrednio do zasilania nie uszkodzi kości, ale uniemożliwi generowanie słyszalnych dźwięków. W miarę kręcenia pokrętką potencjometru w obu kierunkach zmianie ulegać będzie częstotliwość. Jeżeli chcesz ustawić układ na generację konkretnej częstotliwości, użyj trymera zamiast potencjometru.

Główną zaletą dostosowywania częstotliwości poprzez pin numer 5 jest to, że możesz zrobić to zdalnie. Podłącz wyjście (pin numer 3) innego układu czasowego 555 pracującego wolniej w trybie astabilnym przez rezystor 2,2 k Ω do pinu numer 5. W ten sposób, kontrolując drugi układ pierwszym, uzyskasz syrenę dwutonową. Jeśli oprócz tego dodasz jeszcze kondensator 100 μ F między pinem numer 5 a masą, jego ładowanie i rozładowywanie zapewni efekt płynnego przechodzenia pomiędzy tonami (w przeciwnym razie przejścia będą dosyć gwałtowne). Opiszę ten temat dogłębnie już za moment. To prowadzi nas do całego zagadnienia kontrolowania jednej kości przez inną, które będzie przedmiotem ostatniej odmiany tego eksperymentu.

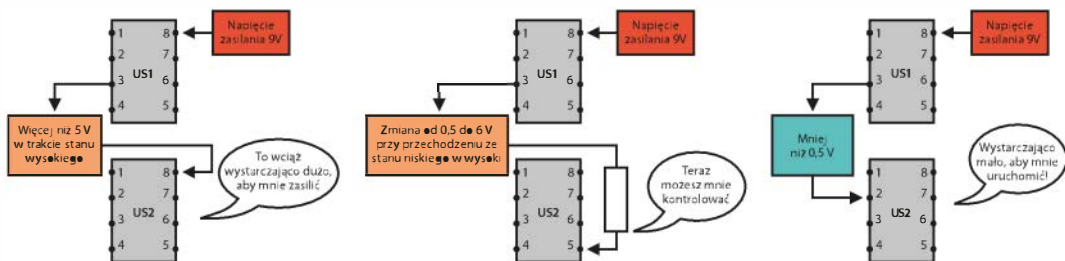
Łączenie kości w łańcuchach

Układy scalone projektowane są w taki sposób, aby mogły ze sobą „rozmawiać”. Układ 555 wręcz idealnie nadaje się do tego celu:

- Pin numer 3 (wyjście) jednego układu czasowego 555 może być podłączony bezpośrednio do pinu numer dwa (wyzwalacza) drugiej kości 555.
- Ewentualnie wyjście jest w stanie dostarczyć wystarczającą moc, aby zasilic pin numer 8 drugiego układu 555.
- Wyjście nadaje się również do zasilania innych typów kości.

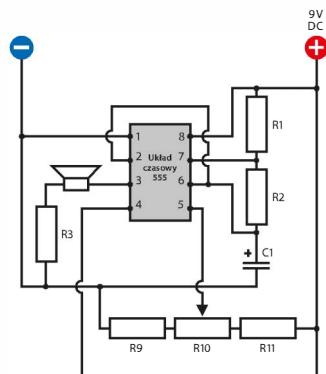
Powyższe opcje ilustruje rysunek 4.27.

Kiedy wyjście pierwszej kości 555 przechodzi w stan wysoki, osiąga wartość około 70–80% swojego napięcia zasilania. Innymi słowy, przy 9-woltowym zasilaniu stan wysoki ma wartość około 6 V. Ta wartość jest powyżej minimalnego progu 5 V, potrzebnego drugiej kości do poprawnego zadziałania komparatora, więc nie ma problemu.



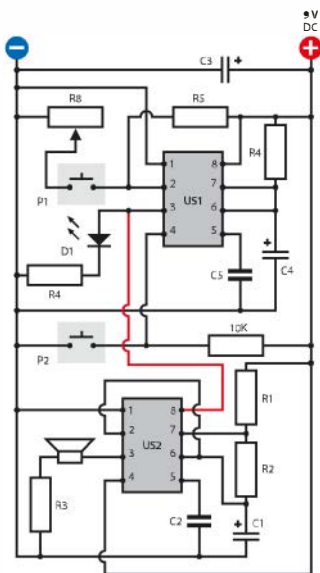
Rysunek 4.27. Trzy sposoby łańcuchowego połączenia układów czasowych 555. Wyjście pierwszej kości może zasilać drugą kość, wpływać na potencjał pinu kontroli lub aktywować pin wyzwalający

Możesz połączyć w łańcuch dwa układy 555, które masz już wpięte w płytkę prototypową. Rysunek 4.28 pokazuje, w jaki sposób połączyć ze sobą dwa obwody pokazane wcześniej na rysunkach 4.15 i 4.22. Przeciągnij przewód od pinu numer 3 (wyjścia) pierwszej kości do pinu numer 8 (dodatniego zasilania) drugiej kości, a następnie odłącz istniejący przewód łączący pin numer 8 z zasilaniem. Nowe połączenie zostało wyróżnione kolorem czerwonym. Jeśli teraz naciśniesz przycisk aktywujący pierwszą kość, jej wyjście zasili drugą kość.



Rysunek 4.26. Pin kontroli (numer 5) jest rzadko używany, ale może być użyteczny. Zmieniając jego potencjał, można dostosować szybkość działania. Powyższy układ pozwala przetestować to zachowanie. Wartości komponentów:

- $R1$: 1 k Ω
- $R2$: 10 k Ω
- $R3$: 100 Ω
- $R9$, $R11$: 1 k Ω
- $R10$: potencjometr liniowy 100 k Ω
- $C1$: 0,047 μ F

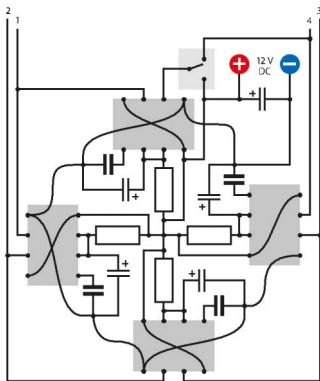


Rysunek 4.28. Możesz połączyć dwa układy pokazane na rysunkach 4.15 i 4.22 przez odłączenie przewodu zasilającego pin numer 8 drugiego układu i podłączenie innego (pokazanego na czerwono)

Możesz również użyć wyjścia z jednej kości do wyzwiania drugiej (łączyć pin numer 3 pierwszej kości z pinem numer 2 drugiej). Kiedy stan wyjścia pierwszej kości jest niski, ma wartość około pół wolta, czyli o wiele mniej, niż wynosi próg zadziałania drugiej kości. Dlaczego zatem takie połączenie ma sens? Możesz chcieć, aby oba układy czasowe pracowały w trybie monostabilnym. Wtedy koniec impulsu pierwszej kości (zboczne opadające) wyzwoli impuls drugiej kości. W ten sposób możesz zestawić dowolną liczbę kości, tworząc pętlę przez połączenie wyjścia ostatniej z wejściem wyzwalającym pierwszej. Stworzony układ mógłby oświetlać sekwencyjnie serię diod LED służących jako lampki choinkowe. Rysunek 4.29 pokazuje przykład takiego połączenia między czterema układami czasowymi 555 w konfiguracji, której celem jest zajęcie jak najmniejszej powierzchni (przy połączeniach punktowych na płytce perforowanej, ale nie na płytce prototypowej). Każde wyjście ponumerowane od 1 do 4 miałyby wystarczającą moc, aby sterować około dziesięcioma diodami LED, pod warunkiem iż ograniczysz przepływ prądu, stosując odpowiednio duży rezystor obciążający.

Nawiasem mówiąc, możesz ograniczyć liczbę kości, używając układów czasowych 556 zamiast 555. Kość 556 zawiera parę układów czasowych 555 w jednej obudowie. Ja nie zdecydowałem się na ten wariant, ponieważ nadal trzeba wykonać taką samą liczbę połączeń zewnętrznych (pomijając doprowadzenie zasilania).

Jest jeszcze kość 558, zawierająca cztery układy czasowe 555 skonfigurowane do pracy w trybie astabilnym. Postanowiłem nie korzystać z nich tutaj, ponieważ ich wyjścia zachowują się inaczej w porównaniu do zwykłych układów 555. Jeśli masz ochotę, możesz zaopatrzyć się w kość 558 i poeksperymentować samodzielnie. Nadaje się ona idealnie do zbudowania łańcuszka czterech układów, który sugerowałem wcześniej. Takie zastosowanie sugeruje nawet sama karta katalogowa.



Rysunek 4.29. Cztery układy czasowe 555 połączone w łańcuszek mogą sterować czterema zestawami diod, będących na przykład światłkami choinkowymi

Na koniec wróćmy jeszcze do pomysłu modyfikowania częstotliwości układu 555 w trybie astabilnym. Możesz połączyć łańcuchowo dwa układy zgodnie z ilustracją na rysunku 4.30. Czerwony przewód pokazuje połączenie z wyjścia pierwszego układu do pinu kontrolnego drugiego układu. Pierwszy układ jest teraz skonfigurowany do pracy w trybie astabilnym, co sprawia, że jego wyjście oscyluje pomiędzy stanem wysokim i niskim około cztery razy na sekundę. Sygnał wyjściowy zapala i gasi diodę LED (dzięki czemu możesz obserwować zachowanie układu) oraz steruje pinem kontroli drugiego układu poprzez rezystor R7.

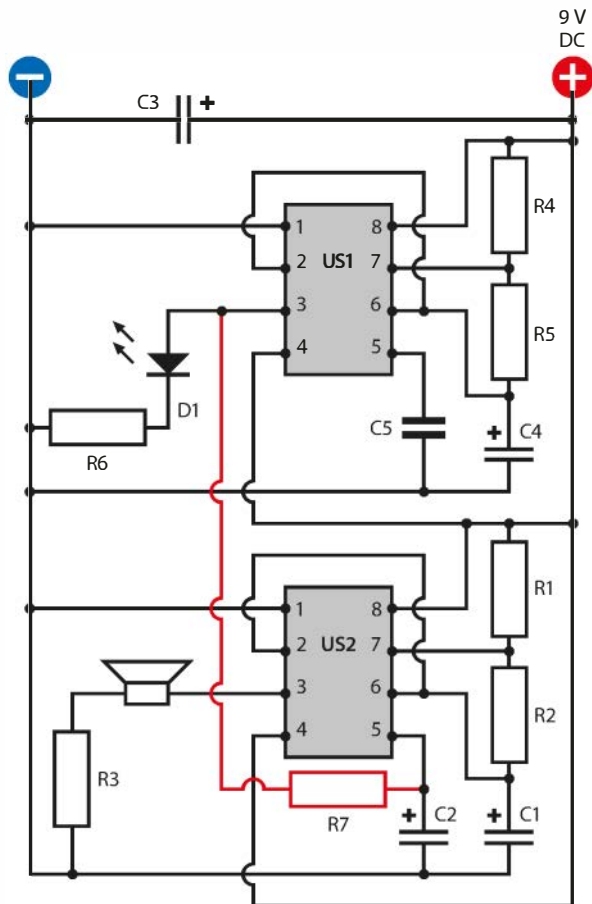
Po drodze jest jeszcze duży kondensator C2, który potrzebuje trochę czasu, aby naładować się przez rezystor R7. Podczas ładowania napięcie wykrywane przez pin numer 5 powoli rośnie, co sprawia, że ton generowany przez układ US2 stopniowo maleje. Układ US1 dochodzi do końca swojego cyklu włączonego i wyłącza się, co powoduje rozładowanie kondensatora C2 i spadek wysokości tonu generowanego przez US2.

Możesz modyfikować układ, tworząc wszelkie możliwe rodzaje dźwięku przy znacznie większym stopniu kontroli, niż dawały Ci tranzystory jednozłączowe używane wcześniej do tego samego celu. Oto kilka rzeczy, których mógłbyś spróbować:

- Zmniejsz lub zwiększ dwukrotnie wartość kondensatora C2.
- Pomiń zupełnie wartość kondensatora C2 i poeksperymentuj z wartością rezystora R7.
- Zastąp rezystor R7 potencjometrem 10 kΩ.

- Zmień kondensator C4, aby zwiększyć lub zmniejszyć czas cyklu kości US1.
- Zmniejsz o połowę wartość R5, zwiększając jednocześnie dwukrotnie wartość C4, dzięki czemu czas cyklu US1 pozostanie mniej więcej bez zmian, ale czas stanu wysokiego będzie znacznie dłuższy od czasu stanu wyłączonego.
- Zmień napięcie zasilania w obwodzie z 9 V na 6 lub 12 V.

Pamiętaj, że takimi zmianami nie jesteś w stanie uszkodzić układu czasowego 555. Upewnij się jedynie, iż ujemna strona zasilania jest podłączona do pinu numer 1, a dodatnia do pinu numer 8.



Rysunek 4.30. Kiedy oba układy czasowe są astabilne, ale US1 pracuje znacznie wolniej od US2, wyjście z układu US1 może zostać użyte do modulowania tonu generowanego przez US2. Zwróć uwagę, iż schemat został znacząco zmodyfikowany. Kilka komponentów ma teraz inną nazwę. Być może najlepszym sposobem uniknięcia błędów będzie zdemontowanie starego układu z płytki prototypowej i zbudowanie tej wersji od zera. Na początek spróbuj z następującymi wartościami:

- R1, R4, R6, R7: 1 k Ω
- R2, R5: 10 k Ω
- R3: 100 Ω
- C1: 0,047 μ F
- C2, C3: 100 μ F
- C4: 68 μ F
- C5: 0,1 μ F

Ekspertyment 18: Miernik czasu reakcji

Układ czasowy 555 może pracować z częstotliwością tysięcy cykli na sekundę. To pozwala nam użyć go do pomiaru czasu reakcji człowieka. Mając takie urządzenie, możesz zorganizować zawody ze swoimi przyjaciółmi, aby przekonać się, kto potrafi szybciej zareagować, a także jak na ten parametr wpływa nastrój, pora dnia czy ilość snu podczas ostatniej nocy.

Zanim przejdziemy dalej, muszę Cię ostrzec, iż ten układ będzie miał więcej połączeń od pozostałych, z którymi do tej pory miałeś do czynienia. Sam układ nie jest skomplikowany, ale wymaga sporej liczby przewodów i zmieści się jedynie na płytce prototypowej posiadającej 63 wiersze z otworami. Nic nie stoi na przeszkodzie, aby budować go stopniowo, co pozwoli Ci wykryć ewentualne błędy w okablowaniu.

Potrzebne będą:

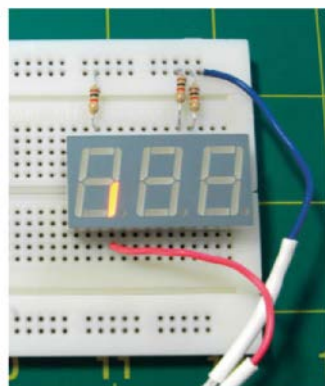
- układ 4026, liczba: 4 (w rzeczywistości potrzebujesz jedynie trzech, ale weź jeden więcej na wypadek uszkodzenia któregoś z pozostałych),
- układ 555, liczba: 3,
- mikroprzełączniki (SPST chwilowe), liczba: 3,
- trzy wyświetlacze siedmiosegmentowe lub jeden z trzema cyframi LED (dokładny opis tej części znajduje się w liście zakupów na początku rozdziału), liczba: 1,
- płytka prototypowa, rezystory, kondensatory i miernik.

Krok 1: Wyświetlacz

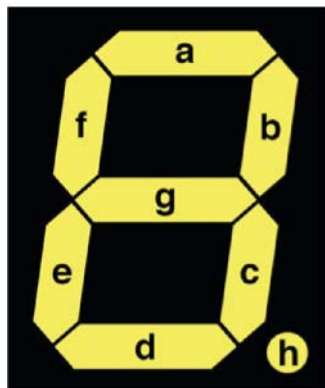
Możesz użyć trzech niezależnych wyświetlaczy siedmiosegmentowych, ale ja sugeruję, abyś kupił wyświetlacz firmy Kingbright o numerze BC56-11EWA, o którym wspominałem wcześniej przy okazji omawiania listy zakupów. Zawiera on trzy cyfry w jednej wspólnej obudowie.

Powinieneś być w stanie wpiąć go do swojej płytki prototypowej pomiędzy przerwę biegnącą przez sam środek. Umieść go na samym dole płytki, tak jak pokazuje to rysunek 4.31. Chwilowo nie umieszczaj innych komponentów na płytce.

Ustaw swój zasilacz na 9 V i podłącz **ujemny** koniec do rzędu otworów w górnej części płytki po **prawej** stronie. Wstaw rezystory 1 k Ω pomiędzy ujemnym napięciem zasilania a pinami wyświetlacza o numerach 18, 19 i 26, które stanowią „wspólną katodę”, czyli ujemne połączenie współdzielone przez każdy z segmentów zasilacza. (Numery pinów wyświetlacza zostały pokazane na rysunku 4.33. Jeżeli używasz innego modelu wyświetlacza, będziesz musiał zajrzeć do karty katalogowej, aby dowiedzieć się, które z pinów powinny otrzymać ujemne napięcie zasilania).



Rysunek 4.31. Po umieszczeniu 1-kilomowego rezystora pomiędzy katodą wyświetlacza a ujemnym napięciem zasilacza możesz użyć dodatniego końca zasilania do oświetlenia kolejno każdego z segmentów wyświetlacza



Rysunek 4.32. Najczęściej stosowany wyświetlacz numeryczny składa się z siedmiu segmentów (diod LED) identyfikowanych kolejnymi literami. Oprócz nich obecny jest jeszcze dodatkowy segment dla kropki reprezentującej miejsce dziesiątne

Włącz zasilanie i zacznij dotykać wolnym dodatnim przewodem zasilania otworów w wierszach prowadzących do wyświetlacza z jego lewej i prawej strony⁸. Powinieneś obserwować zapalanie się kolejnych segmentów wyświetlacza, zgodnie z rysunkiem 4.31.

⁸ Autor opisuje połączenia i wiersze płytki tak, jakby płytka była ona umieszczona pionowo (z ujemnym zasilaniem po prawej, a dodatnim po lewej). Na zdjęciach jest ona jednak pokazana w pozycji poziomej, z ujemnym zasilaniem u góry i dodatnim na dole. W takiej pozycji wiersze należy traktować raczej jako kolumny — *przyp. tłum.*

Odpowiednie grupy segmentów odpowiadają cyfrom od 0 do 9. Segmenty są identyfikowane małymi literami od *a* do *g* (patrz rysunek 4.32). Na wyświetlaczu często obecny jest również segment punktu dziesiętnego — oznaczony literką *h* — którego my nie będziemy używać.

Rysunek 4.33 pokazuje wyświetlacz firmy Kingbright. Każdy pin jest opisany realizowaną przez siebie funkcją. Możesz dotknąć kolejno wszystkich wyprowadzeń dodatnim przewodem zasilającym i upewnić się, iż zapala się odpowiedni segment.

Nawiasem mówiąc, ten wyświetlacz ma dwa piny, o numerach 3 i 26, przeznaczone do odbioru ujemnego zasilania przez pierwszą z cyfr. Dlaczego dwa piny, a nie jeden? Nie wiem. Wystarczy, że będziesz używał jednego z nich, a ponieważ jest to kość pasywna, pozostawienie końcówki niepodpiętej nie będzie miało znaczenia. Musisz jedynie uważać, aby nie podłączyć do niej dodatkiego napięcia zasilania, co spowodowałoby zwarcie.

Wyświetlacz numeryczny nie posiada własnej wewnętrznej logiki. Jest jedynie kolekcją diod świecących, które są mało użyteczne, o ile nie wymyślimy sposobu na zapalenie ich w odpowiednich grupach. Tym zajmiemy się w następnej kolejności.

Krok 2: Zliczanie

Na szczęście, mamy kość o numerze 4026, która otrzymuje impulsy, zlicza je i tworzy sygnał wyjściowy zaprojektowany do współpracy z wyświetlaczem siedmiosegmentowym pokazującym cyfry od 0 do 9. Jedyne problemy to staroświecka technologia tego układu — CMOS (ang. *Complementary Metal Oxide Semiconductor*) — bardzo czuła na statyczne ładunki elektryczne. Zanim przystąpisz do dalszej pracy, zapoznaj się z sekcją „Uziemianie siebie” umieszczoną trochę niżej.

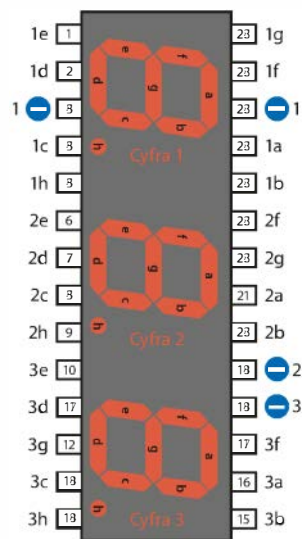
Wyłącz swój zasilacz i podłącz jego przewody w górnej części płytki. Do tego eksperymentu będziemy potrzebować dodatniego i ujemnego napięcia zasilania po obu stronach płytki. Szczegóły znajdziesz na rysunku 4.34. Jeśli Twoja płytka prototypowa nie posiada kolumn oznaczonych kolorami, sugeruję, abyś zrobił to sam, używając niezmywalnych markerów. Unikniesz w ten sposób błędów związanych z polaryzacją, które mogą doprowadzić do spalenia komponentów.

Po zasileniu dziewięcioma voltami układ 4026 ma moc wystarczającą ledwie do sterowania diodami LED. Upewnij się, iż kość jest skierowana odpowiednim bokiem do góry i wstaw ją w płytkę bezpośrednio nad wyświetlaczem siedmiosegmentowym. Zostaw jedynie jeden pusty wiersz pomiędzy tymi dwiema częściami.

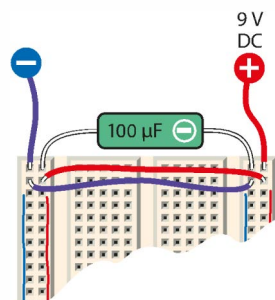
Schemat na rysunku 4.35 pokazuje sposób połączenia wyprowadzeń układu 4026. Strzałki mówią, które z pinów wyświetlacza powinny być połączone z pinami licznika.

Rysunek 4.36 opisuje funkcje pinów układu 4026. Porównaj ten rysunek ze schematem na rysunku 4.35.

Umieść mikroprzełącznik pomiędzy dodatnim napięciem zasilania a pinem numer jeden układu 4026. Dodatkowo podłącz ten pin przez rezystor 10-kilomomowy do ujemnego napięcia zasilania, aby utrzymywać niski potencjał wejścia układu do momentu, kiedy naciśnięty zostanie przycisk. Kiedy upewnisz się, że połączenia między dodatnim i ujemnym zasilaniem są prawidłowe, włóż zasilacz. Powinieneś odkryć, iż każde naciśnięcie mikroprzełącznika przesuwa licznik do przodu, wyświetlając kolejno cyfry od 0 do 9, a następnie powraca z powrotem do zera.



Rysunek 4.33. Ta kość firmy Kingbright zawiera trzy wyświetlacze siedmiosegmentowe w jednej obudowie i może być sterowana przez trzy połączone kaskadowo liczniki dziesiętne 4026. Przy samej obudowie umieszczone zostały numery pinów. Segmenty od *a* do *g* pierwszej cyfry odpowiadają wyprowadzeniom od 1a do 1g. Segmenty od *a* do *g* drugiej cyfry odpowiadają wyprowadzeniom od 2a do 2g. Segmenty od *a* do *g* trzeciej cyfry odpowiadają wyprowadzeniom od 3a do 3g



Rysunek 4.34. Budując obwody zawierające kości układów scalonych, dobrze jest posiadać dodatnie i ujemne napięcie zasilania po obu stronach płytki prototypowej. Ilustracja pokazuje sposób przygotowania 9-woltowego zasilania z kondensatorem wygładzającym 100 µF. Jeżeli Twoja płytka prototypowa nie posiada kolumn oznaczonych kolorami po swojej lewej i prawej stronie, sugeruję, abyś naniósł takie oznaczenia samodzielnie, używając niezmywalnego markera

Być może zauważysz również, iż czasem licznik źle interpretuje Twoje naciśnięcia przycisku i przeskakuje o dwie lub trzy cyfry. Tym problemem zajmiemy się później.

Diody świecące wyświetlacza nie świecą zbyt jasno, ponieważ sterowane są poprzez rezystory 1-kiloomowe, które ograniczają moc. Są one niezbędne, aby uniknąć zbytniego obciążenia wyjść licznika.



Uziemianie siebie

Jeśli nie lubisz sytuacji, kiedy po włączeniu zasilania obwodu nic się nie dzieje, podejmij odpowiednie środki ostrożności przed przystąpieniem do pracy ze starszymi układami typu CMOS (ich numery części zaczynają się od wartości 4000 w górę, na przykład 4002, 4020 itd.).

Kości są często dystrybuowane z nóżkami wpiętymi w czarną piankę przewodzącą prąd elektryczny. Nie wyjmuj ich stamtąd do momentu, kiedy będziesz gotowy do ich użycia.

Jeżeli otrzymałeś kości zapakowane w plastikowe osłony, możesz je z nich wyjąć i wetknąć w kawałki przewodzącej pianki lub zwykłej folii aluminiowej. Celem takiego działania jest uniknięcie naładowania któregokolwiek pinu ładunkiem elektrycznym o znacznie wyższej wartości niż ładunek pozostałych pinów.

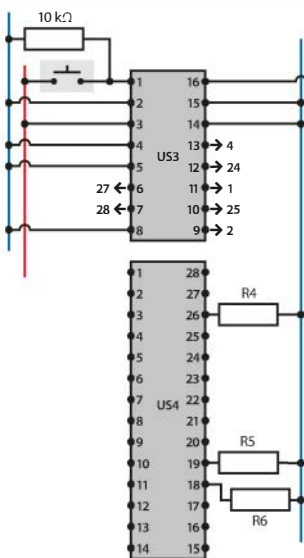
Podczas pracy z kośćmi typu CMOS bardzo istotne znaczenie ma uziemienie siebie. Przy suchej pogodzie wystarczy przejść się w skarpetkach zawierających sztuczne włókna po plastikowej macie chroniącej podłogę, aby zebrać na sobie ładunek statyczny. Możesz kupić specjalną bransoletkę zapewniającą uziemienie lub przed dotknięciem płytki z układem dotknąć dowolnego dużego obiektu z metalu, takiego jak szafka na dokumenty. Ja mam zwyczaj pracować z jedną stopą (ubraną jedynie w skarpetkę) opartą na metalowej szafce, co całkowicie rozwiązuje problem.

Nigdy nie lutuj kości typu CMOS, gdy jest ona zasilana.

Dobrym pomysłem jest uziemienie końcówki grotu lutownicy.

Najlepiej jednak w ogóle nie lutować układów typu CMOS. Kiedy będziesz gotowy do stworzenia ostatecznej formy projektu, czyli przeniesienia go z płytki prototypowej na płytkę perforowaną, wlutuj specjalną podstawkę, a następnie wstaw do niej kość. Jeśli w przyszłości dojdzie do awarii, będziesz mógł wymontować układ scalony i zastąpić go innym.

W miejscu, w którym pracujesz, używaj uziemionej przewodzącej podkładki. Najtańszym rozwiązaniem będzie zwykła folia aluminiowa (spięta za pomocą krokodyłka z przewodem odprowadzającym ładunek) uziemiona do kaloryfera, rurki lub innego dużego obiektu z metalu. Ja kładę w miejscu pracy dużą płachtę pianki przewodzącej — jest to taki sam rodzaj pianki, jaka używana jest do pakowania układów. Jest ona jednak dosyć droga.



Rysunek 4.35. US3 jest licznikiem typu 4026, a US4 potrójnym wyświetlaczem siedmio-segmentowym. Strzałki informują o tym, które piny wyświetlacza powinny zostać podpięte do pinów licznika

Rysunek 4.36. Licznik dziesiętny 4026 jest układem w technologii CMOS, przyjmującym impulsy zegara na pinie numer 1 i utrzymującym stan licznika od 0 do 9. Wartości są generowane na pinach wyjściowych w formie akceptowanej przez numeryczny wyświetlacz siedmio-segmentowy oparty na diodach LED



Liczniki i wyświetlacze siedmiosegmentowe

Większość liczników przyjmuje strumień impulsów i przekształca go na serię stanów pobudzających pewne grupy pinów. Licznik dziesiętny 4026 jest pod tym względem nietypowy, ponieważ wzór, według którego zasilają piny wyjściowe, nadaje się do sterowania wyświetlaczem siedmiosegmentowym.

Niektóre liczniki wytwarzają dodatni stan wyjściowy (są „źródłem” prądu), podczas gdy inne tworzą stan ujemny (są „odbiornikiem” prądu). Pewne wyświetlacze siedmiosegmentowe wymagają dodatniego napięcia do działania. Są one określane mianem wyświetlaczy ze „wspólną katodą”. Inne potrzebują wejścia ujemnego i określane są mianem wyświetlaczy ze „wspólną anodą”. Licznik 4026 dostarcza wyjścia w formie dodatniej i wymaga wyświetlacza ze wspólną katodą.

Ile energii wymaga dana kość oraz jak duży prąd jest w stanie dostarczyć, dowiesz się z lektury karty katalogowej. Układy CMOS są już trochę podstarzałe, ale mają nadal dużą wartość dla hobbystów, ponieważ są w stanie działać w dużym przedziale napięć — w przypadku licznika 4026 ten przedział wynosi od 5 do 15 V.

Większość liczników jest w stanie przyjąć lub dostarczyć zaledwie kilka miliamperów prądu. Układ 4026 zasilony dziewięcioma voltami może zapewnić prąd rzędu 4 mA na każdym z pinów. Jest to wartość ledwie wystarczająca do sterowania wyświetlaczem siedmiosegmentowym.

Pomiędzy każdy z pinów wyjściowych licznika i pin wyjściowy wyświetlacza możesz wstawić rezystor, ale prostszym i szybszym rozwiązaniem jest użycie jednego rezystora dla każdej cyfry pomiędzy wspólnym pinem ujemnym i masą. Właśnie takie rozwiązanie zostało użyte w bieżącym przykładzie. Jego wadą jest to, że cyfry, które wymagają zapalenia wyłącznika kilku segmentów (na przykład 1), będą wyglądać jaśniej niż te wymagające zapalenia wielu segmentów jednocześnie (na przykład 8).

Jeśli chcesz, aby Twój wyświetlacz świecił jaśniej i bardziej profesjonalnie, będziesz potrzebował tranzystora do sterowania każdym segmentem dla każdego wyświetlacza siedmiosegmentowego oddzielnie.

Alternatywnym rozwiązaniem jest wzmocnienie prądu przy użyciu specjalnych kości ze wzmacniaczami operacyjnymi.

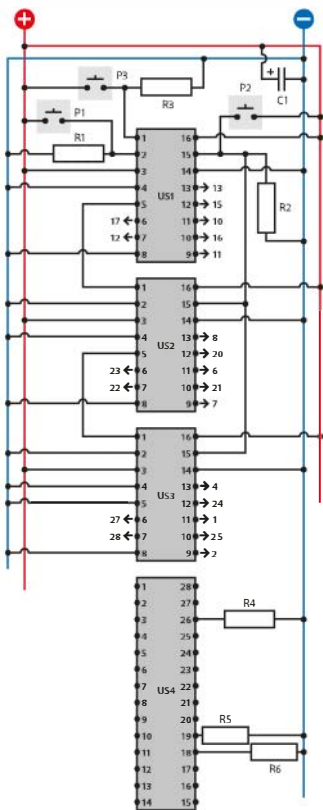
Kiedy licznik dziesiętny osiągnie wartość 9, w następnym kroku „zawinie” wartość z powrotem do zera i wyemituje impuls na pinie przeniesienia. Ten impuls może sterować kolejnym licznikiem, który będzie zliczał w dziesiątkach. Jego pin przeniesienia, połączony łańcuchowo z trzecim licznikiem, pozwoli na zliczanie setek itd. Oprócz liczników dziesiętnych są jeszcze liczniki szesnastkowe (zliczające w systemie o podstawie 16), ósemkowe (zliczające ósemkowo) itd.

Do czego mógłby być potrzebny licznik zliczający inaczej niż dziesiętnie? Zauważ, że w zegarze elektronicznym są cztery cyfry i każda z nich ma odmienny sposób zliczania. Ostatnia cyfra z prawej wraca do początku, kiedy osiągnie 10. Następna zlicza szóstkowo. Pierwsza z cyfr godzinowych liczy do dziesięciu, generuje sygnał przeniesienia, liczy do dwóch i generuje kolejny sygnał przeniesienia. Cyfra po lewej stronie nie wyświetla żadnej wartości lub jedynek, kiedy wyświetlany czas jest w formacie dwunastogodzinnym. Istnieją specjalnie zaprojektowane liczniki realizujące właśnie takie funkcje.

Liczniki posiadają piny kontrolne, takie jak „blokada zegara”, które nakazują mu ignorowanie impulsów wyjściowych i zamrożenie wyświetlanej wartości, „włączenie wyświetlania”, powodujące wyświetlenie wartości przekazywanej z kości licznika, i „wyzeroowanie”, zmuszające licznik do powrotu do zera.

Układ 4026 wymaga stanu wysokiego do aktywowania każdego ze swoich pinów kontrolnych. Kiedy pin jest podłączony do masy, dana cecha jest nieaktywna.

Aby umożliwić zliczanie i wyświetlanie aktualnej wartości, musisz uziemić do masy piny „blokada zegara” i „wyzeroowanie” (w ten sposób ich działanie będzie zablokowane), a także zasilisz dodatknym napięciem pin włączający wyświetlanie (spowoduje to aktywację wyjść licznika). Rysunek 4.36 pozwoli Ci zidentyfikować odpowiednie piny.



Rysunek 4.37. Ten obwód został narysowany w sposób przypominający jego najbardziej prawdopodobne rozmieszczenie na płytce prototypowej. Pozwała on na ręczne uruchamianie licznika, aby przekonać się, czy zlicza on do góry od 000 do 999.

Wartości komponentów:
 Wszystkie rezystory mają wartość 1 kΩ,
 P1, P2, P3: mikroprzełączniki typu SPST, normalnie otwarte,
 US1, US2, US3: liczniki dziesiętne 4026,
 US4: potrójny wyświetlacz siedmio-segmentowy firmy Kingbright ze wspólną katodą,
 C1: kondensator wygładzający (minimum) 100 μF.
 Piny wyjściowe układów US1, US2 i US3 podłącz do pinów wyświetlacza US4 zgodnie z wartościami podanymi za strzałkami. W celu zachowania lepszej przejrzystości schematu rzeczywiste połączenia zostały pominięte. Zwróć uwagę na opis wyprowadzeń US4

Jeżeli udało Ci się uruchomić sterowanie wyświetlacza swoim licznikiem, jesteś gotowy do dołożenia dwóch kolejnych liczników, które będą kontrolować pozostałe dwie cyfry. Pierwszy licznik będzie zliczał jednostki, drugi dziesiątki, a trzeci setki.

Na rysunku 4.37 strzałki z numerami informują, które piny liczników powinny być podłączone do odpowiednich pinów wyświetlacza siedmiosegmentowego. Bez tego schemat byłby niedającą się odczytać płataniną skrzyżowanych połączeń.

W tym momencie możesz chcieć się poddać, widząc liczbę połączeń, ale ponieważ masz do dyspozycji płytkę prototypową, dokończenie tej fazy projektu nie powinno zająć Ci więcej niż pół godziny. Sugeruję, abyś spróbował. Zobaczenie zbudowanego samodzielnie działającego licznika zliczającego od zera (000) do 999 daje wspaniałe uczucie satysfakcji. Inna sprawa, iż wybrałem ten projekt również ze względu na jego dużą wartość edukacyjną.

Przełącznik P1 został podłączony do pinu blokady zegara układu US1. Jego naciśnięcie powinno zatem doprowadzić do zatrzymania licznika. Ponieważ US1 kontroluje US2, a US2 kontroluje US3, jeśli zatrzymasz US1, pozostałe układy będą musiały poczekać na wznowienie jego pracy, dlatego nie musisz kontrolować ich pinów blokady zegara.

P2 jest podłączony do pinów zerujących wszystkie trzy liczniki. Kiedy naciśniesz ten przycisk, powinieneś zobaczyć trzy zera na wyświetlaczu.

P3 służy do ręcznego wysyłania impulsów zegarowych do wejścia zegarowego pierwszego licznika.

P1, P2 i P3 są połączone równolegle z 1-kiloomowymi rezystorami, których drugie końce prowadzą do ujemnego zasilania. Ma to na celu wymuszenie potencjału bliskiego masie (zeru), kiedy przyciski są zwolnione. Gdy naciśniesz jeden z przycisków, połączy on bezpośrednio od układu dodatnie napięcie zasilania, które z łatwością przezwąży ujemny potencjał. W ten sposób piny otrzymują potencjał skrajnie dodatni lub skrajnie ujemny. Jeżeli usuniesz któryś z rezystorów obciążających, najprawdopodobniej zaczniesz obserwować chaotyczne zachowanie wyświetlacza. (Układ wyświetlacza ma pewne piny niepodłączone, ale to nie spowoduje żadnych problemów, ponieważ jest to element pasywny w postaci zbioru diod LED).

Pamiętaj, aby piny układów wykonanych w technologii CMOS były zawsze zasilane dodatnio lub ujemnie. Przeczytaj umieszczone dalej ostrzeżenie: „Zakaz pozostawiania niepodłączonych pinów”.

Proponuję, abyś zaczął od utworzenia wszystkich połączeń pokazanych na schemacie. Następnie przygotuj przewody z drutu 0,32 mm² i połącz pozostałe piny podstawek układów US1, US2 i US3 do wyświetlacza US4.

Włącz zasilanie i naciśnij przycisk P2. Na wyświetlaczu zobaczysz trzy zera.

Za każdym razem, kiedy naciśniesz P3, licznik przejdzie o jedną wartość do przodu. Jeśli naciśniesz P2, licznik powinien powrócić do wyświetlania samych zer. Nie powinno udać się zmienić stanu licznika przez przytrzymanie przycisku P1 i jednocześnie wielokrotne naciśnięcie P3 — licznik powinien ignorować impulsy pochodzące z P3 i wyświetlać bez przerwy aktualną wartość.

Odbicia przełącznika

Przypuszczam, że zauważyłeś już losowe przeskakiwanie licznika o więcej niż jeden po naciśnięciu P3. Nie oznacza to wcale, iż coś jest nie tak z Twoim obwodem lub komponentami. Obserwujesz jedynie zjawisko określane mianem „odbicie przełącznika”.

Obserwowane w dużym powiększeniu kontakty wewnątrz przycisku nie przełączają się w sposób gładki, pewny i zdecydowany. Przez kilka mikrosekund przed ustawieniem swojej nowej pozycji wibrują. Licznik wykrywa te wibracje jako serię impulsów zamiast pojedynczy impuls.

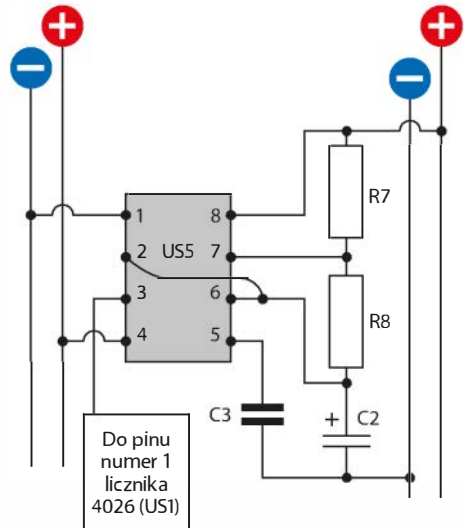
Jest szereg obwodów zapobiegających odbiciom. Najprostszy polega na umieszczeniu kondensatora równoległe z przełącznikiem w celu pochłonięcia wibracji, ale rozwiązanie takie ma swoje wady. Do problemu likwidacji odbić wróć w dalszej części książki. W tym obwodzie odbicia przełącznika nie stanowią problemu, ponieważ za chwilę usuniesz P3 i zastąpisz go układem czasowym 555, który generuje czyste impulsy bez odbić.

Generowanie impulsów

Do sterowania licznikiem idealnie nadaje się układ czasowy 555. Wiesz już, jak skonfigurować układ czasowy 555 do generowania strumienia impulsów wytwarzających dźwięk w głośniku. Ten sam układ w uproszczonej formie powtarzam na rysunku 4.38. Układ został przystosowany do pobierania zasilania z płytki w bieżącym projekcie. Na tym schemacie pokazuję również najbardziej prawdopodobną drogę, którą poprowadzisz połączenie między pinami 2 i 6, czyli nad obudową kości.

Proponowane przeze mnie wartości dla tego eksperymentu wygenerują jedynie cztery impulsy na sekundę. Przy większej prędkości nie będziesz w stanie stwierdzić, czy licznik działa prawidłowo.

Kość US5 i związane z nią komponenty zamontuj na płytce prototypowej bezpośrednio nad kością US1. Nie pozostawiaj przerwy pomiędzy kośćmi. Odlącz przełącznik P3 i rezystor R3, a następnie wstaw przewód bezpośrednio między pinem numer 3 (wyjściem) kości US5 i pinem numer 1 (zegarem) licznika US1 (umieszczonego najwyżej). Po podłączeniu zasilania powinieneś zobaczyć cyfry zmieniające się szybko ze stałym tempem. Naciśnij przełącznik P1. Gdy będziesz go utrzymywał w pozycji przyciśniętej, zliczanie powinno zatrzymać się. Po zwolnieniu P1 zliczanie zostanie wznowione. Kiedy naciśniesz P2, licznik wyzeruje się, nawet jeśli jednocześnie przytrzymujesz P1.



Rysunek 4.38. Podstawowy układ astabilny sterujący licznikiem dekadowym z poprzedniego schematu. Generowany sygnał ma częstotliwość około czterech impulsów na sekundę

- R7: 1 k Ω
- R8: 2,2 k Ω
- C2: 68 μ F
- C3: 0,1 μ F
- US5: układ czasowy 555



Zakaz pozostawiania niepodłączonych pinów

Kości wykonane w technologii CMOS są superczułe. Każdy pin, który nie jest podłączony do dodatniego napięcia zasilania lub masy układu, jest uważany za „wiszący w powietrzu” i może działać podobnie do anteny, wykrywając wszelkie zakłócenia zachodzące w jego pobliżu.

Układ 4026 posiada pin blokady zegara. Karta katalogowa producenta mówi, że jeśli zasilisz ten pin dodatnim napięciem, kość przestanie zliczać i zamrozi stan swoich wyjść. Ponieważ nie jest to zachowanie, które Cię interesuje, możesz dojść do wniosku, że należy zostawić ten pin niepodłączony przynajmniej na czas testów układu. Jest to bardzo zły pomysł.

Karta katalogowa nie wspomina bowiem (prawdopodobnie dlatego, iż „każdy wie” o tego typu rzeczach), że jeśli chcesz, aby zegar pracował w sposób normalny, sama funkcja blokady zegara musi zostać wyłączona przez przyłożenie ujemnego napięcia (masy). Jeśli pozostawisz ten pin w powietrzu (mówię teraz na podstawie własnego doświadczenia), kość będzie zachowywać się w sposób błędny i bezużyteczny.

Wszystkie piny wejściowe muszą być podłączone do dodatniego lub ujemnego potencjału zasilania, chyba że specyfikacja mówi inaczej.

Udoskonalanie

Nadeszła pora, aby przypomnieć sobie, iż celem tworzonego układu jest pomiar reflexu człowieka. Po jego uruchomieniu powinno nastąpić małe opóźnienie, po którym pojawi się jakiś sygnał — najprawdopodobniej w postaci zapalanej diody LED. Użytkownik powinien odpowiedzieć na ten sygnał przez naciśnięcie przycisku tak szybko, jak tylko potrafi. Będziemy zliczać milisekundy do chwili reakcji użytkownika. Po naciśnięciu przycisku licznik zatrzyma się i pozostanie w takiej pozycji, wyświetlając liczbę impulsów, jakie zostały zliczone, zanim osoba zdążyła zareagować.

Jak to zorganizować? Myślę, że będziemy potrzebować przerzutnika, który po odebraniu sygnału wystartuje licznik i będzie podtrzymywał jego pracę. Po otrzymaniu drugiego impulsu (pochodzącego od użytkownika, który właśnie nacisnął przycisk) przerzutnik zatrzyma licznik i pozostawi w takim stanie.

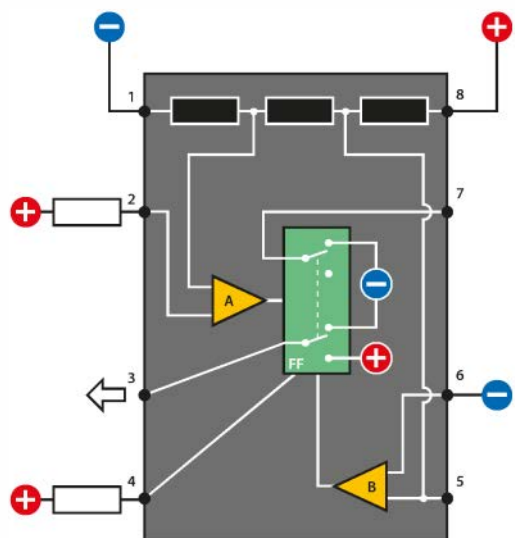
Jak zbudujemy przerzutnik? Możesz w to wierzyć lub nie, ale do tego celu możemy użyć kolejnego układu czasowego 555 w nowym trybie, zwanym bistabilnym.

PODSTAWY

Układ czasowy 555 w trybie bistabilnym

Rysunek 4.39, tak jak wcześniej, pokazuje wewnętrzną budowę układu czasowego 555, ale tym razem z usuniętymi komponentami zewnętrznymi. Zamiast nich przykładam stałe ujemne napięcie do pinu numer 6. Czy widzisz już, jakie ma to konsekwencje? Założmy, że wysłesz ujemny impuls do pinu wyzwalającego (numer 2). W normalnych warunkach, kiedy to zrobisz i 555 zacznie pracować, wygeneruje dodatni impuls i jednocześnie zacznie ładować kondensator podpięty do pinu numer 6. Kiedy kondensator osiągnie dwie trzecie napięcia zasilania, doprowadzi do zakończenia dodatniego impulsu na wyjściu i przeskoczy z powrotem do stanu ujemnego.

Rysunek 4.39. W konfiguracji bistabilnej pin numer 6 jest cały czas ujemny, dlatego cykl układu 555 nigdy się nie kończy, o ile nie wymusisz tego przez przyłożenie ujemnego potencjału do pinu wyzerowania (numer 4)



Układ czasowy 555 w trybie bistabilnym (ciąg dalszy)

Jeśli nie ma kondensatora, nie ma niczego, co zatrzymałoby układ czasowy. Jego dodatni impuls będzie kontynuowany w nieskończoność. Jest jednak jeszcze pin numer 4 (wyzierowanie), który ma władzę nad całym układem. Zatem jeśli przyłożysz ujemny potencjał do pinu numer 4, spowoduje to przełączenie pinu wyjściowego w stan niski, który będzie się utrzymywał, jak ma to zwykle miejsce, do momentu, kiedy nie wyzwolisz układu czasowego ponownym spadkiem napięcia na pinie numer 2. To spowoduje ponowne przełączenie układu czasowego w wysoki stan wyjścia.

Oto krótkie podsumowanie konfiguracji trybu bistabilnego:

- Ujemny impuls na pinie numer 2 powoduje przejście wyjścia do stanu wysokiego.
- Ujemny impuls na pinie numer 4 powoduje przejście wyjścia do stanu niskiego.
- Układ czasowy jest stabilny w obu tych stanach.
Czas działania jest nieskończony.

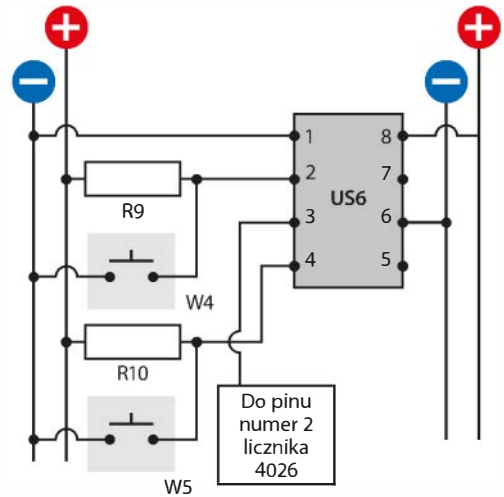
Ponieważ wymuszamy na układzie czasowym dwa stany ekstremalne, nic nie stoi na przeszkodzie, aby pozostawić piny 5 i 7 układu czasowego bez podpięcia — wszelkie losowe sygnały pojawiające się na tych pinach będą ignorowane.

W trybie bistabilnym układ 555 przekształca się w jeden duży przerzutnik. W celu uniknięcia niestabilności utrzymujemy piny numer 2 i 4 w stanie wysokim przez rezystory podciągające, ale ujemne impulsy są w stanie przebić się bez problemu, kiedy chcemy „przerzucić” 555 w stan przeciwny. Rysunek 4.40 pokazuje układ 555 w trybie bistabilnym kontrolowanym przez dwa przyciski. Ponieważ Twoim zadaniem będzie podłączenie wyjścia z kości układu US6 do pinu numer 2 układu US1 (licznika znajdującego się najwyżej), możesz odłączyć przełącznik P1 i rezystor R1 od tego pinu. Patrz rysunek 4.41.

Zasil ponownie swój układ. Licznik powinien liczyć tak samo jak poprzednio, ale kiedy naciśniesz P4, zatrzyma się. Dzieje się tak, ponieważ Twój bistabilny układ czasowy 555 wysła swój wyjściowy stan wysoki do pinu blokady zegara. Licznik nadal otrzymuje strumień impulsów z astabilnego układu 555, ale dopóki pin numer 2 ma potencjał dodatni, jest on ignorowany.

Naciśnij teraz przycisk P5, który przerzuca bistabilny układ 555 do stanu powodującego dostarczenie ujemnego napięcia na wyjściu. W tym momencie zliczanie zostaje wznowione.

Zbliżamy się powoli do końcowej wersji działającego układu. Możemy wyzerować licznik (przyciskiem P3), rozpocząć liczenie (przyciskiem P5) i czekać na zatrzymanie zliczania przez użytkownika (przyciskiem P5). Jedyna brakująca funkcja to możliwość uruchomienia licznika w sposób niespodziewany.

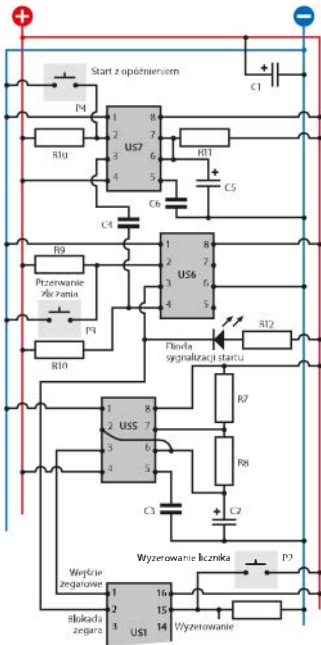


Rysunek 4.40. Dodanie bistabilnego układu czasowego 555 do testera refleksu umożliwi zatrzymanie licznika naciśnięciem przycisku i pozostawienie go w takim stanie

R9, R10: 1 kΩ

US6: układ czasowy 555

Opóźnienie



Rysunek 4.41. Gotowa część układu odpowiedzialna za kontrolę licznika. Nowe elementy powinny zostać dodane powyżej istniejących

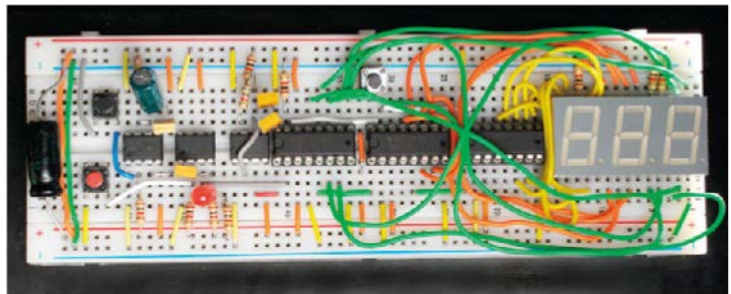
$R7, R9, R10, R12: 1\text{ k}\Omega$
 $R8: 2,2\text{ k}\Omega$
 $R11: 330\text{ k}\Omega$
 $C1: 100\text{ }\mu\text{F}$
 $C2: 68\text{ }\mu\text{F}$
 $C3, C4, C6: 0,1\text{ }\mu\text{F}$
 $C5: 10\text{ }\mu\text{F}$
 $P1, P2, P3: \text{mikroprzełączniki}$
 $US5, US6, US7: \text{układy czasowe } 555$

Załóżmy, że dołożymy jeszcze jeden układ czasowy 555 pracujący w trybie monostabilnym. Aktywujemy jego pin wyzwalający numer 2 ujemnym impulsem, a on dostarczy dodatni impuls trwający, powiedzmy, 4 sekundy. Na końcu tego impulsu wyjście wróci do stanu ujemnego. To przejście ze stanu wysokiego w niski możemy podpiąć do pinu numer 4 układu US6. Tym rozwiązaniem zastąpimy przycisk P5, który wcześniej naciskałeś, aby rozpocząć zliczanie.

Sprawdź nową postać schematu na rysunku 4.41 z dodanym kolejnym układem czasowym 555 — US7 — nad US6. Kiedy sygnał wyjściowy z US7 przechodzi ze stanu dodatniego w ujemny, wymuszane jest wyzerowanie US6 i przerzucenie jego wyjścia do stanu niskiego, co pozwala na rozpoczęcie zliczania. US7 zajął miejsce przycisku startowego P4. Możesz usunąć go z płytki, ale pozostaw rezystor podciągający R9, dzięki któremu pin wyzerowania US6 pozostaje przez większość czasu w stanie wysokim (dodatnim).

Takie zestawienie działa, ponieważ użyłem kondensatora C4 do połączenia wyjścia US7 z pinem zerującym US6. Kondensator przekazuje nagle zmianę z stanu dodatniego w ujemny, ale przez pozostały czas blokuje stałe napięcie pochodzące z US7, aby to nie przeszkadzało pracy US6.

Ostatni schemat na rysunku 4.41 pokazuje wszystkie trzy układy czasowe 555 połączone razem, tak jak powinieneś je wstawić nad najwyższą położoną kością licznika — US1. Dodam również diodę LED dającą sygnał użytkownikowi. Rysunek 4.42 przedstawia fotografię działającego modelu urządzenia.



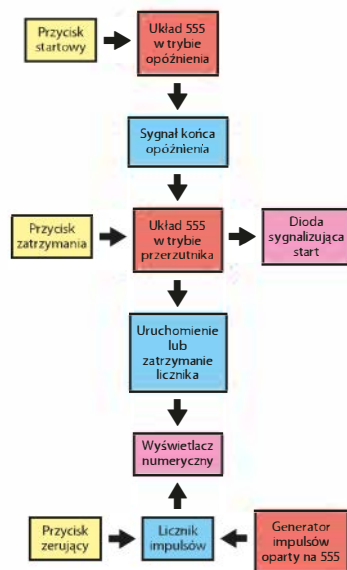
Rysunek 4.42. Gotowy miernik czasu reakcji ledwo mieści się na płytce prototypowej z 63 wierszami

Obwód jest gotowy, podsumuj zatem kolejność zachodzących w nim zdarzeń podczas pracy. Śledząc poniższe kroki, postępuj się rysunkiem 4.41:

1. Użytkownik naciska przycisk P4 — Start z opóźnieniem — który wyzwala US7.
2. Wyjście US7 przechodzi na kilka sekund w stan wysoki i w tym czasie ładuje C5.
3. Wyjście US7 spada do poziomu niskiego.
4. US7 informuje impuls niskiego napięcia poprzez C4 do pinu numer 4 układu US6.
5. Wyjście US6 spada do niskiego poziomu i pozostaje w tym stanie.
6. Niski stan z US6 pobiera prąd przez diodę LED, powodując jej świecenie.
7. Niski stan wyjścia US6 trafia również do pinu numer 2 układu US1.

8. Niskie napięcie na pinie numer 2 US1 pozwala mu na rozpoczęcie liczenia.
9. Użytkownik naciska przycisk P3 — przycisk „Stop”.
10. P3 zwiera pin numer 2 układu US6 do masy.
11. Wyjście układu US6 przechodzi w stan wysoki i tam pozostaje.
12. Stan wysoki wyjścia z układu US6 powoduje wyłączenie diody LED.
13. Stan wysoki wyjścia US6 trafia również do pinu numer 2 układu US1.
14. Stan wysoki na pinie numer 2 układu US1 powoduje zatrzymanie licznika.
15. Kiedy użytkownik dokona oceny wyniku, naciska przycisk P2.
16. P2 dostarcza dodatniego napięcia do pinu numer 15 układów US1, US2, US3.
17. Dodatnie napięcie powoduje wyzerowanie wszystkich liczników.
18. Użytkownik może zacząć od nowa.
19. W tym czasie US5 nieustannie pracuje.

Jeżeli łatwiej jest Ci prześledzić działanie na podstawie diagramu blokowego, spójrz na rysunek 4.43.



Rysunek 4.43. Funkcje realizowane przez miernik reflexu przedstawione w formie diagramu blokowego

Użycie miernika reflexu

W tym momencie powinieneś być w stanie całościowo przetestować obwód. Po włączeniu układ zacznie liczyć, co jest troszeczkę irytujące, ale ten problem można łatwo zlikwidować. Naciśnij P3, aby zatrzymać licznik, następnie P2, aby go wyzerować.

Teraz naciśnij P4. Wygląda na to, że nic się nie dzieje, ale na tym polega cała idea. Rozpoczął się „niewidoczny” cykl opóźnienia. Po kilku sekundach cykl ten dojdzie do końca i zapali się dioda LED. Jednocześnie zacznie się odliczanie. Użytkownik najszybciej jak może naciska P3, aby zatrzymać liczenie. Wyświetlacz zatrzymuje się i pokazuje, ile czasu minęło.

Jest jeszcze tylko jeden problem — system nie został wykalibrowany. Wciąż pracuje w zwolnionym tempie. Żeby zmienić prędkość generowania impulsów z kilku na sekundę do tysiąca, musisz podmienić rezystor i kondensator podłączony do US5.

W miejsce rezystora R8 wstaw trymer 10 k Ω , a kondensator C2 zastąp innym, o wartości 1 μF . Ta kombinacja spowoduje generowanie około 690 impulsów na sekundę, kiedy trymer zostanie ustawiony w pozycji tworzącej jego największą rezystancję. Kiedy zaczniesz kręcić trymerem w dół — zmniejszając rezystancję — mniej więcej w połowie jego zakresu układ czasowy będzie pracował z częstotliwością 1000 impulsów na sekundę.

Skąd będziesz wiedział, gdzie dokładnie znajduje się ten punkt? Idealnie byłoby podłączyć końcówkę pomiarową oscyloskopu do wyjścia układu US5, ale najprawdopodobniej nie posiadasz takiego urządzenia, dlatego mam kilka innych sugestii.

Usuń kondensator C2 o wartości $1\ \mu\text{F}$ i zastąp go innym, o pojemności $10\ \mu\text{F}$. Ponieważ zwiększyłeś pojemność dziesięciokrotnie, również dziesięciokrotnie zredukowałeś prędkość. Skrajnie lewa cyfra na Twoim wyświetlaczu powinna teraz zliczać w sekundach, osiągając 9 i wracając do zera co 10 sekund. Teraz możesz dostosować wartość rezystancji na trymerze, posługując się stoperem. Kiedy ustawisz odpowiednią wartość, usuń kondensator $10\ \mu\text{F}$ i wstaw z powrotem $1\ \mu\text{F}$.

Niestety, wartości kondensatorów mogą mieć rozbieżność rzędu 10%. Jeśli zależy Ci na naprawdę dokładnym wykalibrowaniu urządzenia, możesz wykonać następującą procedurę:

Odłącz przewód od pinu numer 5 układu US3 i wstaw w to miejsce diodę LED połączoną szeregowo z rezystorem $1\ \text{k}\Omega$ do masy. Jest to pin przeniesienia, który emituje dodatni impuls za każdym razem, kiedy US3 doliczy do 9 i przejdzie z powrotem do zera. Ponieważ US3 zlicza dziesiąte części sekundy, chcesz, aby jego sygnał przeniesienia pojawiał się raz na sekundę.

Uruchom teraz obwód na pełną minutę, używając stopera, aby przekonać się, czy dioda stopniowo zaczyna świecić wolniej lub szybciej niż raz na sekundę. Możesz użyć kamery do obserwacji, jeśli ta posiada funkcję wyświetlania czasu na swoim panelu LCD.

Jeżeli obserwacja jest utrudniona przez zbyt krótkie świecenie diody, możesz poprowadzić przewód od pinu numer 5 do kolejnego układu czasowego 555 skonfigurowanego do pracy w trybie monostabilnym i generującym impuls wyjściowy trwający około jednej dziesiątej sekundy. Impuls ten może sterować diodą LED.

Modyfikacje układu

Niemal zawsze po ukończeniu projektu rodzą się pomysły jego udoskonalenia. Oto kilka pomysłów:

1. Brak zliczania bezpośrednio po uruchomieniu. Byłoby miło, gdyby obwód zaczął pracę w swoim stanie „gotowości”, zamiast przechodzić od razu do zliczania. Aby osiągnąć taki stan, musisz wystać ujemny impuls do pinu numer 2 układu US6 i być może również dodatni impuls do pinu numer 15 układu US1. Takie funkcje mógłby realizować dodatkowy układ czasowy 555. Przeprowadzenie odpowiednich eksperymentów pozostawiam Tobie.
2. Sygnał dźwiękowy towarzyszący naciśnięciu przycisku Start. W obecnej postaci układu nie ma żadnego potwierdzenia, że przycisk Start rozpoczął jakąkolwiek akcję. Wszystko, czego potrzebujesz, to piezoelektryczny brzęczyk, który wepniesz pomiędzy prawą stronę przycisku Start i dodatnie źródło zasilania.
3. Losowe opóźnienie przed rozpoczęciem zliczania. Sprawienie, aby komponenty elektroniczne zachowywały się w sposób losowy, jest zadaniem trudnym. Jednym ze sposobów osiągnięcia takiego zachowania jest zmuszenie użytkownika do położenia swojego palca na parze kontaktów elektrycznych. Rezystancja skóry zastąpiłaby rezystor R11. Czas opóźnienia uległby wtedy zmianie ze względu na zmiany rezystancji wewnętrznej skóry. Takie rozwiązanie wymagałoby dostosowania wartości kondensatora C5.

Podsumowanie

Ten projekt miał na celu zademonstrowanie sposobu kontrolowania licznika, łączenia liczników w sposób kaskadowy, a także realizowania trzech różnych funkcji układu czasowego 555. Zobaczyłeś również, w jaki sposób kości mogą się ze sobą komunikować, i poznałeś metody kalibracji zbudowanego obwodu.

Jeśli chcesz zastosować urządzenie w sposób praktyczny, będziesz musiał umieścić je w obudowie i zaopatrzyć w bardziej trwałe przyciski — szczególnie ten odpowiedzialny za zliczanie. Przekonasz się, że podczas testowania refleksu inne osoby będą naciskały go naprawdę mocno.

Był to spory projekt, dlatego kolejny będzie prostszy i szybszy. Pozwoli także przejść do innej części fascynującego świata układów scalonych — kości logicznych.

Eksperyment 19: Podstawy logiki cyfrowej

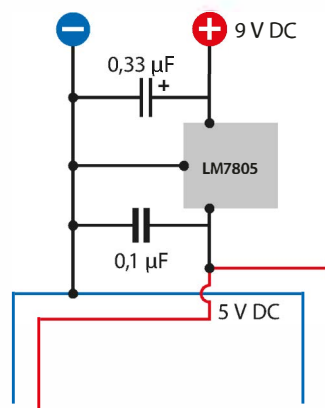
Potrzebne będą:

- rezystory i kondensatory o różnych wartościach,
- kość czterech dwuwejściowych bramek NAND 74HC00, kość czterech dwuwejściowych bramek AND 74HC08 i regulator napięcia LM7805, liczba: po jednym każdego rodzaju,
- dioda sygnałowa 1N4148 lub podobna, liczba: 1,
- niskoprądowa dioda LED, liczba: 1,
- mikroprzełączniki SPST, liczba: 2.

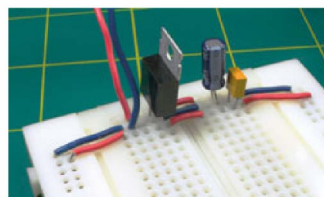
Wchodzisz w rzeczywistość czystej elektroniki cyfrowej, używającej „bramek logicznych”, które są fundamentem każdego urządzenia elektronicznego przeprowadzającego obliczenia. Zajmując się nimi indywidualnie, przekonasz się, że zrozumienie ich działania jest wręcz banalne. Dopiero łącząc bramki razem, zauważysz, jak złożoność rośnie w zastraszającym tempie. Zacznijmy od analizy każdej z nich z osobna.

Bramki logiczne są bardziej wybredne od układu czasowego 555 czy licznika 4026, którego używałeś wcześniej. Wymagają zasilania o precyzyjnej wartości 5 V napięcia stałego, bez jakichkolwiek zawirowań czy „szpilek” w płynącym prądzie. Na szczęście, taki stan jest łatwy do osiągnięcia. Wystarczy, że przygotujesz swoją płytkę do pracy z użyciem regulatora napięcia LM7805 — schemat takiego rozwiązania pokazują rysunek 4.44 i fotografia na rysunku 4.45. Regulator otrzymuje 9 V z Twojego zwykłego źródła zasilania i z pomocą kilku kondensatorów redukuje tę wartość do 5 V. 9 V przykładasz do regulatora, a do kolumn zasilających płytkę dostarczasz już tylko 5 V. Użyj miernika do sprawdzenia, czy napięcie jest zgodne z oczekiwaniami, a polaryzacja odpowiada oznaczeniom na płytce.

Po zainstalowaniu regulatora weź parę mikroprzełączników, dwa rezystory 10-kiloomowe, niskoprądową diodę LED, a także rezystor 1-kiloomowy i rozmieść je wokół kości logicznej 74HC00, posługując się schematem z rysunku 4.46. Zauważysz, że wiele z pinów tej kości jest zwartych ze sobą i podłączonych do ujemnego napięcia zasilania. Dlaczego tak jest, wyjaśnię za moment.



Rysunek 4.44. Ten prosty obwód ma za zadanie dostarczyć stabilne napięcie 5 V do zasilania kości logicznych



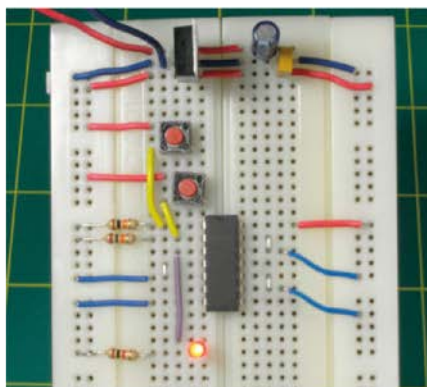
Rysunek 4.45. Regulator napięcia i jego dwa kondensatory mogą zmieścić się ciasno na samej górze płytki prototypowej. Pamiętaj, aby zasilic dziewięcioma voltami lewą nóżkę regulatora, a następnie rozprowadzić 5-voltowe napięcie wyjściowe z regulatora wzdłuż płytki

Regulatory napięcia

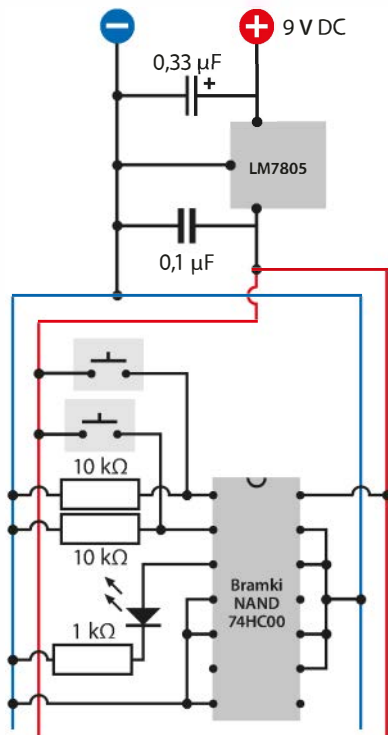
Najprostsze odmiany tych półprzewodników przyjmują wyższe napięcie na jednym ze swoich wyprowadzeń i dostarczają napięcie o niższej wartości na innym z wyprowadzeń. Trzeci pin (zazwyczaj środkowy) służy jako wspólny punkt ujemny (masa). Powinieneś również podłączyć parę kondensatorów wygładzających prąd zgodnie z rysunkiem 4.46.

W typowych warunkach po wejściowej stronie regulatora 5-woltowego możesz przyłożyć napięcie rzędu 7,5 V lub 9 V i pobrać dokładnie 5 V po stronie wyjściowej. Zastanawiasz się, gdzie „ginie” nadmiarowa część napięcia? Regulator zamienia je w ciepło. Właśnie z tego powodu małe regulatory mają często tył obudowy w formie metalowej płytki z wywierconym otworem. Ta płytkę ma za zadanie ułatwić emisję ciepła, co będzie skuteczniejsze, jeśli przykręcisz regulator do kawałka aluminium, ponieważ ten metal bardzo efektywnie odprowadza ciepło. Aluminium jest znanym przewodnikiem ciepła, stąd w sklepach można kupić różnego rodzaju radiatory z tego metalu posiadające dodatkowe żebrowanie.

My nie będziemy wymagać tak dużego prądu, aby regulatorowi potrzebny był radiator.



Rysunek 4.47. Ułożenie elementów na tej płytce odpowiada schematowi z rysunku 4.46



Rysunek 4.46. Obserwując diodę podczas naciskania dwóch mikroprzełączników jednocześnie lub żadnego z nich, możesz łatwo wynioskować funkcję logiczną realizowaną przez bramkę NAND

Kiedy podłączysz zasilanie, dioda powinna się zaświecić. Naciśnij jeden z mikroprzełączników — dioda pozostaje zapalona. Naciśnij drugi z mikroprzełączników — dioda nadal się świeci. Teraz naciśnij oba jednocześnie, a dioda zgaśnie.

Piny numer 1 i 2 są logicznymi wejściami kości 74HC00. Początkowo na ich wejściu utrzymywane było ujemne napięcie dzięki podłączeniu do ujemnego zasilania przez rezystory 10 kΩ. Ale każde naciśnięcie przycisku powodowało pokonanie niskiego potencjału i przejście pinu w stan dodatni.

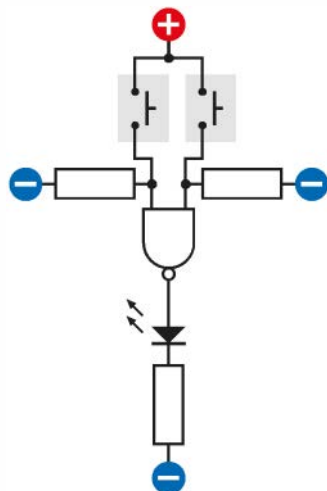
Jak się przekonasz, wyjście logiczne z kości ma normalnie potencjał wysoki, ale **nie** wtedy, gdy pierwsze wejście i drugie wejście mają również stan wysoki (dodatni). Ponieważ kość realizuje operację NOT AND („nie I”), określa się ją mianem bramki logicznej NAND. Rysunek 4.47 pokazuje układ komponentów na płytce prototypowej. Na rysunku 4.48 ten sam obwód został przedstawiony w formie uproszczonej. Element o kształcie litery U z kółeczkami na dole jest symbolem bramki NAND. Nie widać zasilania doprowadzonego do bramki, ale w rzeczywistości wszystkie układy logiczne wymagają zasilania, które pozwala im generować prąd o większej wartości niż ten, który pobierają. Za każdym razem, kiedy zobaczysz symbol bramki logicznej, postaraj się pamiętać, że do funkcjonowania potrzebuje ona zasilania.

Kość 74HC00 zawiera cztery bramki typu NAND, z których każda posiada dwa wejścia i jedno wyjście. Ich rozkład pokazuje rysunek 4.49. Ponieważ do tego bardzo prostego testu potrzebna była wyłącznie jedna bramka, wejścia nieużywanych bramek zostały zwarte do ujemnego napięcia zasilania.

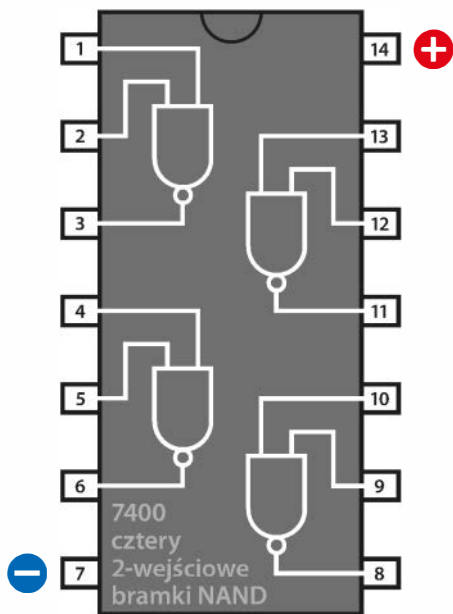
Pin numer 14 dostarcza dodatniego napięcia zasilania, a pin numer 7 jest pinem masy. Niemal wszystkie układy logiczne z rodziny 7400 używają tych samych pinów dla dodatniego i ujemnego napięcia zasilania. Dzięki temu bez większego problemu można zamieniać je ze sobą.

Możemy zrobić to nawet teraz. Zaczynj od odłączenia zasilania. Wyciągnij delikatnie kość 74HC00 z płytki i odłóż ją na bok, wtykając nóżki w kawałek przewodzącej pianki. W jej miejsce wstaw kość 74HC08 zawierającą bramki AND. Upewnij się, iż kość jest skierowana dobrą stroną w górę. Podłącz ponownie zasilanie i wykonaj takie same testy przyciskami, jak poprzednio. Tym razem powinieneś się przekonać, iż dioda LED zapala się, jeśli pierwsze i drugie wejście bramki AND mają stan dodatni, ale pozostaje zgaszona w każdym innym przypadku. Stąd wniosek, iż bramka AND działa dokładnie przeciwnie do bramki NAND. Opis pinów kości 74HC08 przedstawiony został na rysunku 4.50.

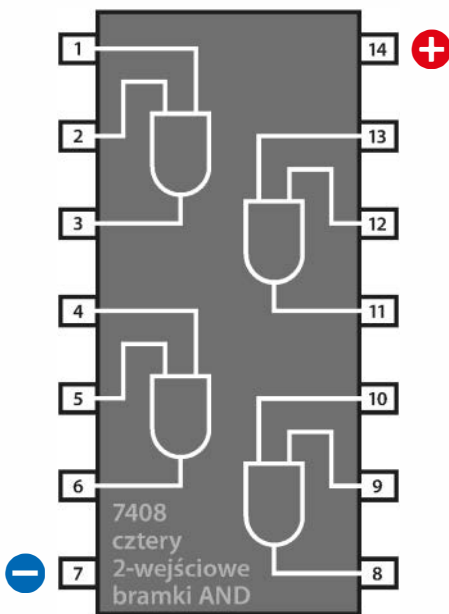
Być może zastanawiasz się, jaką to wszystko ma użyteczność. Wkrótce przekonasz się, że łącząc ze sobą bramki logiczne, stworzymy takie urządzenia jak elektroniczny zamek szyfrowy, a także parę elektronicznych kości do gry oraz zestaw przycisków symulujących quiz telewizyjny, w którym uczestnicy rywalizują ze sobą o to, kto pierwszy będzie mógł udzielić odpowiedzi. Mało tego, gdybyś był dostatecznie szalony, mógłbyś spróbować zbudować cały komputer wyłącznie z bramek logicznych.



Rysunek 4.48. Ten uproszczony schemat z pominiętym zasilaniem bramki i ułożeniem elementów bez związku z ich pozycją na płytce prototypowej pozwala lepiej wyobrazić sobie sposób funkcjonowania bramki NAND



Rysunek 4.49. Układ pinów bramek logicznych w kości 74HC00



Rysunek 4.50. Układ pinów bramek logicznych w kości 74HC08

Od Boole'a do Shannona

Urodzony w roku 1815 George Boole był angielskim matematykiem, który dokonał czegoś, co ma szansę osiągnąć bardzo niewielka liczba osób (dostatecznie mądrych lub obdarzonych niezwykle szczęściem) — odkrył nową gałąź matematyki.

Co ciekawe, ta gałąź nie bazowała na liczbach. Boole miał niezwykle logicznie funkcjonujący umysł i w związku z tym chciał zredukować cały świat do serii wyrażań typu prawda lub fałsz, które mogły nakładać się na siebie w dosyć ciekawy sposób. Załóżmy dla przykładu, że jest para osób o imionach Anna i Bob, posiadających tak mało pieniędzy, iż stać je na tylko jeden kapelusz. Jeśli spotkasz tę parę przypadkiem na ulicy, możliwe będą trzy przypadki: żadne z nich nie będzie miało kapelusza na głowie, Anna będzie miała go na głowie lub Bob będzie go miał na głowie. Czwarty przypadek — Anna i Bob w kapeluszu jednocześnie — jest niemożliwy.

Ilustruje to diagram na rysunku 4.51. Możliwe są wszystkie stany oprócz tego w miejscu przecięcia obu okręgów. (Jest to tzw. diagram Venna. Jeżeli chcesz dowiedzieć się czegoś więcej na jego temat, zachęcam do poszukania informacji w internecie). Boole rozwinął tę koncepcję i pokazał, w jaki sposób tworzyć i upraszczać niezwykle złożone matryce logiczne.

Innym sposobem podsumowania sytuacji związanej z noszeniem kapelusza jest stworzenie „tabeli prawdy” pokazanej na rysunku 4.52. Skrajnie prawa kolumna pokazuje, czy każda z kombinacji założeń może być prawdziwa. Porównaj tę tabelę z rysunkiem 4.53. Jest to ta sama tabela, ale używająca innych oznaczeń, które przypominają kombinacje, jakich używałeś podczas testowania bramki NAND.

Boole opublikował swoją pracę naukową na temat logiki w roku 1854, na długo przed tym, zanim efekty jego pracy można było zastosować w urządzeniach elektrycznych lub elektronicznych. W czasie jego życia jego praca wydawała się nie mieć jakiegokolwiek praktycznego zastosowania. W 1930 roku na logikę Boole'a natknął się człowiek o nazwisku Claude Shannon, studiujący w tym czasie na MIT (ang. Massachusetts Institute of Technology). W 1938 roku Shannon opublikował pracę opisującą, w jaki sposób analiza Boole'a mogłaby zostać zastosowana w obwodach opartych na przekąźnikach. Ta wiedza znalazła natychmiastowe praktyczne zastosowanie w sieciach telefonicznych, które rozrastały się w tempie tworzącym skomplikowane problemy związane z przełączaniem.



Rysunek 4.51. Swobodny przykład diagramu Venna, ilustrujący różne możliwości dotyczące dwóch osób, Anny i Boba, które posiadają wyłącznie jeden kapelusz

Od Boole'a do Shannona (ciąg dalszy)

ANNA – noszenie kapelusza	BOB – noszenie kapelusza	Prawdziwość kombinacji
Nie	Nie	Prawda
Nie	Tak	Prawda
Tak	Nie	Prawda
Tak	Tak	Fałsz

Rysunek 4.52. Wszystkie możliwości związane z noszeniem kapelusza mogą zostać przedstawione w formie „tabeli prawdy”

Wejście A	Wejście B	Wyjście
Wyłączone	Wyłączone	Włączone
Wyłączone	Włączone	Włączone
Włączone	Wyłączone	Włączone
Włączone	Włączone	Wyłączone

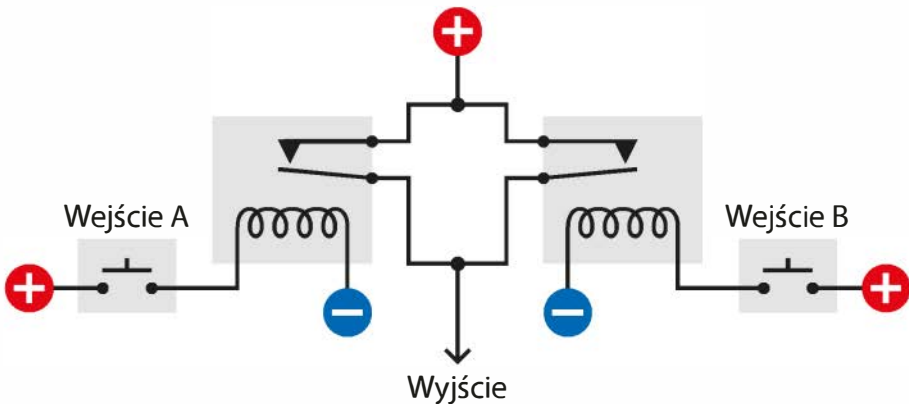
Rysunek 4.53. Tabela prawdy z rysunku 4.52 może zostać opisana innymi wartościami, aby odwzorować wejścia i wyjście bramki NAND

Bardzo prosty problem występujący w telefonii mógłby zostać opisany w sposób następujący. Załóżmy, że dwóch abonentów mieszkających w obszarze wiejskim dzieli jedną linię telefoniczną. Nie ma problemu, kiedy tylko jeden z nich chce skorzystać z niej w danej chwili lub żaden nie ma potrzeby zatelefonowania. Obaj nie mogą jednak użyć linii w tym samym czasie. Zwróć uwagę, że jest to ten sam problem, jak w przypadku noszenia kapelusza przez Annę i Boba.

Możemy z łatwością narysować obwód używający dwóch normalnie zamkniętych przełączników, który będzie realizował oczekiwane zachowanie (patrz rysunek 4.54), ale jeśli wyobrazisz sobie centralę telefoniczną obsługującą tysiące abonentów, sytuacja faktycznie stanie się bardzo skomplikowana. W czasach Shannona nie istniał żaden proces logiczny pozwalający znaleźć najlepsze rozwiązanie i udowodnić, iż korzysta ono z najmniejszej liczby komponentów w porównaniu do innych.

Shannon dostrzegł, iż do tego celu można wykorzystać analizę Boole'a. Ponadto, jeśli stan włączenia potraktujemy jako numeryczną jedynkę, a stan wyłączenia jako numeryczne zero, będziemy mogli zbudować system przełączników umożliwiający liczenie. A skoro system potrafi liczyć, znaczy to, że może wykonywać operacje arytmetyczne.

Kiedy przełączniki zostały zastąpione lampami próżniowymi, możliwe stało się zbudowanie pierwszych urządzeń do przeprowadzania obliczeń cyfrowych. Lampy próżniowe zostały zastąpione tranzystorami, a tranzystory układami scalonymi. W końcu ta ewolucja doprowadziła do powstania komputerów osobistych, które dla nas są czymś zupełnie naturalnym, ale głęboko w środku tych niezwykle skomplikowanych maszyn nadal obowiązują prawa logiki odkryte przez George'a Boole'a. Nawet kiedy używasz słów AND i OR w wyszukiwarce, aby ograniczyć liczbę wyników, tak naprawdę korzystasz o operatorów logicznych Boole'a.



Rysunek 4.54. Ten obwód ilustruje przykładową logikę dla dwóch abonentów telefonicznych chcących współdzielić jedną linię. Jego zachowanie jest niemal identyczne, jak w przypadku bramki NAND na schemacie z rysunku 4.48



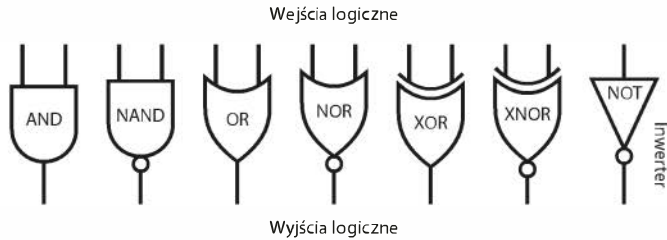
Rysunek 4.55. Anna i Bob próbujący pokonać ograniczenia logiki Boole'a

Bramka typu NAND jest najbardziej fundamentalnym elementem budowy komputerów, ponieważ (z powodów, na tłumaczenie których nie mam tutaj miejsca) umożliwia wykonywanie operacji dodawania. Jeśli chcesz się dowiedzieć czegoś więcej na ten temat, spróbuj poszukać w sieci haseł „arytmetyka binarna” i „sumator”.

Istnieje siedem typów bramek logicznych

- AND
- OR
- XOR
- NOT
- NAND
- NOR
- XNOR

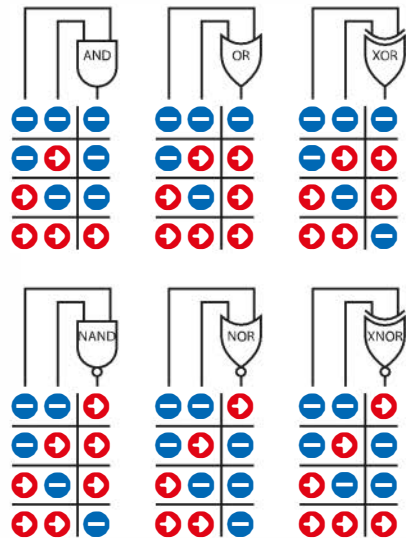
Spośród tych sześciu dwuwejściowych bramek najrzadziej używaną jest XNOR. Bramka NOT ma jedno wejście i jedno wyjście, na którym pojawia się sygnał ujemny w przypadku dodatniego wejścia lub dodatni w przypadku ujemnego wejścia. Bramka ta jest częściej określana mianem „inwertera”. Symbole wszystkich siedmiu bramek zostały pokazane na rysunku 4.56.



Rysunek 4.56. Amerykańskie symbole sześciu typów bramek dwuwejściowych i jednowejściowego inwertera

Przedstawione symbole używane są w Stanach Zjednoczonych. W Europie przyjęły się inne symbole, ale masz również dużą szansę spotkać w użyciu właśnie te. Rysunek 4.57 zawiera tablice prawdy dla wszystkich typów bramek. Na ich podstawie można przekonać się, jaki sygnał (wysoki lub niski) generowany jest na wyjściu każdej z nich w zależności od kombinacji sygnałów wejściowych.

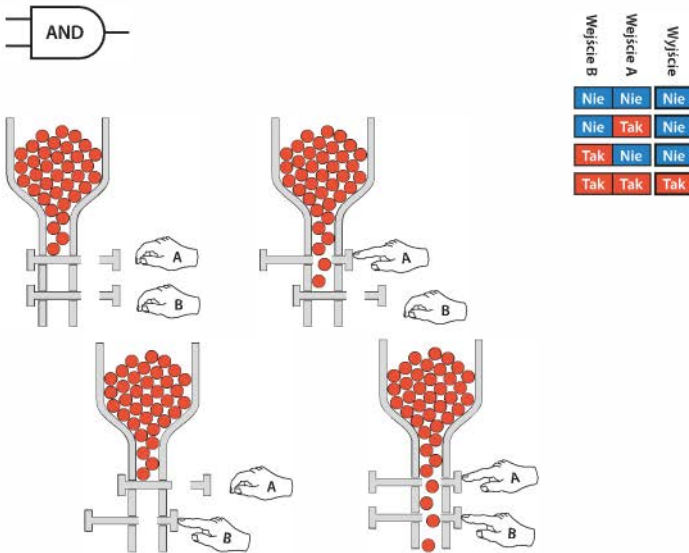
Rysunek 4.57. Wartości sygnałów wejściowych i odpowiadające im wartości sygnału wyjściowego dla sześciu typów bramek logicznych (przypominam, iż bramka XNOR jest używana rzadko). Znaki minus oznaczają niski poziom napięcia — bliski potencjałowi masy. Znak plus oznacza wysoki stan napięcia — bliski dodatniemu potencjałowi zasilania. Dokładne wartości napięć mogą być różne w zależności od komponentów znajdujących się w obwodzie



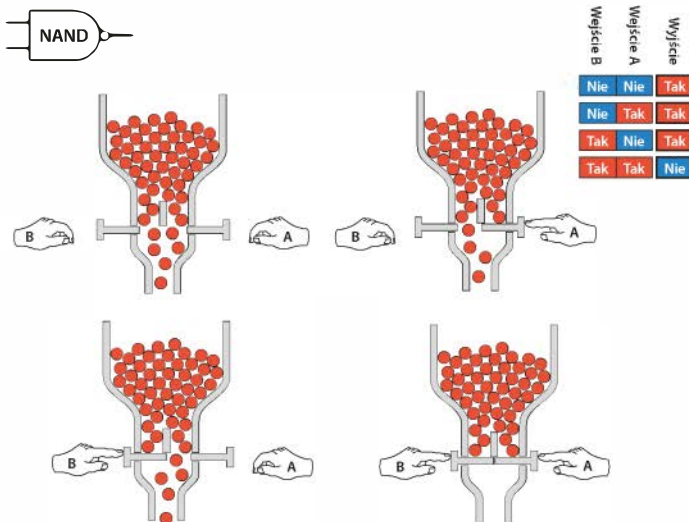
WIEDZA NIEZBĘDNA

Jeżeli masz trudności z wyobrażeniem sobie zasady działania bramki logicznej, pomocne może okazać się porównanie do modelu mechanicznego. Wyobraź sobie automat z gumami do żucia, u którego wylotu znajdują się przesuwane płytki z otworami w środku. Płytki mogą przesuwac dwie osoby, A i B. Osoby te są dwoma wejściami, które można uznać za dodatnie w sytuacji, kiedy coś robią. (Istnieją również układy pracujące w logice ujemnej, ale są one mało popularne, dlatego tutaj będę mówił wyłącznie o układach pracujących w logice dodatniej).

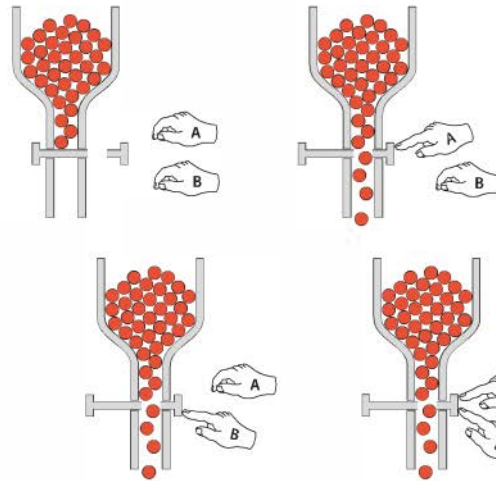
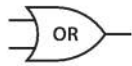
Przelatywanie kulek gumy do żucia reprezentuje przepływ prądu. Pełen zestaw możliwych sytuacji przedstawiają rysunki od 4.58 do 4.63.



Rysunek 4.58

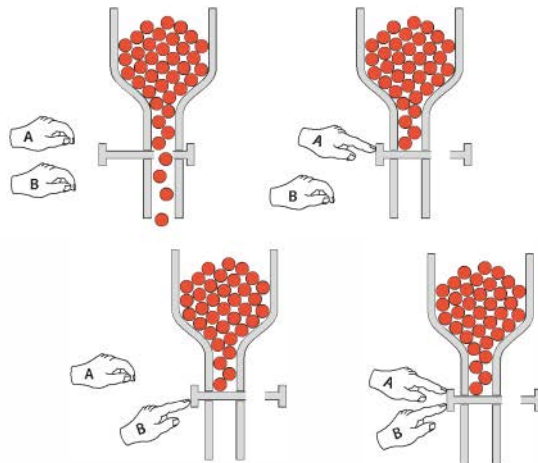


Rysunek 4.59



Wyscie	Wejście A	Wejście B
Nie	Nie	Nie
Nie	Tak	Tak
Tak	Nie	Tak
Tak	Tak	Tak

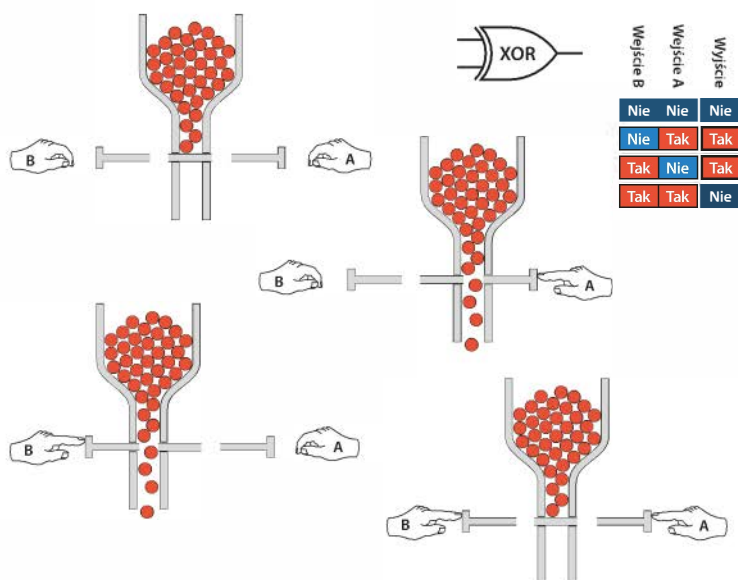
Rysunek 4.60



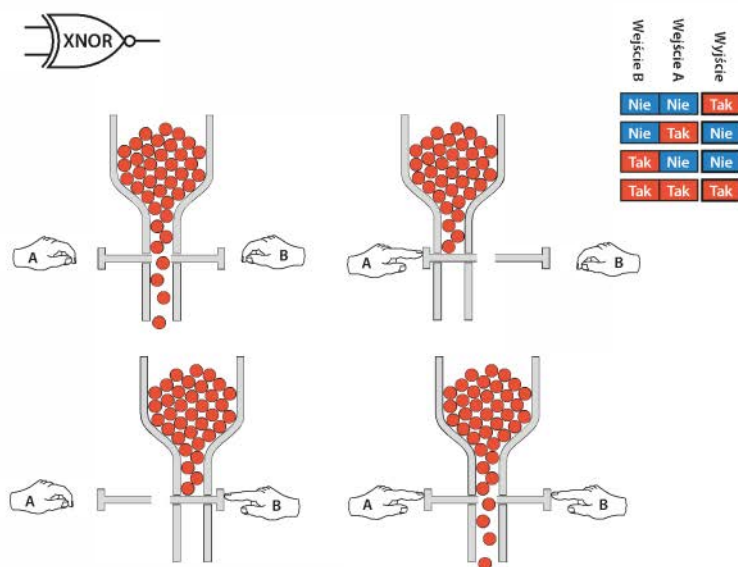
Wyscie	Wejście A	Wejście B
Tak	Nie	Nie
Nie	Tak	Nie
Nie	Nie	Tak
Nie	Tak	Tak

Rysunek 4.61

WIEDZA NIEZBĘDNA



Rysunek 4.62



Rysunek 4.63

TTL kontra CMOS

W latach sześćdziesiątych ubiegłego wieku pierwsze bramki logiczne budowane były w technologii *Transistor-Transistor Logic* (w skrócie TTL). Polegała ona na trawieniu w pojedynczej płytce półprzewodnika mikroskopijnych rozmiarów tranzystorów bipolarnych. Następnie przyszła pora na technologię *Complementary Metal Oxide Semiconductors* — CMOS. Każdy układ w tej technologii składał się z zestawu tranzystorów polowych z izolowaną bramką (czyli tzw. tranzystorów MOSFET). Używana przez Ciebie wcześniej kość o numerze 4026 jest wykonana właśnie w tej technologii.

Być może pamiętasz, że tranzystory bipolarne wzmacniają prąd. Podobnie rzecz ma się z układami TTL — są one czułe bardziej na prąd niż napięcie. W związku z tym, aby móc poprawnie działać, wymagają przepływu prądu o znacznej wartości. Układy CMOS dla odmiany zasadą działania przypominają tranzystor jednozłączowy, którym zajmowaliśmy się wcześniej — są czułe na napięcie, dzięki czemu pobierają niewielki prąd w trakcie oczekiwania na sygnał lub po jego emisji.

Obie rodziny układów — TTL i CMOS — są nadal obecne na rynku. Tabela na rysunku 4.64 podsumowuje ich podstawowe wady i zalety. Układy CMOS, o numerach części od 4000 w górę, są bardzo podatne na zniszczenie przez ładunek elektrostatyczny, ale z drugiej strony mogą pochwalić się bardzo niskim zużyciem energii. Kości w technologii TTL, o numerach części od 7400 w górę, zużywają znacznie więcej energii, ale są trwalsze i bardzo szybkie. Jeśli ktoś w przeszłości chciał zbudować komputer, wybierał rodzinę TTL, natomiast do budowy zabawki, która powinna działać miesiącami, wybierana była rodzina CMOS.

Od tego momentu sprawy zaczynają się mocno komplikować, ponieważ producenci kości CMOS zapragnęli przejąć część rynku przez „emulowanie” zalet kości TTL. Nowsze generacje układów CMOS zmieniły nawet swoje oznaczenie na zaczynające się od „74”, aby podkreślić swoją zgodność. Funkcje pinów w układach CMOS zostały poprzestawiane, aby dopasować je do funkcji realizowanych przez piny w kościach TTL. Wynikiem tych działań jest obecnie

względna zgodność układu pinów w układach CMOS i TTL, ale znaczenie stanów „wysokiego” i „niskiego” zmieniło się wraz z każdą nową generacją, a maksymalne napięcie zasilania w układach CMOS było obniżane. Zwróć uwagę na znaki zapytania pojawiające się przy kategoriach w kolumnie dotyczącej technologii CMOS — niektóre z nowych układów CMOS poradzily sobie z tymi problemami (przynajmniej do pewnego stopnia).

Poniższe krótkie podsumowanie będzie pomocne w sytuacji, kiedy znajdziesz jakiś schemat w sieci i będziesz chciał się dowiedzieć, jakiego rodzaju kości zostały w nim użyte.

Miejsca, w których mogą pojawiać się różne wartości numeryczne, zostały zastąpione literami „x”. Dla przykładu, „74xx” to bramki NAND 7400, bramki NOR 7402, 16-bitowy multiplexer 74150 itd. Kombinacja liter poprzedzających „74” identyfikuje producenta kości, a litery za numerem części mogą określać rodzaj obudowy, zawartość metali ciężkich (uciążliwych dla środowiska) oraz inne szczegóły.

		TTL	CMOS
Ogólny numer części		7400	4000 (później przyjęto numerację 7400)
Podatność na uszkodzenie ładunkiem statycznym		Mała	Większa?
Szybkość		Większa	Mniejsza?
Zużycie energii		Wyższe	Bardzo małe
Zakres napięcia zasilania		Wąski 5 V	Szerszy 3 V – 5 V
Impedancja wejściowa		Niska	Bardzo duża

Rysunek 4.64. Podstawowe różnice między rodzinami układów TTL i CMOS. Różnice te ulegały stopniowemu zatarciu w kolejnych generacjach układów

TTL kontra CMOS (ciąg dalszy)

Rodzina TTL:

74xx

Pierwsze, oryginalne pokolenie — wychodzące z użytku.

74Sxx

Seria w wersji Schottky'ego o większej prędkości — wychodząca z użytku.

74LSxx

Seria w wersji Schottky'ego o obniżonej mocy — nadal używana od czasu do czasu.

74ALSxx

Zaawansowana wersja Schottky'ego o obniżonej mocy.

74Fxx

Szybsza niż seria ALS.

Rodzina CMOS:

40xx

Kości pierwszej generacji — wychodzące z użytku.

40xxB

Kości serii 4000B mimo udoskonalenia nadal podatne są na uszkodzenia ładunkiem elektrostatycznym. Wielu hobbystów używa ich ciągle w swoich układach ze względu na możliwość zasilania stosunkowo dużym napięciem, które pozwala na bezpośrednie sterowanie diodami LED, a nawet małymi przekaźnikami.

74HCxx

Kości CMOS o większej szybkości, z numerami części oraz układem pinów pasującymi do rodziny TTL, ale z trochę innymi napięciami wejściowymi i wyjściowymi niż obecne w TTL. Kości tej serii używam bardzo często na łamach tej książki, ponieważ są one szeroko dostępne, a budowane przez nas obwody nie potrzebują większej szybkości lub mocy.

74HCTxx

Seria podobna do HC, ale z napięciami pasującymi do technologii TTL.

74ACxx

Zaawansowana wersja serii HC. Szybsza, z możliwością wydania większej mocy na wyjściu.

74ACTxx

Podobna do serii AC, ale z takim samym układem pinów i napięciami, jakie obowiązują w technologii TTL.

74AHCxx

Bardziej zaawansowana seria o większej szybkości w technologii CMOS.

74AHCTxx

Podobna do serii AHC, ale z takimi samymi funkcjami poszczególnych pinów i napięciami, jak TTL.

74LVxx

Serie kości o obniżonym napięciu (3,3 V). Są wśród nich kości o symbolach LV, LVC, LVT i ALVC.

Jak się właśnie przekonałeś, trzeba bardzo uważnie interpretować numery części, ale pomijając to, jakiej serii powinieneś właściwie użyć? Wszystko zależy od potrzeb. Oto kilka wskazówek.

Czego nie potrzebujesz:

1. Z naszego punktu widzenia różnice w szybkości nie mają znaczenia, gdyż nie budujemy układów, które mają działać z prędkością milionów cykli na sekundę.
2. Różnice w cenach są tak małe, iż nie mają większego znaczenia.
3. Z punktu widzenia naszych małych, eksperymentalnych układów nie interesują nas kości CMOS o obniżonym napięciu pracy (LV).
4. Staraj się unikać mieszania ze sobą kości pochodzących z różnych rodzin i generacji w jednym układzie. Mogą nie być kompatybilne ze sobą.
5. Niektóre z nowszych generacji kości mogą być dostępne jedynie w obudowach do montażu powierzchniowego. Ponieważ posługiwanie się nimi jest o wiele trudniejsze, a ich jedyną zaletą jest miniaturyzacja, nie polecam ich stosowania.
6. W przypadku rodzin TTL serie LS i ALS mają mniejsze możliwości obciążania wyjść w porównaniu do serii S i F. Nie potrzebujesz ich.

TTL kontra CMOS (ciąg dalszy)

Czego powinieneś używać:

1. Kości starej serii TTL 74LSxx były tak popularne, że nadal można znaleźć schematy wykorzystujące tę generację. Komponenty tego typu powinny być nadal dostępne w sklepach internetowych. Jeśli nie uda Ci się ich znaleźć, możesz zastąpić je kośćmi serii 74HCTxx, które z punktu widzenia swojego projektu działają identycznie.
2. Hobbyści nadal korzystają ze starej serii układów CMOS o oznaczeniu 4000B ze względu na dobrą tolerancję wyższych napięć przez te kości. Podczas gdy układy scalone TTL lub kompatybilne z nimi wymagają ściśle regulowanego napięcia rzędu 5 V, kości 4000B są w stanie wytrzymać 15 V i dzięki temu dostarczyć wystarczająco dużo mocy, aby zasilić diodę LED lub małe przekaźniki. Niektórzy zapaleńcy mają również sentyment do serii 74Cxx, której kości mają taki sam układ pinów jak kości w technologii TTL, ale potrafią działać przy wyższym napięciu i dostarczać większy prąd wyjściowy. Problem polega jednak na tym, że niektóre z kości tej serii są już niemal na wygnięciu, natomiast układy 4000B, chociaż wciąż dostępne, również uważane są za wychodzące z użycia.

Podsumowując: proponuję, abyś używał kości serii 4000B jedynie, kiedy będziesz chciał odtworzyć jakiś stary obwód lub kiedy nie znajdziesz odpowiednika

nowszej generacji (właśnie z tego powodu użyłem kości 4026B do budowy miernika refleksu — nie mogłem znaleźć nowoczesnego odpowiednika, który byłby w stanie sterować wyświetlaczem siedmiosegmentowym w sposób bezpośredni, a nie chciałem, abyś zajmował się większą liczbą części niż absolutnie niezbędna).

Sprawdzając w sklepach internetowych, takich jak *pl.mouser.com*, przekonasz się, iż seria HC jest obecnie najbardziej popularna. Wszystkie typy kości tej serii są dostępne w obudowie do przewlekania (będą pasować zarówno do płytki prototypowej, jak i płytki perforowanej). Cechują się wysoką impedancją wejściową układów CMOS (co jest użyteczne) i posiadają takie same oznaczenia pinów jak komponenty starej serii 74LSxx.

Skróty

Przeglądając karty katalogowe, masz szansę spotkać niektóre z poniższych skrótów:

- *VOH min*: minimalne napięcie wyjściowe w stanie wysokim,
- *VOL max*: maksymalne napięcie wyjściowe w stanie niskim,
- *VIH min*: minimalne napięcie wejściowe rozpoznawane jako stan wysoki,
- *VIL max*: maksymalne napięcie wejściowe rozpoznawane jako stan niski.

Początki logiki opartej na bramkach

Rodzina układów scalonych 7400 została wprowadzona przez firmę Texas Instruments, poczynając od bramek NAND 7400 w roku 1962. Układy logiczne były sprzedawane już wcześniej przez inne firmy, ale seria 7400 zdominowała rynek. Kości typu 7400 zostały zastosowane do budowy komputera, który poleciał w ramach misji Apollo na Księżyc, i stanowiły podstawowy budulec mikrokomputerów w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku.

W roku 1968 firma RCA wprowadziła do obiegu układy scalone serii 4000 bazujące na technologii CMOS. Texas Instruments wybrało technologię TTL. Kości CMOS używają mniej energii i w związku z tym wytwarzają znacznie mniej ciepła. Dzięki temu umożliwiają tworzenie bardziej elastycznych projektów obwodów elektronicznych, ponieważ pojedyncza kość może zasilac wiele innych. Technologia CMOS

była również o wiele bardziej tolerancyjna pod względem dopuszczalnego napięcia zasilania (od 3 do 15 V), ale pozwalała na przełączanie obwodów nie szybciej niż z częstotliwością 1 MHz. TTL była dziesięciokrotnie szybsza.

Różnorodne obejścia projektowe zniósły z biegiem czasu ograniczenie prędkości układów CMOS, przez co kości TTL straciły swoją popularność. Mimo to niektórzy ludzie, kierowani nostalgią, zachowują lojalność wobec „bramek, które poleciały na Księżyc”. Zatwardziały entuzjasta o nazwisku Bill Buzbee zbudował kompletny serwer WWW oparty na kościach TTL serii 7400. W chwili pisania tej książki jest on wciąż aktywny pod adresem www.magic-1.org. Rysunek 4.65 pokazuje zaledwie jeden z ręcznie zmontowanych przez Billa obwodów, z jakich składa się cały komputer.



Rysunek 4.65. Hobbysta Bill Buzbee zbudował samodzielnie kompletny serwer WWW oparty w całości na kościach logicznych serii 7400, których najstarsze egzemplarze zostały wyprodukowane w roku 1969. Serwer można znaleźć w sieci pod adresem <http://magic-1.org>. Na zrobionym przez Billa zdjęciu widać zaledwie jeden z drukowanych obwodów tego niezwykłego projektu

Numeracja układów scalonych

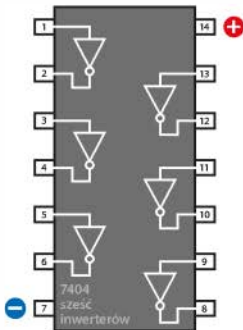
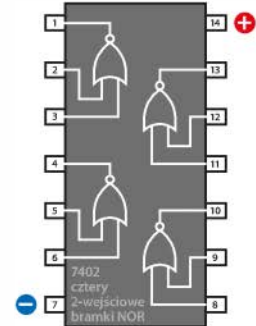
Każda 14-pinowa kość zawiera cztery 2-pinowe, trzy 3-pinowe, dwie 4-pinowe lub jedną 8-pinową bramkę, ewentualnie sześć inwerterów z pojedynczym wejściem. Pokazuje to poniższa tabela.

	2 wejścia	3 wejścia	4 wejścia	8 wejść
AND	7408	7411	7421	
NAND	7400	7410	7420	7430
OR	7432			744078*
NOR	7402	7427		744078*
XOR	7486			
XNOR	747266			
Inwerter	(1 wejście) 7404			

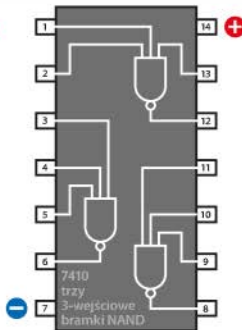
*Kość 744078 zawiera w sobie wyjścia OR i NO R.

Rysunki od 4.66 do 4.77 przedstawiają wewnętrzne połączenia logicznych układów scalonych, których masz szansę używać najczęściej. Zwróć uwagę, iż układ wejść i wyjść bramek NOR w kości 7402 jest inny niż w pozostałych kościach.

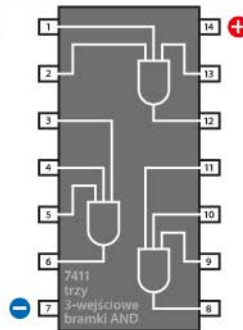
Rysunek 4.66. Rysunki od 4.66 do 4.77 pokazują układ pinów najczęściej używanych kości logicznych. Zwróć uwagę, iż wejścia kości 7402 są umiejscowione odwrotnie w porównaniu do pozostałych kości



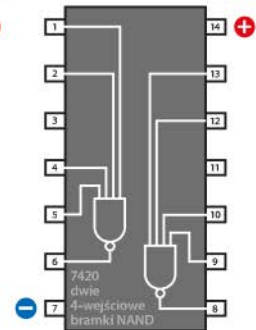
Rysunek 4.67



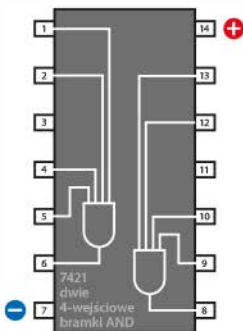
Rysunek 4.68



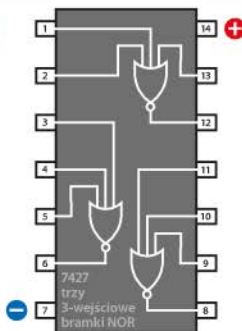
Rysunek 4.69



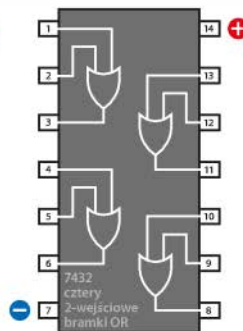
Rysunek 4.70



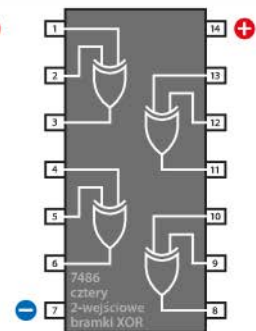
Rysunek 4.71



Rysunek 4.72



Rysunek 4.73



Rysunek 4.74

Zasady łączenia ze sobą bramek logicznych

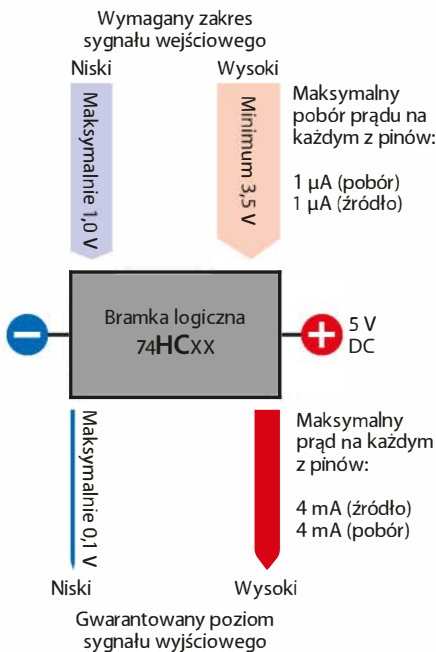
Co jest dozwolone:

- Możesz podłączać wejścia bramek bezpośrednio do regulowanego dodatniego lub ujemnego źródła zasilania.
- Możesz łączyć wyjście jednej bramki bezpośrednio z wejściem kolejnej.
- Wyjście jednej bramki może zasilać wejścia wielu innych bramek (jest to tzw. połączenie typu „fanout”). W jak dużym stopniu mogą rozprzestrzeniać się połączenia, zależy od samej kości, ale zazwyczaj jedno wyjście może zasilać minimum dziesięć wejść. Wyjście układu logicznego może sterować pinem wyzwalającym (numer 2) układu czasowego 555. Wyjście układu czasowego

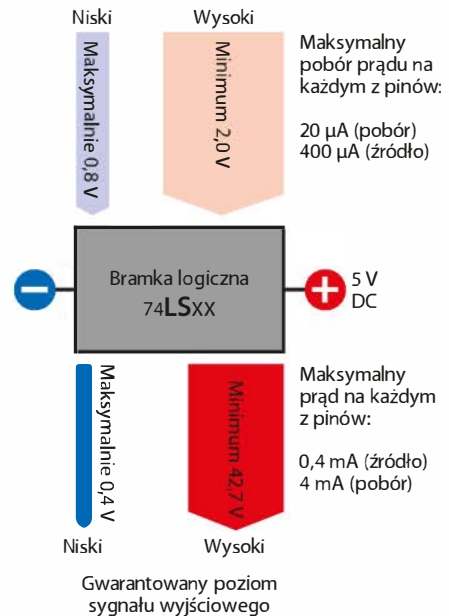
może dostarczyć prąd rzędu 100 mA, co wystarczy w zupełności do zasilenia około 6 diod LED lub małego przekaźnika.

- Niski stan wejściowy nie musi oznaczać zera. W układzie logicznym z serii 74HCxx każde napięcie do wartości 1 V uznawane będzie za stan niski.
- Wysoki stan wejściowy nie musi mieć wartości 5 V. W układzie logicznym z serii 74HCxxx każde napięcie powyżej 3,5 V zostanie uznane za stan wysoki.

Rysunki 4.75 i 4.76 przedstawiają porównanie dopuszczalnych napięć po stronie wejścia i wyjścia kości z serii 74HCxx i 74LSxx.



Rysunek 4.75. Każda rodzina układów logicznych, a także każda generacja w ramach rodziny, ma inne standardy dotyczące minimalnych i maksymalnych napięć na wejściu i wyjściu. Diagram przedstawia standardy obowiązujące w generacji HC rodziny CMOS, która użyta została w większości projektów z tej książki. Zwróć uwagę, iż prąd wymagany na wejściu jest minimalny w porównaniu do prądu dostępnego na wyjściu. Ta różnica wynika z zasilania samej kości



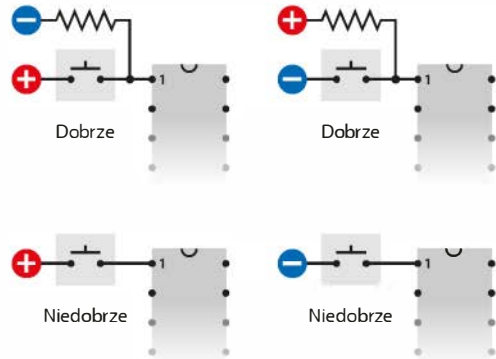
Rysunek 4.76. Ponieważ generacja LS rodziny TTL ma tak różne wartości tolerancji napięcia wejściowego i różne poziomy napięć wyjściowych, nie powinna być łączona w tym samym obwodzie z kościami CMOS generacji HC, chyba że użyte zostaną rezystory podciągające, które umożliwią kościom LS zachowanie zgodności ze standardami oczekiwanymi przez kości HC. Studium takiego przypadku z użyciem kości LS stanowi eksperyment numer 21

Zasady łączenia ze sobą bramek logicznych (ciąg dalszy)

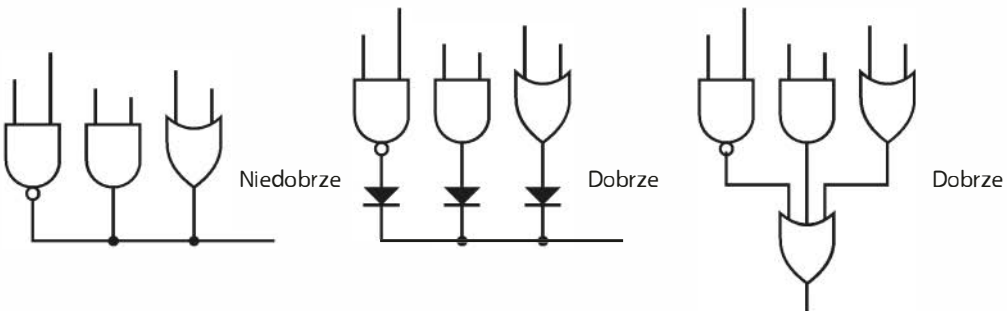
Co nie jest dozwolone:

- Obowiązuje zakaz pozostawiania „wiszących” pinów! W kościach CMOS z rodziny takiej jak HC musisz zawsze podłączyć wszystkie piny wejściowe do znanej wartości napięcia, nawet jeśli zasilają one bramkę, której nie używasz. Używając przełącznika SPST do kontrolowania stanu wejściowego, pamiętaj, że przycisk ten w swojej pozycji wyłączonej pozostawia wejście niepodpięte. Aby uniknąć tej sytuacji, zastosuj rezystory podciągające lub „zwierające” do masy. Patrz rysunek 4.77.
- Nie używaj napięcia zasilania bez regulacji lub napięcia powyżej 5 V do zasilania bramek logicznych z generacji 74HCxx lub 74LSxx.
- Nawet jeśli podłączasz wyjście bramki logicznej do diody niskoprądowej, zachowaj ostrożność. Sprawdź, ile miliamperów jest pobieranych z wyjścia. Również sytuacja, w której wyjście bramki jest „współdzielone” przez wejście innej bramki i diodę LED, wymaga uwagi. Dioda LED może obniżyć napięcie do poziomu nierozpoznawalnego przez wejście kolejnej bramki. Przed modyfikacją układu lub przystąpieniem do projektowania nowego sprawdź aktualne stany napięć.

- Nigdy nie obciążaj wyjścia bramki logicznej zbyt dużym napięciem lub prądem. Innymi słowy, nie wymuszaj sygnału wejściowego na wyjściu.
- Nigdy nie łącz wyjść dwóch lub więcej bramek razem. Jeżeli muszą współdzielić przewód wyjściowy, użyj diod, aby chronić je przed sobą nawzajem. Patrz rysunek 4.78.



Rysunek 4.77. Ponieważ kości CMOS są bardzo czułe na wahania sygnału wejściowego, wejścia logiczne bramek nie powinny nigdy pozostawać „w powietrzu” ani być podłączone w sposób niezapewniający znanej wartości napięcia. Oznacza to, że każdemu jednopozycyjnemu przełącznikowi lub przyciskowi powinien towarzyszyć rezystor podciągający, który zapewni ustaloną wartość napięcia, nawet jeśli zaciski zostaną otwarte



Rysunek 4.78. Wyjście z jednej bramki logicznej nie powinno wpływać na wyjścia innych bramek logicznych. Do ich wzajemnego odizolowania można użyć diod lub połączyć je przez inną bramkę logiczną

W rodzinie układów logicznych 74HCxx każde wejście bramki pobiera prąd o mikroamperowej wartości, podczas gdy wyjście można obciążyć prądem rzędu 4 mA. Wydaje się to trochę paradoksalne — w jaki sposób kość jest w stanie wydać więcej prądu, niż pobiera? Jest to możliwe, ponieważ pobiera również energię ze źródła zasilania podłączonego do pinów 7 i 14. Właśnie stamtąd pochodzi dodatkowy prąd.

Skoro sygnał wyjściowy z układu logicznego jest większy od sygnału wejściowego, możemy doprowadzić do sytuacji, w której układ sam utrzymuje siebie w stanie włączonym (podobnie do metody podłączenia przekaźnika w projekcie alarmu, która zmuszała go do zablokowania samego siebie). W przypadku układu logicznego najprostszym sposobem osiągnięcia takiego efektu jest skierowanie części sygnału wyjściowego z powrotem do jednego z wejść.

Rysunek 4.79 pokazuje bramkę AND z jednym ze swoich wejść podłączonym do dodatniego zasilania oraz drugim utrzymywanym na niskim poziomie przez rezystor podciągający i zaopatrzonym w przycisk, który może zmienić ten stan na wysoki. Wyjście z diody jest połączone do wejścia kontrolowanego przez przycisk za pomocą diody sygnałowej. Pamiętaj, że dioda ma na sobie oznaczenie informujące, która jej strona powinna zostać podłączona do **ujemnego** potencjału — w tym przypadku końca rezystora $10\text{ k}\Omega$.

Schemat na rysunku 4.79 pokazuje, jak układ powinien wyglądać na płytce prototypowej. Rysunek 4.80 pokazuje ten sam układ w uproszczeniu.

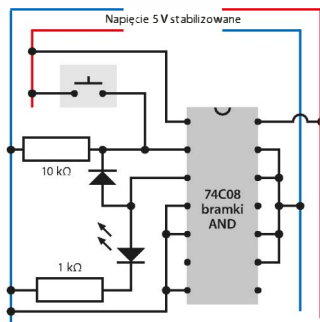
Od tego momentu nie będę zwracał sobie głowy umieszczaniem na schematach regulatora napięcia i towarzyszących mu kondensatorów. Pamiętaj o ich umieszczeniu za każdym razem, kiedy zobaczysz napięcie zasilania opisane jako „5 V DC stabilizowane”.

Po włączeniu układu dioda LED pozostaje w stanie zgaszonym, tak jak wcześniej. Bramka AND wymaga dodatniego napięcia zasilania na obu swoich wejściach, aby móc wygenerować dodatnie wyjście, ale w tej chwili ma takie napięcie jedynie na jednym ze swoich wejść, natomiast na drugim jest ono „ściągnięte” w dół przez rezystor $10\text{ k}\Omega$. Naciśnij teraz przycisk. Dioda zaświeci się. Po puszczeniu przycisku dioda będzie nadal świecić, ponieważ dodatni sygnał wyjściowy z bramki AND wraca przez diodę i jest dostatecznie wysoki, aby pokonać ujemne napięcie podawane przez rezystor.

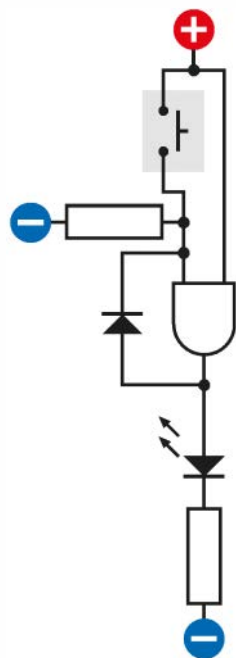
Wyjście z bramki AND zasila jej własne wejście, powodując, że dioda LED będzie świecić, dopóki nie wyłączymy zasilania. Ten układ jest prostą formą „zatrzasku”, który może być bardzo użyteczny w sytuacji, kiedy chcemy uzyskać sygnał wyjściowy zachowujący swoją wartość po zwolnieniu przycisku przez użytkownika.

Nie możesz połączyć wyjścia bramki do jednego z jej wejść przy użyciu zwykłego kawałka przewodu, ponieważ to pozwoliłoby dodatniemu napięciu podawanemu przez przycisk na omińnięcie bramki i zakłócenie sygnału wyjściowego. Pamiętaj, że nie wolno Ci nigdy przykładać napięcia do pinu wyjściowego bramki logicznej. Tutaj sytuacji takiej zapobiega dioda.

Jeżeli zrozumiałeś podstawy działania bramek logicznych, jesteś gotowy do rozpoczęcia naszego pierwszego praktycznego projektu, w którym wykorzystamy cały zasób wiedzy przedstawiony do tej pory.



Rysunek 4.79. Stosując diodę, można pozwolić wyjściu logicznemu na zasilanie z powrotem jednego z wejść. W ten sposób bramka zatrzaskuje swój stan po otrzymaniu krótkiego impulsu wejściowego



Rysunek 4.80. Uproszczony schemat w układzie odwzorowującym komponenty na płytce prototypowej pokazuje jaśniej, w jaki sposób bramka może zatrzasnąć swój stan po otrzymaniu impulsu na wejściu



Uwaga na gwarancję

Wykonując ten eksperyment do końca, będziesz musiał otworzyć pokrywę swojego komputera domowego, przeciąć pewne przewody i wyciąć dziurę w obudowie. Doprowadzi to bez wątpienia do utraty gwarancji. Jeżeli chcesz tego uniknąć, masz do wyboru trzy opcje:

1. Zbuduj obwód w celach poznawczych na płytce prototypowej i na tym zakończ.
2. Podłącz klawiaturę do innego urządzenia.
3. Użyj starego komputera.



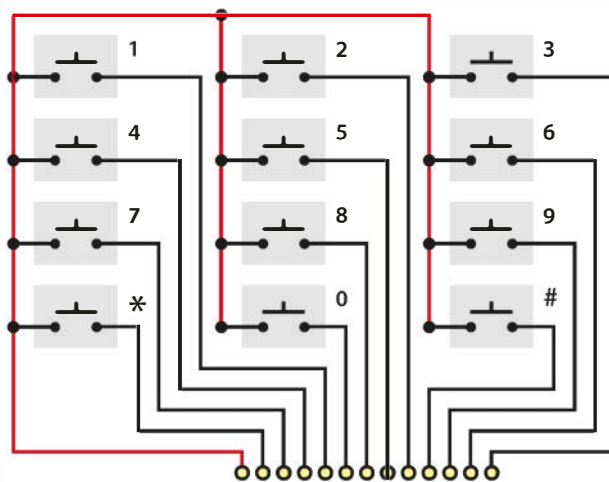
Rysunek 4.81. Uwaga: takie działanie może doprowadzić do utraty gwarancji

Eksperyment 20: Funkcjonalne połączenie

Załóżmy, że chcesz zapobiec możliwości użycia Twojego komputera przez osoby postronne. Mogę wyobrazić sobie dwa sposoby zrealizowania tego zadania: przy użyciu oprogramowania lub w sposób sprzętowy. Oprogramowanie musiałoby być uruchamianym bardzo wcześnie programem, który przejmowałby normalną sekwencję startową i prosił o podanie hasła. Chociaż jest to zadanie, które można zrealizować, ciekawiej (i bliżej tematyki tej książki) będzie rozwiązać ten problem sprzętowo. Wyobrażam sobie klawiaturę numeryczną, której użytkownik musi użyć do wpisania tajnej kombinacji przed włączeniem samego komputera.

Potrzebne będą:

- Klawiatura numeryczna. Zgodnie z tym, co powiedziałem wcześniej przy okazji listy zakupów, musi ona posiadać wspólną końcówkę (wspólne wyjście) — pokazuje to schemat na rysunku 4.82. Wewnątrz klawiatury jeden z przewodników (w celu wyróżnienia pokazany kolorem czerwonym) łączy razem jedną stronę wszystkich przycisków. Inaczej mówiąc, jest on **wspólny** dla wszystkich przycisków i ma swoje wyprowadzenie razem z pozostałymi pinami u dołu, które zaznaczyłem na żółto.



Rysunek 4.82. Klawiatura u układzie wymaganym do przeprowadzenia eksperymentu numer 20 zawiera końcówkę podłączoną do jednej strony wszystkich dwunastu przycisków. W celu lepszej identyfikacji przewód prowadzący od wspólnego wyprowadzenia został oznaczony na czerwono

- Klawiatury z układem matrycowym nie będą działać w naszym obwodzie. Jeżeli nie możesz znaleźć polecanej przeze mnie klawiatury Velleman i żadnej innej podobnej, pozostaje użyć dwunastu przycisków typu SPST. Takie rozwiązanie będzie trochę droższe od samej klawiatury.
- Kość 74HC08, zawierająca cztery bramki AND, liczba: 1.
- Kość 74HC04, zawierająca sześć inwerterów, liczba: 1.
- Układ czasowy 555, liczba: 1.

- 5-woltowy przekaźnik zatrzaskowy typu DPST lub DPDT w obudowie „2 z C”. Może to być model Panasonic SL2-DC5V lub podobny. Musi posiadać dwie oddzielne cewki (jedną zatrzaskującą i drugą przywracającą stan pierwotny) z oddzielnymi wejściami, liczba: 1.
- Zwykłe diody LED 5 mm w dowolnym kolorze, liczba: 3.
- Taśma przewodów zawierająca minimum 6 żył — jeśli chcesz, aby projekt wyglądał zgrabnie. Możesz użyć kabla służącego do podłączania twardych dysków, wydzielając z niego sześć przewodów. Poszukaj również na www.allegro.pl.
- Narzędzia potrzebne do zmodyfikowania komputera. Wywierć cztery otwory w obudowie, a następnie wykonaj cięcia piłą pomiędzy nimi (pod warunkiem że chcesz doprowadzić projekt do tego etapu). Będą Ci potrzebne również cztery małe śruby do przykręcenia panelu klawiatury do obudowy (po wcześniejszym przygotowaniu odpowiedniego otworu na nią).

Schemat

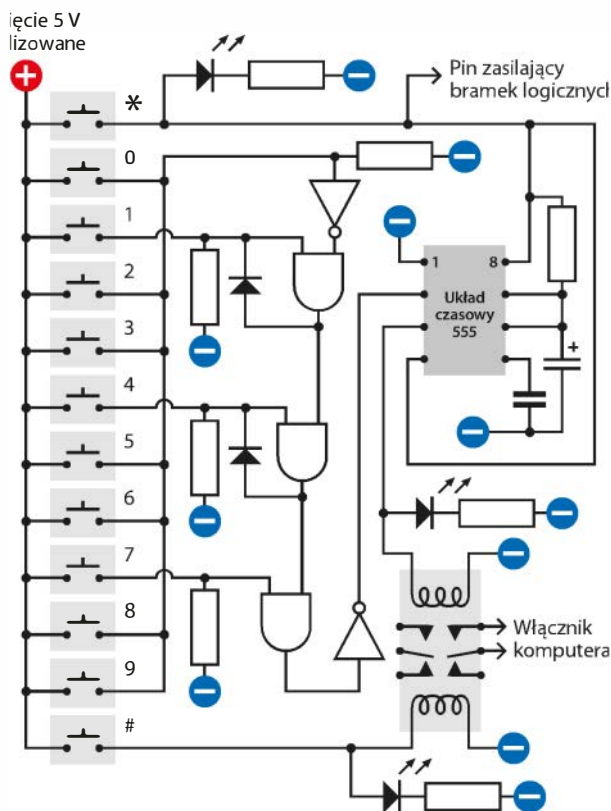
Tym razem chciałbym zacząć od przestudiowania schematu, zanim zaczniemy cokolwiek budować. Zaczniemy od wersji uproszczonej, pokazanej na rysunku 4.83.

Chcę, aby był to układ zasilany z baterii. W ten sposób nie będziesz musiał podłączać drugiego źródła zasilania lub (jeszcze gorzej) próbować podłączać się do 5-woltowego źródła napięcia wewnątrz komputera. Zasilanie z baterii oznacza, że obwód powinien przebywać większość czasu w stanie „wyłączonym”, aby uniknąć jej wyczerpania. Klawiatura posiada dwa dodatkowe przyciski — gwiazdkę i krzyżyk. Gwiazdki użyję jako włącznika. Kiedy go naciśniesz, zapali się dioda świecąca narysowana na górze schematu. Będzie to informacja, iż obwód pracuje i zasilane są dwa układy logiczne oraz układ czasowy. Musisz naciskać ten przycisk w trakcie wpisywania 3-cyfrowego kodu, który odblokuje komputer.

Przyjąłem, iż kod stanowić będą liczby 1-4-7. Prześledźmy, co się stanie, kiedy wpiszesz tę sekwencję (w swoim układzie możesz oczywiście docelowo wybrać inne liczby).

Naciśnięcie 1 wysyła dodatni impuls do jednego z logicznych wejść pierwszej bramki AND. Drugie wejście tej bramki ma również stan dodatni, dostarczany przez inwerter, którego wejście utrzymywane jest w stanie niski dzięki rezystorowi łączącemu go z masą. Ujemny stan wejściowy inwertera oznacza, że na jego wyjściu panuje stan wysoki, zatem naciśnięcie jedynki aktywuje tę bramkę AND i zmienia jej stan wyjściowy na wysoki. Bramka blokuje sama siebie dzięki podłączeniu wyjścia przez diodę z powrotem do wejścia. Jej stan pozostaje wysoki po puszczeniu przycisku 1.

Wyjście pierwszej bramki logicznej AND zasilą również wejście drugiej bramki AND. Kiedy naciśniesz przycisk 4, wysłesz dodatnie napięcie do drugiego wejścia tej bramki, jej stan zmieni się na wysoki, a sama bramka zablokuje się podobnie jak pierwsza.



Rysunek 4.83. Uproszczony schemat pokazujący podstawową strukturę zamka szyfrowego

Druga bramka AND zasila trzecią bramkę tego typu, zatem kiedy naciśniesz przycisk 7, ta zmieni swój stan wyjściowy z niskiego na wysoki. Ta wartość trafia do inwertera, który zmienia swój stan wyjściowy z wysokiego na niski, pobudzając układ czasowy 555 skonfigurowany do pracy w trybie monostabilnym.

Kiedy stan pinu wyzwającego układu 555 przejdzie ze stanu wysokiego w niski, wygenerowany zostanie dodatni impuls na pinie wyjściowym numer 3. Impuls trafi do górnej cewki przekaźnika zatraskowego, a także zasilii diodę LED informującą, iż kod został zaakceptowany i przekaźnik jest aktywny.

Dwa z kontaktów w przekaźniku są połączone z Twoim przyciskiem włączającym komputer. Trochę dalej wyjaśnię, czemu takie rozwiązanie można uznać za bezpieczne w większości nowoczesnych komputerów.

Przekaźnik zatraskowy, którego używamy, po przejściu do stanu włączonego pozostanie tam, nawet kiedy zakończy się impuls z układu czasowego. Możesz teraz puścić przycisk gwiazdki, aby odłączyć zasilanie zamka z baterii, i nacisnąć przycisk włączający komputer.

Pod koniec pracy powinieneś wyłączyć komputer w standardowy sposób, a następnie nacisnąć krzyżyk na swojej klawiaturze, co spowoduje przeskoczenie przekaźnika do jego pierwotnej pozycji i reaktywację zamka sztyfowego.

Reakcja na nieprawidłowy kod

Co się stanie, kiedy wpiszesz niepoprawny kod? Naciśnięcie któregośkolwiek z przycisków poza 1, 4 i 7 spowoduje wystanie dodatniego napięcia do inwertera znajdującego się u góry schematu. Wysoki potencjał przeważa niskie napięcie dostarczane do inwertera przez rezystor i spowoduje pojawienie się na jego wyjściu stanu niskiego, który trafi do jednego z wejść pierwszej bramki AND. Jeżeli bramka była zablokowana w stanie wysokim, ujemny stan wejściowy spowoduje jego wyłączenie. Jeśli zasilala kolejną bramkę AND, ta również zostanie wyłączona.

Stąd każdy błąd podczas wpisywania pierwszej, drugiej lub trzeciej cyfry kodu wyzeruje bramki AND, zmuszając Cię do rozpoczęcia wpisywania od początku.

A jeśli wpiszesz 1, 4 i 7 w innej kolejności? Układ nie zadziała. Trzecia bramka AND wymaga wysokiego stanu wejściowego dostarczanego przez drugą bramkę AND, a druga wymaga stanu wysokiego dostarczanego z pierwszej bramki AND. Musisz aktywować je w prawidłowej kolejności.

Pytania

Dlaczego użyłem układu czasowego 555 w celu dostarczenia dodatniego impulsu przekaźnikowi? Ponieważ wyjście z bramki AND nie jest w stanie zapewnić dostatecznej mocy. Mogłem przepuścić ten sygnał przez tranzystor, ale podoba mi się pomysł impulsu o stałej długości przełączającego przekaźnik i oświetlającego diodę przez mniej więcej jedną sekundę niezależnie od tego, jak długo użytkownik przytrzymuje przycisk numer 7.

Dlaczego są potrzebne trzy diody LED? Ponieważ kiedy przyciskasz przyciski w celu odblokowania komputera, musisz wiedzieć, co dokładnie się dzieje. Dioda włączonego zasilania upewnia Cię, że bateria nie jest rozładowana. Dioda aktywnego przekaźnika informuje, że system został odblokowany, na wypadek gdybyś nie był w stanie usłyszeć „kliknięcia” przekaźnika. Dioda ponownej blokady pozwala stwierdzić, iż komputer jest ponownie zabezpieczony.

Ponieważ wszystkie diody są sterowane bezpośrednio z 5-woltowego źródła zasilania lub z wyjścia układu czasowego 555, nie muszą być to diody niskoprądowe. Zwykle diody LED połączone szeregowo z rezystorami 330 Ω dadzą ładne, jasne światło.

Jak podłączyć klawiaturę z płytką obwodu? Za pomocą taśmy przewodów. Ostrożnie zdejmij izolację z każdego końca przewodu, a następnie przylutuj je do wyprowadzeń klawiatury. Końcówki po drugiej stronie taśmy wetknij do płytki prototypowej (podczas testowania obwodu) lub przylutuj do płytki perforowanej (w końcowej wersji układu). Znajdź odpowiednie miejsce wewnątrz obudowy komputera, gdzie będziesz mógł przymocować płytkę perforowaną dwustronną taśmą klejącą, małymi śrubkami lub inną dogodną metodą. Dołącz uchwyt na baterię 9 V i nie zapomnij o regulatorze, który zmniejszy napięcie do 5 V.

Jeden szczegół: połączenie z komputerem

Starsze komputery wyposażone były w duży przycisk z tyłu obudowy przymocowany do masywnej metalowej puszki zasilacza przekształcającego napięcie z sieci na odpowiednie dla potrzeb komputera. Większość nowoczesnych komputerów jest zaprojektowanych inaczej. Są one zawsze podłączone do prądu i wystarczy dotknąć małego przycisku na obudowie (w przypadku komputerów PC) lub klawiaturze (w przypadku maców), który wysyła impuls o niskim napięciu do płyty głównej komputera.

Takie rozwiązanie jest idealne z naszego punktu widzenia, ponieważ nie będziemy musieli kombinować przy dużym napięciu. Nie otwieraj metalowego pudełka z zamontowanym w środku wentylatorem, które stanowi zasilacz komputera. Zamiast tego poszukaj przewodu (w komputerach PC jest to para przewodów) biegnącego od przycisku włączającego zasilanie do płyty głównej.

Żeby przekonać się, czy znalazłeś dobry przewód, **upewnij się, że komputer jest wyłączony**, dokonaj uziemienia swojego ciała (komputery zawierają układy CMOS wrażliwe na ładunek statyczny) i ostrożnie przetnij wyłącznie jeden z dwóch drutów przewodu. Podłącz teraz komputer do prądu i spróbuj użyć przycisku włączającego. Jeżeli nic się nie dzieje, prawdopodobnie przeciąłeś odpowiedni drut. Gdyby okazało się, że przeciąłeś inny drut, który również blokuje start komputera, możesz go użyć. Pamiętaj, że nie będziemy zasilac tego przewodu w żaden sposób. Podepnijemy jedynie przekaźnik, który będzie łączył ze sobą dwa końce przeciętego drutu. Jeśli tylko zachowasz rozwagę i spokojnie odszukasz przewód, który uruchamia wszystko, cała operacja powinna przebiec bez problemu. Przy braku pewności i obawie popełnienia błędu pozostaje jeszcze zajrzeć do instrukcji obsługi komputera, która opisuje położenie i przeznaczenie wszystkich przewodów wewnątrz niego.

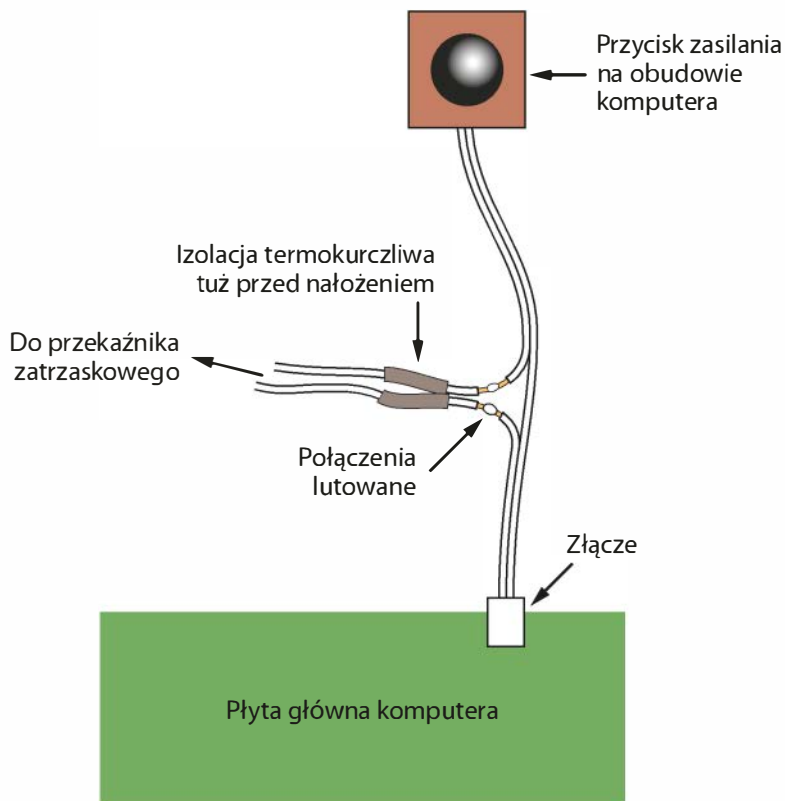
Kiedy już znajdziesz odpowiedni przewód i przetniesz jedną z jego żył, odłącz ponownie komputer od zasilania i pozostaw w takim stanie w ciągu kilku kolejnych kroków.

Znajdź miejsce, gdzie przewód łączy się z płytą główną komputera. Zazwyczaj w tym miejscu znajduje się miniaturowe złącze. Zacznij od zaznaczenia go, aby móc podłączyć wszystko z powrotem, a następnie odłącz przewód od płyty głównej.

Zdejmij izolację z końców drutu, który właśnie przeciąłeś, i przedłuż, lutując do nich dwa kawałki drutu. Pokazuje to rysunek 4.85. Połączenia ostroń izolacją termokurczliwą (ten krok jest bardzo ważny!).

Poprowadź dwa nowe kawałki drutu do przekaźnika zatraskowego, upewniając się, że są one przymocowane do pary zacisków, które zamykają obwód po jego zasileniu w wyniku operacji odblokowania. Nie chcesz popełnić pomyłki polegającej na odblokowywaniu komputera w sytuacji, kiedy myślisz, że właśnie go zablokowałeś, i vice versa.

Podłącz wtyczkę na końcu przewodu z powrotem do płyty głównej i włącz zasilanie. Jeśli nic się nie dzieje, prawdopodobnie zrobiłeś wszystko dobrze! Wpisz teraz sekretny kod na swojej klawiaturze (przytrzymując jednocześnie przycisk gwiazdki, aby dostarczyć zasilanie z baterii) i nasłuchuj charakterystycznego kliknięcia przekaźnika. Jeśli teraz naciśniesz przycisk zasilania na obudowie, wszystko powinno zadziałać.



Rysunek 4.85. Zbudowany zamek szyfrowy można podłączyć do zwykłego komputera domowego przez przecięcie jednej z żył przewodu łączącego przycisk zasilania z płytą główną i dolutowanie odpowiedniego przedłużenia do płytki. Utworzone połączenia przewodów powinny zostać osłonięte izolacją termokurczliwą

Udoskonalanie

Pod koniec pracy zawsze pojawiają się pomysły na usprawnienie projektu.

Możesz jeszcze bardziej zwiększyć poziom bezpieczeństwa, usuwając zwykłe śruby mocujące obudowę komputera i zastępując je śrubami zabezpieczającymi. Szukaj hasła „śruby zabezpieczające do obudów” (śruby tego typu znajdziesz pod adresem www.seclock.eu). Oprócz samych śrub będziesz również potrzebował odpowiedniego narzędzia do ich zainstalowania (lub usunięcia, jeśli okaże się, że system zabezpieczający uległ awarii).

Inne usprawnienie mogłoby polegać na dodaniu kolejnego układu czasowego 555 aktywowanego przyciskiem gwiazdki i dostarczającego zasilanie do innych kości na płycie przez ograniczony czas — powiedzmy 30 sekund — w trakcie którego użytkownik ma szansę odblokować urządzenie. W ten sposób nie musiałbyś naciskać gwiazdki w trakcie wprowadzania kodu. Układ czasowy jest w stanie zasilic pozostałe kości, ponieważ zużywają one małą ilość energii. Pominąłem ten element w celu zachowania prostoty układu.

Jeśli masz bzika na punkcie bezpieczeństwa, możesz dokonać jeszcze jednej modyfikacji — przejść na kod czteroznakowy. Kość 74HC08 ma jeszcze jedną nieużywaną bramkę AND. Mogłbyś włączyć ją do łańcuszka istniejących połączeń między bramkami AND razem z kolejnym przyciskiem na klawiaturze.

Dobrze byłoby móc zmieniać szyfr bez konieczności odlutowywania przewodów i lutowania ich w innym ustawieniu. Mogłbyś wykorzystać gniazda montowane powierzchniowo, które zaproponowałem przy okazji projektu pulsującego światła. W ten sposób mogłbyś dowolnie przestawiać końce przewodów łączące układ z wyprowadzeniami klawiatury.



Rysunek 4.86. Dla paranoików czekających jedynie, aż u ich drzwi staną przedstawiciele wrogich sił, przydatny może okazać się system, który po wpisaniu nieregularnego kodu prowadzi do całkowitego zniszczenia systemu

I w końcu sugestia dla tych, którzy we wszystkim dostrzegają teorie spiskowe. Można tak ustawić układ, aby po wpisaniu złego kodu przełączył drugi przekaźnik, dostarczający prąd o ogromnym natężeniu, przeciążającym cały układ i prowadzącym do stopienia procesora. Ten sam impuls prądowy dotarłby do cewki silnika twardego dysku, niszcząc momentalnie wszystkie dane (rysunek 4.86). Jeśli jeszcze tego nie wiesz, ochrona danych polegająca na zniszczeniu dysku jest o wiele bardziej skuteczna niż wszelkie próby zatarcia ich w sposób programowy. Podstawowe zalety fizycznego zniszczenia danych to szybkość całego procesu, trudność w przerwaniu operacji i brak możliwości cofnięcia zniszczeń. Zatem jeśli do Twoich drzwi zapukają przedstawiciele ZAiKS-u w asyście policji i poproszą, abyś włączył swój komputer, umożliwiając im sprawdzenie, czy przypadkiem nie udostępniasz nielegalnie plików, możesz „przez przypadek” podać im zły kod, usiąść wygodnie w fotelu i poczekać na pojawienie się ostrego zapachu topiącej się izolacji.

Jeśli pójdziesz tą drogą, zastrzegam, że w **żadnym wypadku** nie biorę odpowiedzialności za konsekwencje takiego działania.

Wracając do rzeczywistości — żaden system nie jest całkowicie bezpieczny. Wartością fizycznego urządzenia zabezpieczającego jest to, że jeśli ktoś je pokona (przez znalezienie sposobu na odkręcenie śrub zabezpieczających lub wręcz wyrwanie siłą klawiatury przymocowanej do obudowy komputera), będziesz przynajmniej wiedział, że nastąpiło takie zdarzenie — szczególnie jeśli pomalujesz śruby, aby wykazać, że ktoś próbował je odkręcić. Dla porównania, jeśli zastosujesz oprogramowanie chroniące system hasłem i intruz pokona to zabezpieczenie, być może nigdy nie dowiesz się, że nastąpiło włamanie do Twojego komputera.

Eksperyment 21: Wyścig

Następny projekt poprowadzi nas jeszcze bardziej w kierunku koncepcji sprzężenia zwrotnego, w którym wyjście układu jest kierowane tak, aby wpłynąć na wejście — w tym przypadku blokując je. Zadanie jest małe, ale zaprezentowane w nim rozwiązania przydadzą się w przyszłości.

Potrzebne będą:

- kość 74HC32, zawierająca cztery bramki OR, liczba: 1,
- układ czasowy 555, liczba: 2,
- przełącznik SPDT, liczba: 1,
- mikroprzełączniki SPST, liczba: 2,
- rezystory różnej wartości,
- 5-woltowe źródło zasilania stabilizowanego, tak jak poprzednio.

Cel

W turnieju telewizyjnym *Va Banque* uczestnicy brali udział w wyścigu o to, kto pierwszy będzie mógł odpowiedzieć na każde kolejne pytanie. Wygrywał uczestnik, który jako pierwszy nacisnął swój przycisk, automatycznie blokując pozostałych — ich przyciski stawały się nieaktywne. Jak możemy wykonać obwód realizujący taką funkcję?

Jeśli poszukasz w internecie, znajdziesz kilka stron hobbyistów sugerujących obwody działające w ten sposób, ale pozbawione pewnych cech, które uważam za niezbędne. Rozwiązanie, które podam w tej sekcji, jest prostsze i doskonalsze. Jego prostota wynika z bardzo małej liczby potrzebnych układów scalonych, natomiast obecność „kontrolera quizu” sprawia, że cała gra jest bardziej realistyczna.

Zacznę od pomysłu w wersji przeznaczony dla dwóch graczy. Po jego przetestowaniu pokażę, w jaki sposób można go rozszerzyć na czterech lub nawet więcej uczestników.

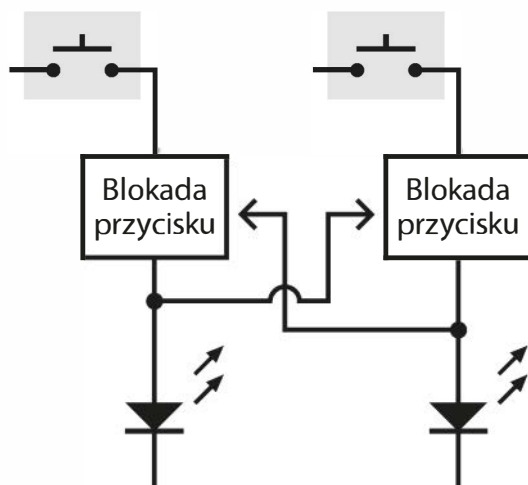
Od koncepcji do układu

Chcę pokazać, jak tego typu projekt rośnie od pomysłu do działającej wersji. Pokazując kolejne kroki projektowania układu, mam nadzieję zainspirować Cię do samodzielnego wymyślenia swoich układów w przyszłości — rozwijanie własnych pomysłów ma o wiele większą wartość niż kopiowanie czyjejś pracy. Proszę zatem, abyś podążył za mną w tym eksperymencie, demonstrującym, jak przejść od problemu do rozwiązania.

Zacznijmy od podstawowej koncepcji: dwie osoby mają dwa przyciski. Ten, kto pierwszy naciśnie swój przycisk, zablokuje przycisk przeciwnika. Zauważyłem, że łatwiej jest mi wyobrazić sobie tego typu urządzenie, jeśli narysuję jego szkic — patrz rysunek 4.87. Sygnał z każdego przycisku przechodzi przez komponent, który nazwałem „blokadą przycisku”. Jest on aktywowany przyciskiem drugiej osoby. W tej chwili nie wiem jeszcze, z jakich części będzie zbudowany i jak będzie działał.

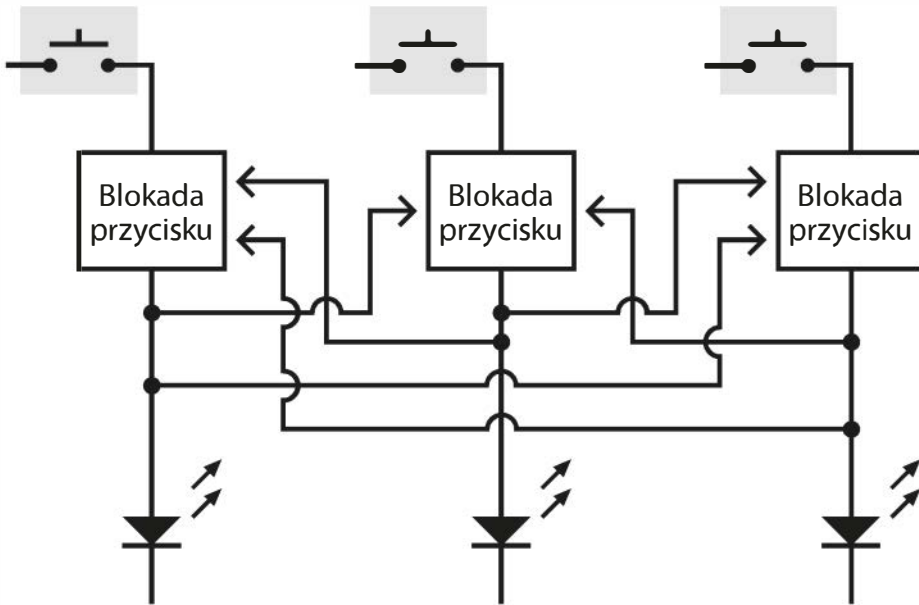
Kiedy patrzę na ten szkic, widzę pewien problem. Jeśli będę chciał rozwinąć ten obwód do trzech graczy, stanie się on skomplikowany, ponieważ każdy z graczy będzie musiał aktywować blokady przycisków **dwóch** pozostałych uczestników. Pokazuje to rysunek 4.88. Przy czterech graczach sytuacja skomplikuje się jeszcze bardziej.

Widząc taką złożoność, myślę sobie zawsze, że musi istnieć lepsze rozwiązanie.



Rysunek 4.87. Podstawowa koncepcja projektu quizu polega na tym, że wyjście z jednego przycisku powinno dać sygnał zwrotny, aby zablokować wyjście z drugiego przycisku. W tym momencie nie wiadomo jeszcze, w jaki sposób części układu nazwane blokadami przycisku będą realizować swoje zadanie

To jeszcze nie wszystkie problemy. Po puszczeniu przez zawodnika swojego przycisku przyciski pozostałych graczy będą ponownie odblokowane. Potrzebny jest zatrząsk utrzymujący sygnał ze zwycięskiego przycisku, który nie pozwoli na odblokowanie reszty.



Rysunek 4.88. Po dodaniu trzeciego przycisku koncepcja quizu komplikuje się jeszcze bardziej. Teraz każdy z przycisków musi blokować dwa pozostałe. Wprowadzenie czwartego przycisku skomplikowałoby układ do niewyobrażalnych rozmiarów. Musi istnieć lepszy sposób

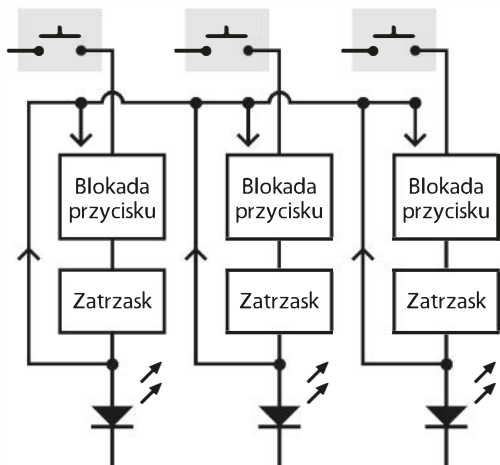
Układ skomplikował się dosyć mocno. Jeśli jednak mam zatrząsk, który pozwala zwycięskiemu graczowi zdjąć palec ze swojego przycisku, nie muszę się dalej przejmować tym, czy którekolwiek z przycisków są naciśnięte, łącznie z przyciskiem wygrywającym. Kiedy tylko jego sygnał zostanie zatrzaśnięty, można zablokować **wszystkie** przyciski. To znacznie ułatwia sprawę. Mogę to podsumować jako serię zdarzeń:

1. Pierwszy gracz naciska swój przycisk.
2. Sygnał zostaje zatrzaśnięty.
3. Zatrzaśnięty sygnał zawraca i powoduje zablokowanie wszystkich przycisków.

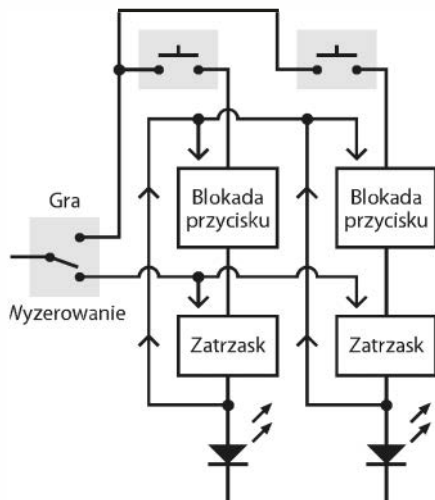
Pokazuje to rysunek 4.89. Teraz układ ma budowę bardziej modułową i może być rozszerzony na niemal dowolną liczbę graczy przez zwykłe dołożenie kolejnych modułów.

Brakuje jeszcze czegoś ważnego — przycisku zerującego, który po obejrzeniu wyniku przez graczy pozwoli przywrócić w systemie stan początkowy. Ponadto potrzebny jest sposób na uniemożliwienie graczom naciskania swoich przycisków zbyt wcześnie, zanim prowadzący zabawę skończy zadawać pytanie. Być może obie funkcje można połączyć w jednym przełączniku — kontrolerze quizu. W swojej pozycji zerującej przełącznik będzie przywracał stan początkowy, blokując jednocześnie zasilanie przycisków. W pozycji „gra” przełącznik przestanie utrzymywać układ w stanie wyzerowania i zasilsi przyciski. Pokazuje to rysunek 4.90. Aby zmniejszyć zamieszanie w układzie, wróciliśmy ponownie do dwóch graczy, ale koncepcja pozostaje bez zmian.

Teraz muszę sobie poradzić z problemem logicznym widocznym na diagramie. W obecnej postaci wyjście z zatrząsku po lewej stronie idzie do góry w kierunku blokady przycisków, ale później biegnie również w dół do drugiej części układu (w kierunku przeciwnym do narysowanych strzałek). Innymi słowy, jeśli zapali się dioda po lewej stronie, to samo zrobi dioda po prawej. Jak mogę temu zapobiec?



Rysunek 4.89. Zatrzask umieszczony poniżej przycisku może podtrzymać stan wejściowy i zablokować wejścia z wszystkich przycisków. To znacznie upraszcza całą koncepcję



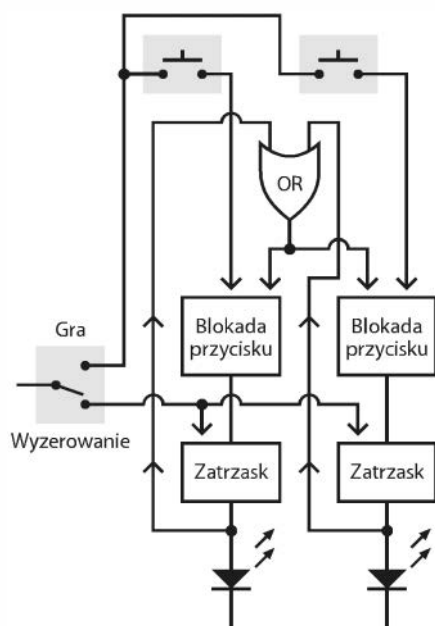
Rysunek 4.90. Do aktywacji przycisków, a następnie wyzerowania obwodu po stwierdzeniu zwycięzcy potrzebny będzie przełącznik kontrolera quizu

Mógłbym wstawić diody do przewodów biegnących do góry, aby zablokować przepływ prądu w dół, ale mam lepszy pomysł. Dodam bramkę OR — jej wejścia są od siebie odseparowane elektrycznie. Pokazuje to rysunek 4.91.

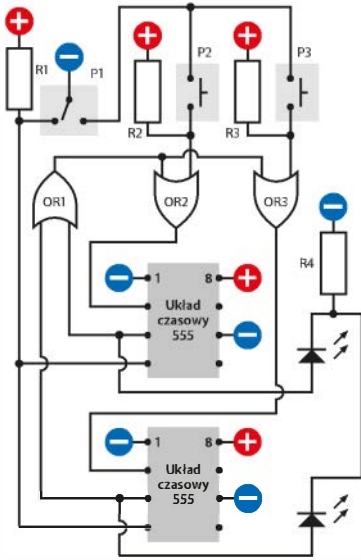
Zwyczajną bramkę OR ma tylko dwa wejścia logiczne. Czy to przeszkodzi w dodaniu większej liczby graczy? Nie, ponieważ dostępne są bramki OR mające do ośmiu wejść. Pojawienie się stanu wysokiego na dowolnym wejściu wytworzy wysoki stan na wyjściu. Dla liczby graczy mniejszej od ośmiu mogą zewrzeć nieużywane wejścia do masy i traktować je tak, jakby ich nie było.

Patrząc ponownie na rysunek 4.91, zaczynam dostrzegać, czym powinien być blok nazwany przeze mnie blokadą przycisków. Powinna być to kolejna bramka logiczna. Jej funkcję można opisać słownie: „jeśli jest tylko jeden wysoki stan wejściowy (z przycisku), przepuść go dalej, ale jeśli pojawi się drugi wysoki stan wejściowy (z bramki OR), nie przepuszczaj sygnału”.

Takie zachowanie przypomina działanie bramki NAND, ale zanim zacznę dobierać kości, muszę jeszcze zdecydować, jaki układ będzie realizował zatrząsk. Mogę kupić gotowy przerzutnik, który będzie przechodził w stan wysoki po pobudzeniu jednego wejścia i w stan niski po pobudzeniu drugiego. Problem w tym, że kości z przerzutnikami zazwyczaj mają dodatkowe funkcje, których nie potrzebuję w tak prostym obwodzie jak ten. Dlatego użyję ponownie układów czasowych 555 pracujących w trybie przerzutnika. Ich konfiguracja wymaga niewielkiej liczby połączeń, pracują w prosty sposób i mogą dostarczyć prądu o sporej wartości. Jedyne minus to konieczność dostarczenia ujemnego sygnału na wejściu, aby wytworzyć wysoki stan na wyjściu.

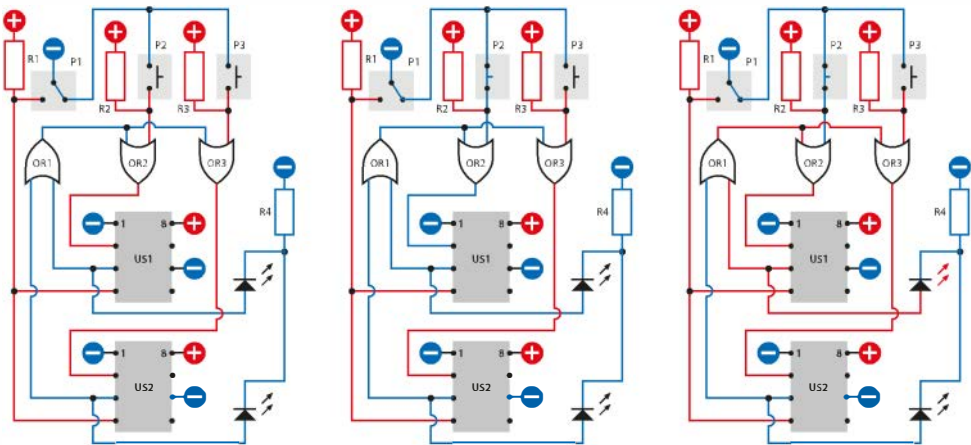


Rysunek 4.91. Wyjścia zatrząsków mogą zostać połączone bramką OR. W ten sposób wyjście dowolnego zatrząsku nie będzie miało wpływu na pozostałe



Rysunek 4.92. Mając już szkic demonstrujący koncepcję działania układu do przeprowadzania quizu, można wstawić rzeczywiste komponenty z kompatybilnymi wejściami i wyjściami

W trzecim kroku, dosłownie mikrosekundę później, US1 wykrył niski stan na swoim wejściu wyzwalającym. Jego wyjście (pin numer 3) przeszło ze stanu niskiego do wysokiego, oświetlając diodę LED. Pamiętaj, że ten układ 555 pracuje w trybie przerzutnika, zatem zablokował się w takim stanie. W tym samym czasie jego wysoki stan wyjściowy zasila bramkę OR1. Ponieważ OR1 jest bramką typu OR, wystarczy, że jedno z jej wejść będzie miało stan wysoki, aby wygenerować dodatni sygnał wyjściowy. Ten sygnał trafia do bramek OR2 i OR3. Mając wysokie stany na wejściu, obie generują wysoki stan na wyjściu i pozostają w takim stanie niezależnie od kolejnych naciśnień przycisków.



Rysunek 4.93. Trzy powyższe schematy pokazują kolejność następowania wysokich i niskich stanów napięć (linie czerwone i niebieskie) w chwili naciśnięcia przycisku przez jednego z graczy

Układy US1 i US2 nie mogą zostać ponownie wyzwolone ze względu na wysoki stan wejściowy i wyjściowy bramek OR2 i OR3. Układ US1 pozostaje zablokowany w stanie włączonym i podtrzymuje świecenie diody.

I w końcu mogę przedstawić uproszczony schemat (rysunek 4.92). Chcę pokazać piny układów czasowych 555 w prawidłowym ułożeniu, dlatego przemieściłem inne komponenty, aby uniknąć nadmiernej liczby krzyżujących się przewodów. Widzisz jednak, iż z logicznego punktu widzenia jest to ta sama koncepcja.

Zanim przystąpimy do budowy układu, przejrzyjmy teorię jego działania. Jest to ostatni krok, pozwalający upewnić się o braku błędów. Trzeba pamiętać, że ze względu na konieczność dostarczenia ujemnego wejścia do układu 555, w celu wygenerowania dodatniego wyjścia, po naciśnięciu przycisku przez gracza musi on wytworzyć ujemny „przepływ” w obwodzie. Przeczy to intuicji, dlatego w celu umożliwienia lepszego zrozumienia przedstawiałem działanie tej części w formie 3-stopniowej wizualizacji na rysunku 4.93.

W pierwszym kroku prowadzący quiz zadał pytanie i przełączył swój przełącznik w prawo, dostarczając (ujemne) napięcie przyciskom graczy. Dopóki przyciski pozostają nienaciśnięte, rezystory podciągające dostarczają dodatnie napięcie do bramek OR2 i OR3. Bramka OR ma dodatnie wyjście, jeśli którekolwiek z jej wejść jest w stanie wysokim, zatem bramki OR2 i OR3 utrzymują piny wyzwalające układów czasowych 555 w stanie wysokim. Ich wyjścia pozostają w stanie niskim i cały układ jest stabilny.

W drugim kroku gracz po lewej stronie naciśnął swój przycisk. Bramka OR2 ma dwa wejścia w stanie niskim, zatem jej wyjście jest również w stanie niskim, ale US1 jeszcze nie zareagował.

Jedyny sposób na zmianę stanu US1 to wyłączenie przez prowadzącego quiz swojego przełącznika z powrotem w lewo. To spowoduje dostarczenie ujemnego napięcia do pinów zerujących oba układy czasowe. W konsekwencji ich wyjścia przejdą w stan niski, dioda LED zgaśnie i cały obwód powróci do stanu początkowego. W tym momencie prowadzący może zadać kolejne pytanie, ale przyciski graczy pozostaną nieaktywne do momentu, kiedy nie przestawi przełącznika z powrotem w prawo.

Nie rozważyłem jednej sytuacji: co się stanie, jeśli obaj gracze naciśną swoje przyciski dokładnie w tym samym czasie? W świecie elektroniki takie zdarzenie jest wysoce nieprawdopodobne. Zaledwie jedna mikrosekunda wystarczy, aby obwód zareagował i zablokował drugi przycisk. Gdyby jednak oba przyciski zostały naciśnięte równocześnie, oba układy czasowe powinny zareagować, zapalając obie diody świecące i sygnalizując równowagę.

Jeżeli nie jesteś pewien, w jaki sposób obwód przeznaczony dla dwóch osób może zostać rozszerzony na więcej graczy, przyjrzyj się rysunkowi 4.94. Przedstawia on uproszczony schemat obwodu przeznaczonego dla trzech osób.

Montaż na płytce prototypowej

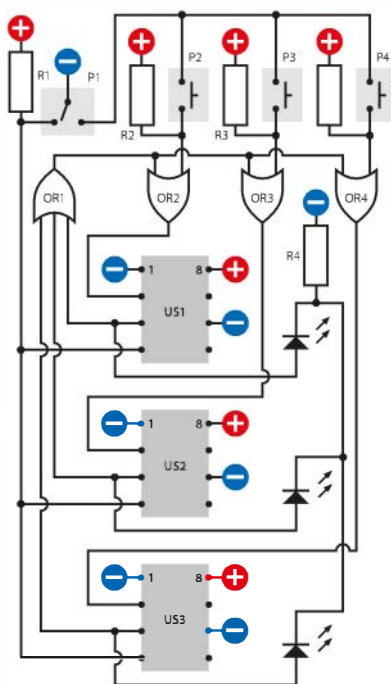
Nadeszła pora, aby stworzyć schemat jak najbardziej zbliżony do układu ścieżek z płytki prototypowej, co ułatwi budowę całego urządzenia. Schemat taki pokazuje rysunek 4.95, natomiast rzeczywisty wygląd płytki z umieszczonymi na niej komponentami przedstawia rysunek 4.96. Użyte zostały wyłącznie trzy bramki logiczne OR, dlatego potrzebna jest tylko jedna kość logiczna — 74HC32 — zawierająca cztery 2-wejściowe bramki OR. (Wejścia czwartej bramki zostały uziemione). Dwie bramki po lewej stronie kości realizują funkcje bramek OR2 i OR3 z uproszczonego schematu, natomiast bramka po prawej stronie u dołu realizuje zadania OR1, odbierając sygnał z pinów numer 3 układów czasowych 555. Jeżeli posiadasz wszystkie niezbędne części, powinieneś w miarę szybko zbudować i przetestować cały układ.

Być może zauważyłeś drobną modyfikację poprzedniego schematu. Pomiedzy pinem numer 2 każdego układu czasowego 555 i masą został dołożony kondensator 0,01 μF . Dlaczego? Ponieważ kiedy testowałem obwód bez kondensatorów, czasem jeden z układów 555 wzbudzał się przez zwykłą zmianę pozycji przełącznika P1 — kontrolera quizu — przy braku zdarzeń pochodzących z przycisków graczy.

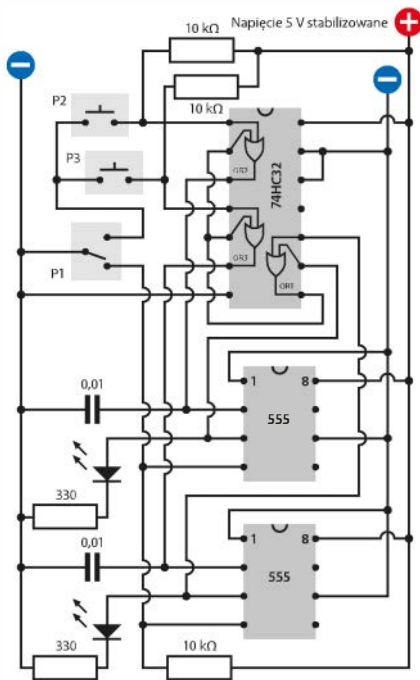
W pierwszej chwili byłem zaskoczony takim zachowaniem. Co powoduje wyzwalenie układu czasowego przy braku graczy naciskających przyciski? Być może jest to reakcja na odbicia pochodzące z przełącznika kontrolującego quiz. Ta teza okazała się słuszna, a dołożenie kondensatorów rozwiązało problem. Ich obecność może minimalnie spowolnić reakcje układów czasowych 555, ale nie na tyle, aby mieć wpływ na stosunkowo długi czas reakcji człowieka.

Jeśli chodzi o same przyciski, ich odbicia nie mają znaczenia, ponieważ każdy układ czasowy blokuje się już po pierwszym impulsie i ignoruje dalsze wahania napięcia.

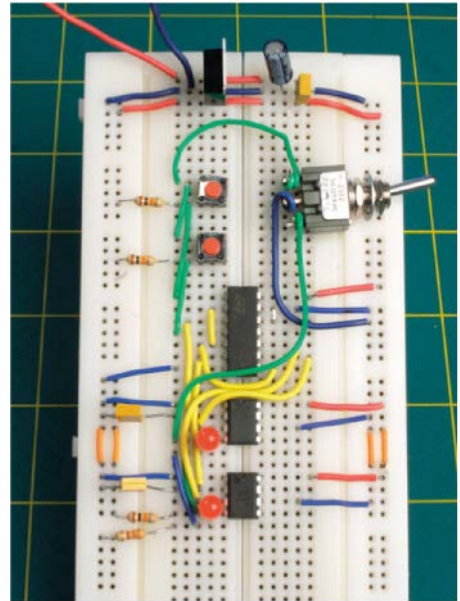
Możesz poeksperymentować podczas budowy układu — odłącz kondensatory 0,01 μF i przełącz kilkakrotnie przełącznik P1. Jeżeli przełącznik jest dobrej jakości, być może nie zaobserwujesz tego problemu. Przełącznik z dolnej półki doprowadzi do wielu fałszywych zatrzaśnień układu. Więcej na temat odbić oraz sposobów ich eliminacji powiem przy okazji następnego eksperymentu.



Rysunek 4.94 Schemat układu dla dwóch osób może być z łatwością rozszerzony do wersji trzyosobowej przez zmianę pierwszej bramki na 3-wejściową



Rysunek 4.95. Przeniesienie układu z uproszczonego schematu na płytkę prototypową wiąże się z koniecznością utworzenia połączeń, które nie są intuicyjne i wydają się komplikować cały obwód. Układ połączeń jest jednak taki sam



Rysunek 4.96. Układ do zabawy w quiz po zbudowaniu na płytce prototypowej, ale przed przystąpieniem do realizacji na pełną skalę

Udoskonalenie

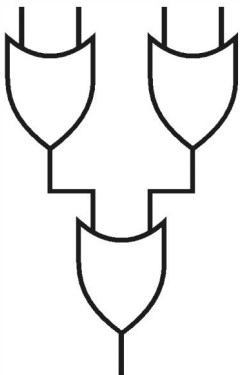
Kiedy przystąpisz do budowy wersji ostatecznej, po przetestowaniu całości na płytce prototypowej, sugeruję, abyś rozszerzył układ do pracy z minimum czterema graczami. Do tego będziesz potrzebował bramki OR z czterema wejściami. Odpowiednią kością będzie 74HC4078 — ma 8 wejść (nieużywane podłącz do masy).

Ewentualnie, jeśli posiadasz już kilka kości 74HC32 i nie chcesz zamawiać specjalnie 74HC4078, możesz połączyć trzy bramki wewnątrz kości 74HC32 tak, aby funkcjonowały jako 4-wejściowa bramka OR. Schemat połączeń tych trzech bramek pokazuje rysunek 4.97. Pamiętaj, że wyjście każdej bramki OR zmienia stan na wysoki, jeśli przynajmniej jedno z jej wejść ma taki stan.

Kiedy już będziesz zajmował się tym problemem, zastanów się, czy wiesz, w jaki sposób zbudować 4-wejściową bramkę AND złożoną z trzech bramek 2-wejściowych.

Oczywiście, do gry z czterema zawodnikami będziesz potrzebował dodatkowo dwóch układów czasowych, dwóch diod LED i dwóch przycisków.

Stworzenie schematu dla gry z czterema uczestnikami pozostawiam Tobie. Zaczniij od naszkicowania uproszczonej wersji, pokazującej jedynie symbole logiczne. Następnie przekonwertuj ją na układ pasujący do płytki prototypowej. Tutaj mała podpowiedź: czasem szybciej rysuje się przy użyciu papieru, ołówek i gumki niż z pomocą programów graficznych lub przeznaczonych do projektowania układów elektronicznych.



Rysunek 4.97. Chociaż nie ma kości zawierających 4-wejściowe bramki OR, można taką skonstruować, łącząc odpowiednio trzy 2-wejściowe bramki OR

Eksperyment 22: Przelączanie i odbijanie

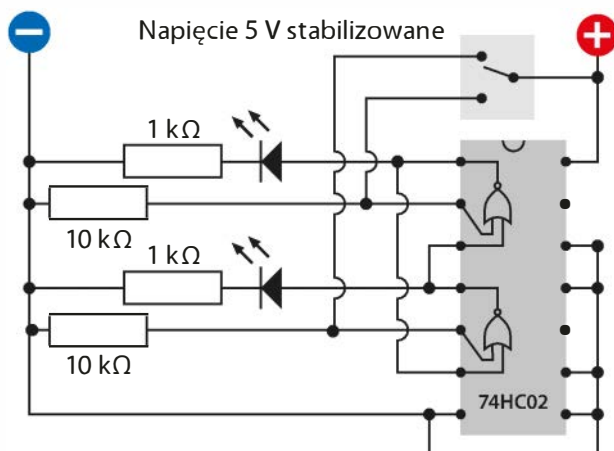
W trakcie poprzedniego eksperymentu wspominałem, iż odbicia pochodzące z przycisków nie stanowiły problemu, ponieważ aktywowały one układy czasowe 555 pracujące w trybie przerzutnika bistabilnego. Kiedy tylko układ czasowy odebrał pierwszy impuls, przechodził do nowego stanu i pozostawał tam, ignorując wszelkie zakłócenia pojawiające się w obwodzie później. Czy możemy zatem pozbawić przycisk odbić, stosując przerzutnik? Skoro niektóre kości serii 74HCxx zawierają w sobie przerzutniki, czy możemy użyć konkretnie tych?

Odpowiedź brzmi w obu przypadkach „tak”, ale nie jest ona tak prosta, jak mogłoby się wydawać.

Potrzebne będą:

- kość 74HC02 (cztery bramki NOR), kość 74HC00 (cztery bramki NAND), liczba: po jednej każdego typu,
- przełącznik SPDT, liczba: 1,
- niskoprądowe diody LED, liczba: 2,
- rezystory 10 k Ω i 1 k Ω , liczba: po dwa z każdej wartości.

Złóż komponenty na swojej płytce prototypowej zgodnie z schematem przedstawionym na rysunku 4.98. Kiedy podłączysz zasilanie (poprzez stabilizator 5-woltowy), jedna z diod LED powinna się świecić.



Rysunek 4.98. Prosty obwód do testowania zachowania dwóch bramek NOR skonfigurowanych do pracy w formie prostego przerzutnika pamiętającego swój stan po ustaniu sygnału wejściowego

Teraz chcę, abyś zrobił coś dziwnego. Odłącz, proszę, przycisk SPDT, usuwając z płytki przewód łączący dodatnie napięcie zasilania z jego biegunem. Kiedy to zrobisz, być może zaskoczy Cię widok wciąż zapalanej diody LED.

Wstaw przewód z powrotem w miejsce, gdzie powinien się znajdować, i zmień pozycję przełącznika. Pierwsza dioda LED powinna zgasnąć, a druga zapalić się. Ponownie usuń przewód, a przekonasz się, że druga z diod pozostaje zapalona.

Oto, co powinieneś zapamiętać z tej lekcji:

- Przerzutnik wymaga jedynie jednego impulsu startowego.
- Po wystąpieniu takiego zdarzenia ignoruje swoje wejście.

Zasada działania

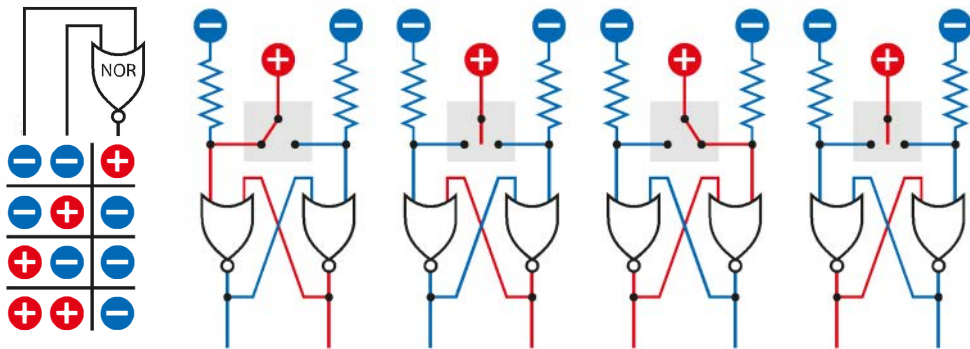
Dwie bramki NOR lub dwie bramki NAND mogą funkcjonować jako przerzutnik.

- Jeżeli przełącznik dwupozycyjny dostarcza dodatnie napięcie, użyj bramek NOR.
- Jeżeli przełącznik dwupozycyjny dostarcza ujemne napięcie, użyj bramek NAND.

Tak czy inaczej, musisz użyć przełącznika dwupozycyjnego.

Wspomniałem trzy razy o przełączniku dwupozycyjnym (cztery, licząc to zdanie!), ponieważ z nieznanego mi powodu większość książek wprowadzających do elektroniki nie podkreśla, że chodzi właśnie o niego. Kiedy sam zaczynałem uczyć się elektroniki, starałem się z całych sił zrozumieć, jakim sposobem dwie bramki NOR lub NAND mogą pozbawić odbić prosty przycisk typu SPST — w końcu zrozumiałem, że jest to niemożliwe. Wynika to stąd, iż po zasileniu obwodu bramki NOR (lub NAND) muszą zostać wprowadzone w stan początkowy. Ten stan początkowy jest wytwarzany przez przełącznik dwupozycyjny ustawiony w jednej z jego dwóch pozycji. (Teraz wspominałem go już pięć razy).

Rysunek 4.99 pokazuje uproszczony schemat w czterech różnych wersjach, demonstrujących zmiany zachodzące podczas przełączania przełącznika z dwoma bramkami NOR. W celu odświeżenia pamięci dołączyłem również tabelę prawdy, pokazującą stan wyjścia bramki NOR dla wszystkich kombinacji stanów wejściowych.



Rysunek 4.99. Użycie dwóch bramek NOR połączonych z generującym dodatnie stany wejściowe przełącznikiem SPDT. Sekwencja schematów pokazuje kolejne reakcje przerzutnika

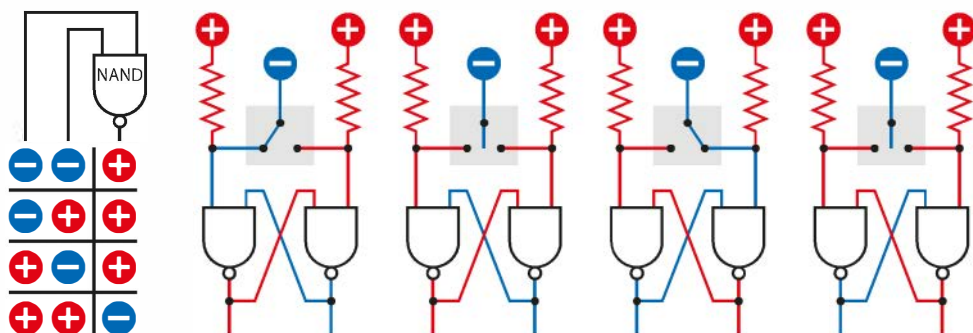
Załóżmy, że przełącznik został przełączony w lewo. Zaczyna płynąć prąd, który podnosi niski potencjał utrzymywany do tej pory przez rezystor zwierający do masy. Mamy pewność, że do jednego z wejść bramki NOR po lewej stronie dostarczany jest stan wysoki. Każdy stan wysoki na wejściu bramki NOR (zgodnie z tabelą prawdy) powoduje stan niski na wyjściu. Ten stan trafia do bramki NOR po prawej stronie; w ten sposób ma ona teraz dwa niskie stany wejściowe i jej wyjście przechodzi w stan wysoki. Ta wartość trafia do bramki NOR po lewej stronie. Układ ustabilizował się.

Teraz pora na sedno sprawy. Załóżmy, iż ustawisz przełącznik w pozycji, w której żadne z kontaktów nie stykają się ze sobą. Możesz również przyjąć, że kontakty odbijają się od siebie, nie mogąc utworzyć dobrego połączenia, lub że całkowicie odłączyłeś przełącznik. Bez dodatniego źródła zasilania z przełącznika lewe wejście bramki NOR po lewej stronie przechodzi ze stanu dodatniego w ujemny (powoduje to rezystor podłączony do masy), ale prawe wejście

bramki pozostają w stanie wysokim i to wystarczy, aby bramka NOR utrzymywała stan niski na wyjściu. To sprawia, że ostatecznie nic się nie zmienia — obwód „tkwi” w swoim stanie.

Jeśli teraz przełącznik zmieni pozycję na prawą i zasili prawy pin prawej bramki NOR, pojawi się na niej dodatni sygnał wejściowy, czyli wyjście przejdzie w stan niski, który trafi do drugiej bramki NOR. Ta ma teraz dwa niskie stany wejściowe — jej wyjście przechodzi w stan wysoki, który trafia z powrotem do bramki NOR po prawej stronie.

W ten sposób stany wyjściowe obu bramek NOR zamieniły się miejscami. Przeskoczyły i pozostały w nowym stanie, nawet jeśli kontakt między stykami przełącznika został ponownie przerwany. Drugi zestaw schematów na rysunku 4.100 pokazuje dokładnie taką samą logikę dla przełącznika zasilanego ujemnie i połączonego z dwoma bramkami NAND. Możesz przetestować ten wariant przy użyciu kości 74HC00 wymienionej na liście zakupów dla tego eksperymentu.



Rysunek 4.100. Schemat z rysunku 4.99 może zostać przepisany z zastosowaniem bramek NAND i ujemnego źródła zasilania

Obie przedstawione powyżej konfiguracje są przykładami przerzutnika zatraskowego, nazywanego tak ze względu na wymuszenie przez przełącznik natychmiastowej odpowiedzi i zatrzaśnięcie nowego stanu. Tego typu obwodu możesz użyć za każdym razem, kiedy będziesz chciał pozbyć się odbić z przełącznika (pod warunkiem że jest to przełącznik dwupozycyjny).

Istnieją jeszcze bardziej zaawansowane przerzutniki z wejściem zegarowym, które wymagają ustawienia w pierwszej kolejności stanu wejściowego, a następnie dostarczenia impulsu zegarowego, który spowoduje reakcję przerzutnika. Impuls musi być czysty i mieć ściśle określone parametry, co oznacza, że jeśli chcesz go dostarczyć z przełącznika, ten musi być pozbawiony odbić — prawdopodobnie poprzez użycie kolejnego przerzutnika zatraskowego! Tego typu obostrzenia sprawiły, iż powstrzymałem się od użycia w tej książce przerzutników sterowanych zegarem. Wprowadzają one dodatkowy stopień złożoności, którego wolalbym uniknąć w tekście stanowiącym jedynie wprowadzenie.

A co, jeśli chcesz pozbyć się odbić w przycisku lub przełączniku jednopozycyjnym? Mówiąc najprościej: masz problem! Jednym z możliwych rozwiązań jest zakup specjalnego układu scalonego, takiego jak 4490, przeznaczonego do usuwania odbić, który zawiera cyfrowy układ opóźniający. Może to być kość o numerze części MC14490PG produkowana przez On Semiconductor (dostępna na przykład w sklepie www.elfaelektronika.pl). Zawiera ona sześć obwodów przeznaczonych dla sześciu niezależnych wejść, z których każde posiada własny wewnętrzny rezystor podciągający. Jest to jednak część w miarę droga — niemal dziesięciokrotnie droższa w porównaniu do ceny kości 74HC02 zawierającej bramki NOR. W praktyce prostsze może okazać się zastosowanie przełączników dwupozycyjnych, w przypadku których można łatwo pozbyć się odbić sposobem przedstawionym powyżej.

Eksperyment 23: Rzucanie kośćmi

W tym eksperymencie chcę, abyś użył kości z generacji 74LSxx bazującej na rodzinie układów TTL, zamiast kości 74HCxx bazującej na rodzinie układów CMOS. Mam ku temu dwa powody: po pierwsze, musimy użyć licznika 7492, niedostępnego w rodzinie układów HC. Po drugie, powinieneś znać podstawowe fakty dotyczące układów TTL serii LS, gdyż są one nadal stosowane w układach elektronicznych, jakie znajdziesz w książkach, a także w internecie.

Dodatkowo dowiesz się o kościach TTL w układzie „otwartego kolektora”, takich jak inwerter 74LS06, który może być wygodnym zamiennikiem dla tranzystorów w sytuacji, kiedy musisz dostarczyć prąd o natężeniu rzędu 40 mA.

Idea samego tego obwodu jest dosyć prosta: wystartować układ czasowy 555, wysyłający bardzo szybkie impulsy do licznika zliczającego szóstkowo, sterując diodami LED umieszczonymi w miejscach imitujących miejsca na kości. (Chodzi oczywiście o kość do gry, a nie kość elektroniczną). Licznik działa tak szybko, iż miejsca na kości zlewają się ze sobą. Kiedy naciśniesz przycisk, licznik zatrzyma się w losowym miejscu, wyświetlając nieprzewidywalny wzór.

Symulatory kości do gry są dostępne od dawna i można je również kupić w postaci gotowych zestawów do złożenia. Ale nasz układ będzie robił coś więcej: będzie demonstrował zasady kodu binarnego.

Potrzebne będą:

- licznik 74LS92, taki jak SN74LS92N firmy Texas Instruments, liczba: 1 sztuka, jeśli chcesz stworzyć jedną kość, 2 sztuki dla dwóch kości,
- trójwejściowa bramka NOR 74LS27, taka jak SN74LS27N firmy Texas Instruments, liczba: 1 sztuka,
- układ czasowy 555, liczba: 1, jeśli chcesz zrobić jedną kość, 2 dla dwóch kości,
- diody sygnałowe 1N4148 lub podobne, liczba: 4 dla jednej kości lub 8 dla dwóch.

Widzenie w sposób binarny

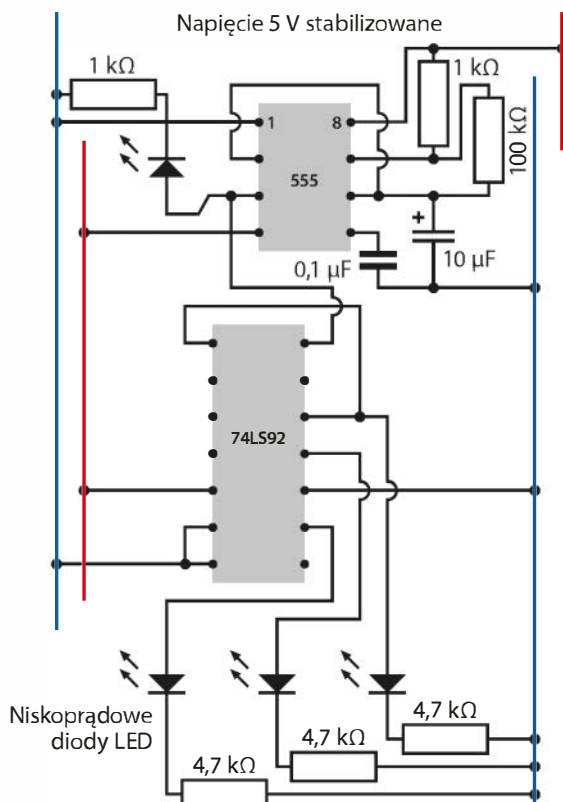
Licznik, z którym mieliśmy do czynienia poprzednio, był nietypowy pod tym względem, iż jego wyjścia służyły do sterowania wyświetlaczami siedmiosegmentowymi. Bardziej powszechny typ liczników ma wyjścia zliczające w sposób binarny.

Rysunek 4.101 pokazuje schemat wyprowadzeń układu 74LS92. Wepnij go do swojej płytki szybkiego montażu i wykonaj połączenia zgodnie z rysunkiem 4.102. Początkowo układ czasowy 555 będzie sterował licznikiem w zwolnionym tempie, mniej więcej po jednym impulsie na sekundę. Rysunek 4.103 pokazuje rzeczywiste komponenty na płytce prototypowej.

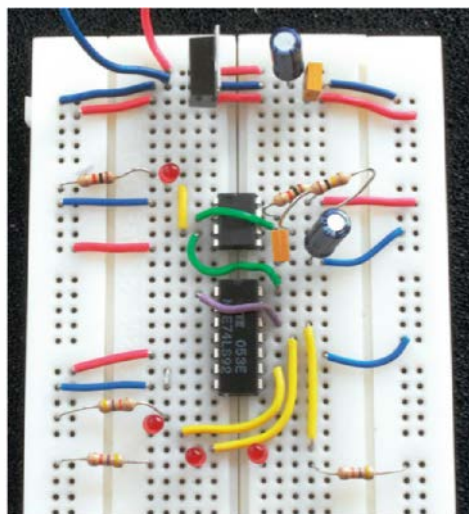
Zauważ, iż licznik ma nietypowy układ wyprowadzeń zasilających — zamiast na rogach kości, są one umieszczone na pinach 5 i 10. Poza tym 4 z jego pinów są nieużywane i niepodłączone do czegokolwiek wewnątrz kości. W związku z tym nie musisz do nich podłączać jakichkolwiek przewodów.



Rysunek 4.101. Nietypowy układ wyprowadzeń zawiera między innymi cztery piny bez styku elektrycznego wewnątrz układu. Można pozostawić je niepodłączone również na zewnątrz



Rysunek 4.102. Prosty obwód używa wolno pracującego układu czasowego 555, kontrolującego licznik binarny 74LS92, który wyświetla wysokie stany swoich wyjść



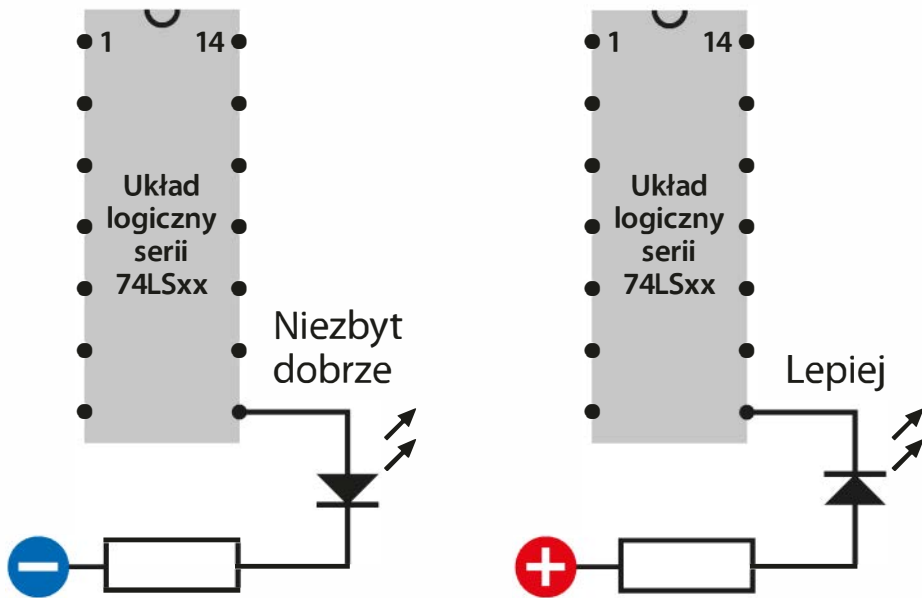
Rysunek 4.103. Układ z rysunku 4.102, wyświetlający wysokie stany swoich wyjść, wykonany na płytce szybkiego montażu

Dochodzimy teraz do pierwszej komplikacji związanej z układami TTL generacji 74LSxx, która sprawia, że nie są one tak pożądane przez nas, jak układy CMOS generacji 74HCxx, które polecałem w poprzednich projektach. Nowoczesne i cywilizowane układy HC pobierają lub oddają 4mA na każdym wyjściu logicznym, ale ich starsi koledzy z generacji LS są bardziej wymagający. Każdy pin wyjściowy będzie pobierał około 8 mA z dodatniego źródła zasilania, natomiast kiedy jego stan wyjściowy jest wysoki, wartość płynącego prądu będzie niemal zerowa. Wynika to z bardzo prostej zasady:

- Wyjścia z układów logicznych TTL są zaprojektowane do pobierania prądu.
- Nie są zaprojektowane jako źródła prądu o znacznej ilości.

Szacunkowa wartość prądu dostarczana przez 74LS92 wynosi mniej niż pół miliampera. Jest to całkowicie do zaakceptowania, kiedy łączysz go z inną kością zawierającą układy logiczne, ale jeśli chcesz sterować jakimś elementem zewnętrznym, ten układ nie będzie się do tego nadawał.

Można sobie z tym poradzić, mówiąc: „dobrze, zrobimy to po twojemu” i ustawiając elementy z dodatnim źródłem zasilania, które dostarcza prąd płynący przez rezystor obciążający i diodę LED, której chcesz użyć, a stamtąd do wyjścia kości. Jest to opcja pokazana jako „lepsza” na rysunku 4.104.



Rysunek 4.104. Większość układów TTL, włączając w to generację LS, nie nadaje się do tworzenia znaczącego źródła prądowego na swoich logicznych pinach wyjściowych (lewa część rysunku) i powinna być podpięta w taki sposób, aby pobierać prąd z dodatniego źródła zasilania (prawa część rysunku)

Powstaje jednak jeden problem: dioda LED zapala się teraz jedynie, kiedy pin licznika ma niski stan wyjściowy. Sam licznik jest zaprojektowany do wskazywania swojego wyjścia przez stany wysokie. Powoduje to, że Twoja dioda LED jest wygaszona, kiedy powinna się świecić, i zapalona, kiedy powinna być zgaszona.

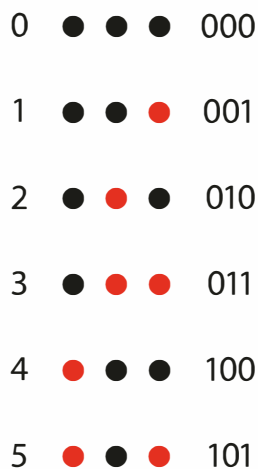
Możesz naprawić ten problem, przepuszczając sygnał przez inwerter, ale jest to niedogodność, na którą nie chcę się zgodzić. Mój sposób obejścia tej sytuacji, przynajmniej na potrzeby tej demonstracji, to użycie „niezbyt dobrego” rozwiązania z rysunku 4.104 i doprowadzenie go do działania przez podłączenie niskoprądowej diody LED z dużym rezystorem obciążającym 4,7 k Ω . To pozwoli nam „zobaczyć” wyjście licznika bez konieczności „proszenia” go o dostarczenie większej ilości prądu niż jego szacowany limit. Poprawieniem stanu wyświetlania zajmiemy się później. Zgodnie z odczytem na moim mierniku, rezystor 4,7 k Ω utrzymuje prąd na poziomie między 0,3 mA i 0,4 mA, co mieści się w zakresie dopuszczalnych wartości maksymalnych licznika.

Przygotuj początkową wersję układu, posługując się rysunkami 4.102 oraz 4.103. Z uwagi na niestandardowe rozmieszczenie pinów w kości zachowaj uwagę, podłączając dodatnie i ujemne źródło zasilania.

Układ 555 będzie pracował w trybie astabilnym, dając mniej więcej 1 impuls co sekundę. Będzie to sygnał zegarowy dla licznika. Trzy pierwsze wyjścia binarne z licznika będą następnie sterowały naszymi trzema diodami LED.

Licznik posuwa się dalej, kiedy sygnał wejściowy przechodzi ze stanu **wysokiego** w **niski**. Zatem licznik przechodzi do przodu dokładnie w chwili, kiedy gaśnie dioda LED obok układu czasowego 555.

Jeżeli dostatecznie długo będziesz przyglądał się wzorcowi generowanemu przez wyjścia układu (mając w pamięci, iż stan zerowy występuje w chwili wyłączenia wszystkich diod, a zliczanie przechodzi przez pięć kolejnych stanów, zanim wróci do początku), być może dostrzeżesz logikę działania układu. Całą sekwencję pokazuje rysunek 4.105. Jeśli chcesz wiedzieć, dlaczego sekwencja wygląda w ten sposób, zajrzyj do sekcji „Teoria. Arytmetyka binarna”.



Rysunek 4.105. Stany wysokie trzech pinów licznika 74LS92 pokazane jako czerwone kropki w trakcie przechodzenia ze stanu 000 do 101

TEORIA

Arytmetyka binarna

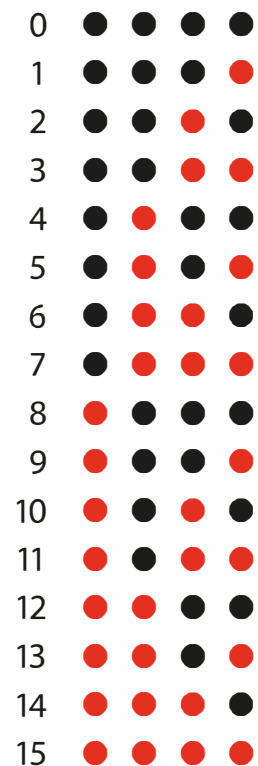
Zasada liczenia w systemie binarnym jest jedynie odmianą zasady, którą stosujemy podczas zliczania każdego dnia, bez zbyteńnego zastanawiania się, jak wygląda ten proces. W systemie dziesiętkowym liczymy od 0 do 9, następnie przenosimy 1 na następną pozycję po lewej stronie i ponownie idziemy od 0 do 9 na pozycji po skrajnie prawej. Całą operację powtarzamy, aż osiągniemy 99. Wtedy przenosimy 1 na nową pozycję, tworząc 100, i kontynuujemy zliczanie.

W systemie binarnym robimy podobnie, z tą różnicą, że ograniczamy się jedynie do cyfr 0 i 1. Zaczynamy zatem od 0 na skrajnie prawej pozycji i liczymy do 1. Ponieważ 1 jest naszym limitem, aby móc kontynuować liczenie, przenosimy 1 na miejsce po lewej stronie i zaczynamy ponownie od 0 na pozycji skrajnie prawej. Liczymy do 1, następnie dodajemy 1 do pozycji po lewej stronie, ale tam jest już 1, więc nie możemy liczyć dalej. Przenosimy 1 z tamtej pozycji na jedną pozycję dalej itd.

Jeżeli świecąca dioda LED reprezentuje 1, a zgaszona dioda LED 0, diagram na rysunku 4.105 pokazuje sposób liczenia układu 74LS92 od 0 do (dziesiętnie) 5 lub (binarnie) 101. Dodałem również diagram 4.106, pokazujący, ponownie przy użyciu stanu diod reprezentujących jedynki i zera, w jaki sposób licznik z czterema wyjściami wyświetlałby liczby dziesiętne od 0 do 15.

Oto pytanie dla Ciebie: ile diod LED potrzebowałbyś do przedstawienia w sposób binarny dziesiętnej liczby 1024? A ilu dla 1023?

Bez wątpliwości kod binarny pasuje idealnie dla maszyn zbudowanych z komponentów logicznych, które mogą mieć jeden z dwóch stanów: wysoki lub niski. I właśnie tak jest — wszystkie komputery używają arytmetyki binarnej (którą konwertują na postać dziesiętkową jedynie po to, aby zaspokoić nasze potrzeby).



Rysunek 4.106. Heksadecymalny (16-bitowy) licznik binarny wygenerowałby następujące wysokie stany swoich czterech wyjść podczas zliczania od 0 do 15 w notacji dziesiętkowej

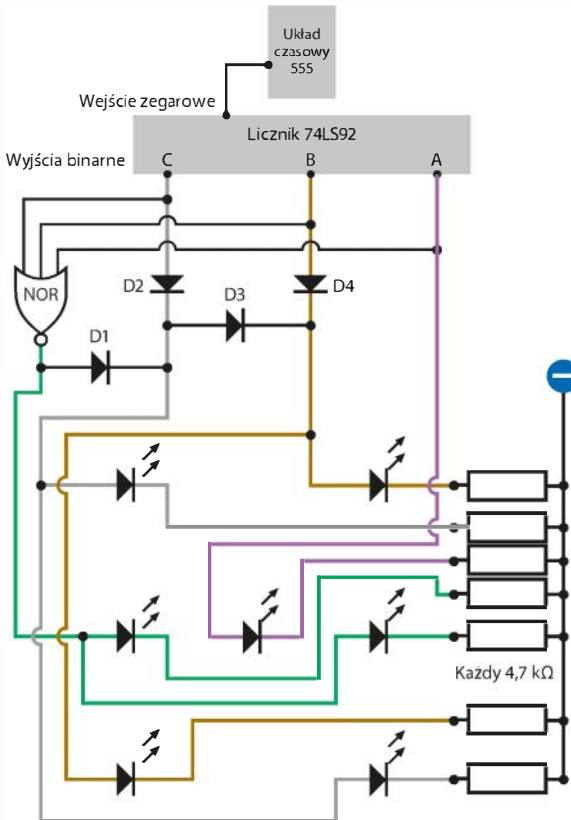
Wracając do naszego projektu: chcę przekształcić trzy wyjścia binarne we wzorki, jakie znaleźć można na kości do gry. Jak to zrobić? Okazuje się, że rozwiązanie jest w miarę proste.

Zakładam, że do symulowania układu kropek na kości do gry będę używał siedmiu diod LED. Te układy mogą zostać podzielone na grupy, które przypisałem trzem wyjściom z licznika — rysunek 4.108. Pierwsze wyjście (skrajnie prawe) może sterować diodą znajdującą się w środku, drugie (środkowe) wyjście dwoma diodami leżącymi po przeciwnej, a trzecie wszystkimi czterema diodami umieszczonymi w rogach.

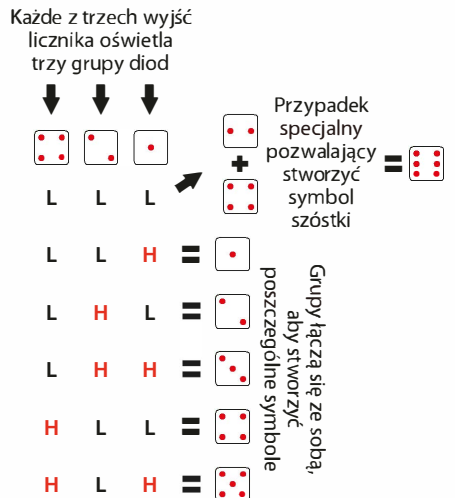
W ten sposób obsłużone zostaną układy kropek od 1 do 5, ale nie szóstka. Założmy, że podłączę wszystkie trzy wyjścia z licznika do 3-wejściowej bramki NOR. Jej wyjście przechodzi w stan wysoki jedynie, kiedy wszystkie trzy jej wejścia mają stan niski, czyli tylko podczas początkowego stanu licznika, gdy jego wyjścia mają stan niski. Mogę to wykorzystać do stworzenia układu kropek odpowiadających szóstce.

Pamiętaj, że mieszanie kości TTL generacji LS z kośćmi HC wykonanymi w technologii CMOS to zła praktyka. Zakres pracy wejść i wyjść w obu przypadkach są inne. Z tego powodu bramka NOR musi pochodzić z kości 74LS27, a nie z kości 74HC27.

Jesteśmy gotowi do przedstawienia prostego schematu. W celu umożliwienia łatwiejszego odróżnienia przewodów niektóre z połączeń zostały pokolorowane na rysunku 4.107. Same kolory nie mają szczególnego znaczenia.



Rysunek 4.107. Uproszczony schemat połączeń wyjść licznika 74LS92 z diodami sygnalizującymi i pojedynczą 3-wejściową bramką NOR w celu generowania kombinacji punktów na ściankach kości do gry. Użyte kolory nie mają szczególnego znaczenia, pomagają jedynie odróżnić poszczególne połączenia od siebie



Rysunek 4.108. Wyjścia binarne z licznika 74LS92 mogą zostać użyte do zasilenia diod pogrupowanych w sposób przypominający wzory na ściankach kości do gry

Każda z diod jest podłączona do masy poprzez oddzielny rezystor obciążający 4,7 kΩ. Oznacza to, niestety, że kiedy wyświetlany jest symbol szóstkki, wszystkie diody pracują jednocześnie, pobierając prąd z bramki NOR, co znacznie ją obciąża. Nie powinno stanowić to większego problemu, o ile tylko nie pozostawisz wyświetlacza w takim stanie na bardzo długi okres. Możesz zwiększyć rezystory obciążające lub zasilic dwie diody przez jeden rezystor, ale wtedy będą one świecić jeszcze słabiej (bardzo blisko swojego dolnego limitu wymaganego natężenia prądu) i trudno będzie cokolwiek odczytać.

Zwróć uwagę na cztery diody sygnałowe w obwodzie — od D1 do D4. Kiedy wyjście C przechodzi w stan wysoki, musi oświetlić 4 narożne diody LED. Jej zasilanie trafia do przewodu szarego i brązowego. Nie możemy jednak dopuścić, aby zasilanie z jednego wyjścia trafiło do innego. Potrzebna jest dioda D4, która chroni wyjście B, gdy wyjście C jest w stanie wysokim.

Ponieważ istnieje teraz połączenie pomiędzy B i C, potrzebujemy D2 do ochrony wyjścia C, gdy wyjście B jest w stanie wysokim. Wyjście B powinno zasilac wyłącznie dwie narożne diody LED, dlatego wymagana jest jeszcze dioda D3, przeciwdziałająca oświetlaniu dwóch pozostałych. D1 z kolei chroni wyjście bramki NOR przed stanem wysokim wyjścia C lub B.

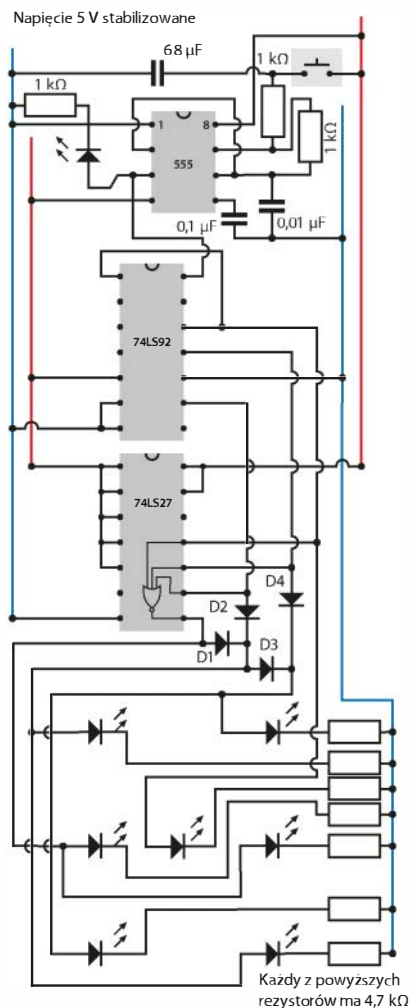
Wszystko to, co do tej pory opisałem, zostało przedstawione w formie schematu dla płytki prototypowej na rysunku 4.109, natomiast rysunek 4.110 pokazuje zbudowaną przeze mnie wersję obwodu. Zauważ, że nieużywane wejścia logiczne kości 74LS27 są zwarte i połączone do **dodatniego** źródła zasilania. Oto reguły, z których wynika takie podłączenie:

- Używając kości typu CMOS (na przykład z serii HC), podłącz nieużywane wejścia logiczne do ujemnej strony zasilania.
- Używając kości typu TTL (na przykład z serii LS), podłącz nieużywane wejścia logiczne do dodatniej strony zasilania.

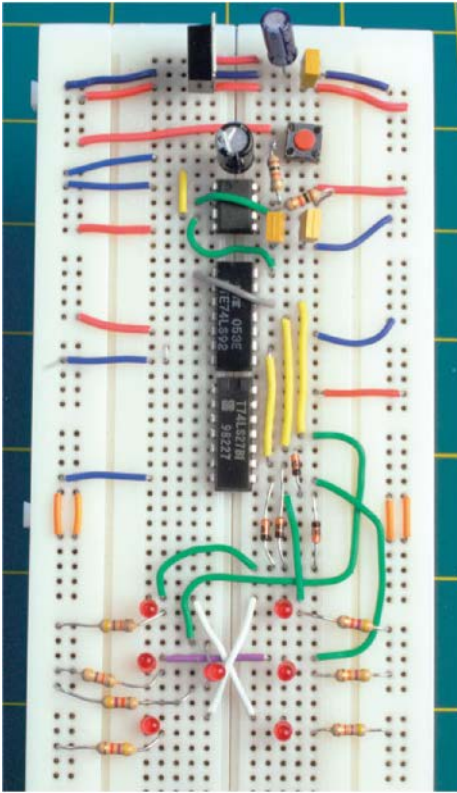
Zakładam, że dostatecznie długo bawiłeś się układami, obserwując powolne wyświetlanie kolejnych wartości przez diody LED, i dlatego zmieniłem wartości rezystora i kondensatora układu czasowego 555 tak, aby zwiększyć prędkość jego działania z około jednego impulsu na sekundę do mniej więcej 50 tysięcy na sekundę. Układ czasowy mógłby działać jeszcze szybciej, ale ta prędkość będzie wystarczająca do tego, aby po naciśnięciu i zwolnieniu przycisku wyświetlona wartość była niemożliwa do przewidzenia.

Przycisk wyzwala i zatrzymuje układ czasowy 555 jedynie przez przykładanie i odcinanie jego zasilania. Odpowiada to potrząśnięciu i rzuceniu kostki do gry.

Podczas szybkiej pracy licznika diody LED zapalają się i gasną tak szybko, iż wydają się być nieustannie włączone. Jednocześnie obwód ładuje nowy kondensator o wartości 68 μF, który wstawiłem pomiędzy przycisk i masę. Po zwolnieniu przycisku ten kondensator rozładowuje się przez rezystor 1 kΩ. W miarę zmniejszania się ładunku na kondensatorze podpiętym do przycisku ładowanie i rozładowanie drugiego kondensatora stałej czasowej układu będzie zajmowało coraz więcej czasu i częstotliwość sygnału generowanego z kości 555 będzie maleć. Wynikiem tego będzie coraz wolniejsze przełączanie diod LED, przypominające działanie automatów do gier losowych w kasynach, które zatrzymują się z wyraźnym opóźnieniem, podwyższając napięcie u gracza, który może przyglądać się przeskakiwaniu liczb w nadziei, iż trafi się ta, której oczekuje.



Rysunek 4.109. Schematy z rysunków 4.102 i 4.107 mogą zostać połączone z dodatkiem kilku komponentów, tworząc gotowy układ symulatora kostki do gry



Rysunek 4.110. Schemat elektronicznej kości do gry po przeniesieniu na płytkę prototypową, z widocznym u góry przyciskiem startującym i zatrzymującym licznik oraz siedmioma diodami LED u dołu wyświetlającymi wynik

Żeby opisany efekt trwał dostatecznie długo, przycisk musi zostać wciśnięty przynajmniej na jedną sekundę. To pozwoli w pełni naładować się kondensatorowi 68 μF .

Otrzymaliśmy ostatecznie obwód, który realizuje zamierzony cel, ale czy można w nim coś jeszcze poprawić? Oczywiście!

Udoskonalanie

Przed wszystkim należałoby zająć się poprawieniem jasności świecenia diod LED. Mógłbym wzmocnić prąd każdej z nich przez dodanie tranzystora, ale istnieje prostsze rozwiązanie: inwerter TTL z otwartym kolektorem.

Chcę użyć inwertera, ponieważ w świecie TTL, jak wspominałem wcześniej, piny wyjściowe są w stanie pobrać znacznie więcej prądu, niż mogą z siebie wydać. Zamierzam zatem zmienić kierunek każdej diody LED i podłączyć ich rezystory obciążające do dodatniego źródła zasilania. W ten sposób będą one przepuszczać prąd w kierunku inwertera.

Wielką zaletą kości zawierających inwertery z otwartym kolektorem jest to, że zostały one zaprojektowane specjalnie do pobierania o wiele większego prądu w porównaniu do zwykłych kości logicznych TTL — mniej więcej 40 mA na każdy pin. Ich jedyną wadą jest to, iż nie mogą stanowić źródła prądowego — wynika to stąd, iż wyjście inwertera z otwartym kolektorem nie przechodzi w stan wysoki, tylko zachowuje się jak przełącznik z otwartymi kontaktami. W tym układzie takie zachowanie ma jednak sens.

Kolejny i ostatni zarazem schemat na rysunku 4.111 uwzględniła kość inwerterów 74LS06, która została również dodana do płytki prototypowej na rysunku 4.112. Sugeruję, abyś odłożył na bok małe niskoprądowe diody LED i zastąpił je diodami zwykłego rozmiaru. Ja uzyskałem dokładnie 20 mA i spadek napięcia

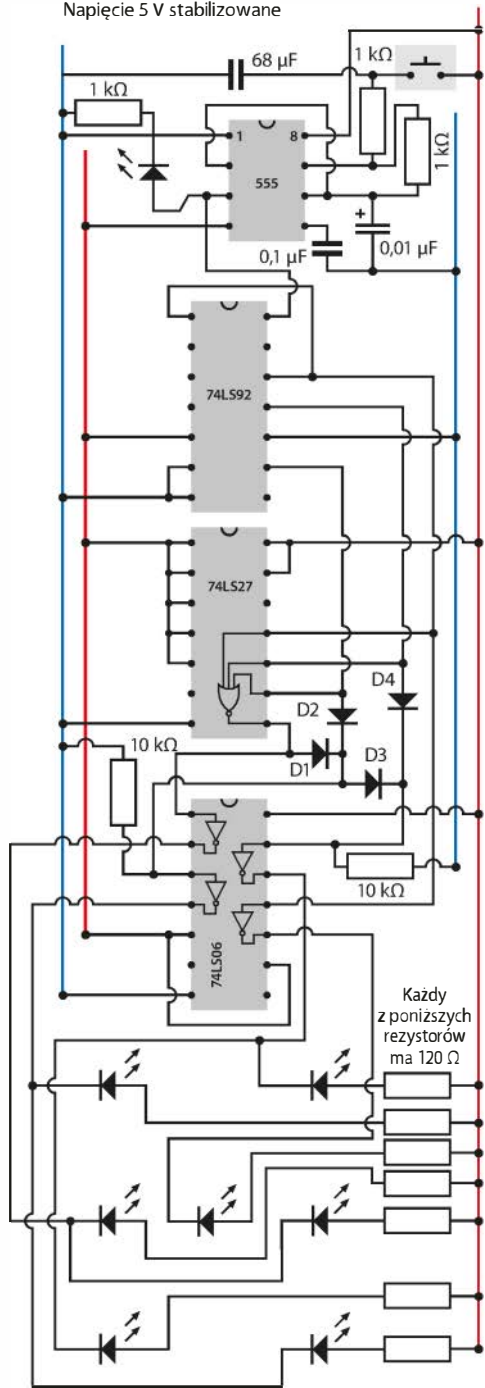
rzędu 2 V, stosując rezystory 120 Ω i „standardowe” 5-milimetrowe diody LED firmy Kingbright (model WP15031D). Ponieważ każdy pin wyjściowy kości 74LS06 zasilają nie więcej niż dwie diody LED jednocześnie, wartości te mieszczą się dokładnie w granicach podanych przez specyfikację układu. Jeśli zbudujesz ten układ, proponuję, abyś sprawdził, jaki prąd pobierają wybrane przez Ciebie diody LED, i w miarę konieczności dostosował rezystory obciążające.

Pamiętaj, że spadek napięcia na diodzie możesz zmierzyć, dotykając jej nóżek końcówkami miernika, gdy jest ona oświetlona. W celu pomiaru prądu musisz odłączyć jedną z nóżek diody, a następnie połączyć ją z miejscem, w którym była umieszczona, przez końcówki pomiarowe miernika (ustawione na pomiar miliamperów).

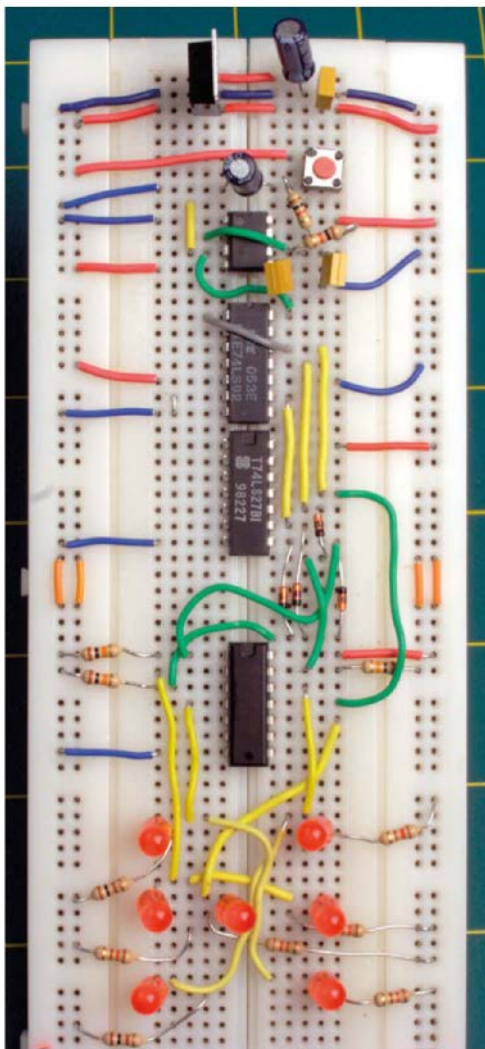
W celu uzyskania lepszego efektu wizualnego możesz również użyć diod LED o średnicy 1 cm (rysunek 4.113). Jeśli przełóżysz ich specyfikacje, przekonasz się, że niektóre nie zużywają wcale więcej energii w porównaniu do przeciętnych diod 5-milimetrowych. Którąkolwiek wybierzesz, pamiętaj, aby ich ujemne nożki były skierowane w stronę inwerterów, a dodatnie w stronę rezystorów podłączonych do dodatniego źródła zasilania.

Ostatni szczegół. Do tej wersji układu musiałem dodać dwa rezystory 10 k Ω . Czy widzisz dlaczego? Diody od D1 do D4 służą do przekazywania dodatniego napięcia w kierunku inwertera, kiedy zachodzi taka potrzeba, ale uniemożliwiają, aby wejścia inwerterów „widziały” niski stan napięcia, kiedy wyjścia licznika są w stanie niskim. Wejścia inwerterów wymagają rezystorów podciągających, które będą przeciwdziałać wszelkim zniekształceniom mogącym doprowadzić do powstania fałszywych wyników.

Napięcie 5 V stabilizowane



Rysunek 4.111. Dodanie inwerterów z otwartym kolektorem do obwodu elektronicznej kostki do gry pozwala przepuszczać prąd rzędu 40 mA przez diody LED pod warunkiem, że zostaną one odwrócone, aby przepuszczać go w kierunku wyjścia TTL, zamiast próbować stamtąd pobierać



Rysunek 4.112. Gotowy obwód sterujący zwykłymi diodami LED poprzez inwertery z otwartym kolektorem

Końcowe usprawnienia pozostawiam Tobie. Najbardziej oczywistą zmianą jest dodanie kolejnej kości do gry, gdyż wiele gier wymaga właśnie dwóch. Układ 74LS27 ma nadal parę wolnych bramek NOR. Możesz użyć jednej z nich, ale będziesz potrzebował dodatkowego układu czasowego 555, pracującego z zupełnie inną prędkością, aby zapewnić losowość. Układ ten będzie musiał sterować oddzielnym licznikiem.

Po uruchomieniu swoich elektronicznych kości do gry warto sprawdzić, czy faktycznie zachowują się one losowo. Ponieważ impulsy z układu czasowego mają jednakową długość, każda cyfra ma taką samą szansę wyświetlenia na diodach LED. Jednak im dłużej będziesz przytrzymywał przycisk, tym bardziej prawdopodobne będzie, że zliczanie zakończy się w czysto losowo wybranym momencie. Pucz użytkowników Twoich kości, iż muszą nimi obowiązkowo „potrzęsnać”.

Bez wątplenia łatwiej byłoby napisać kilka wierszy kodu programu, który generowałby liczby losowe na ekranie komputera, ale o wiele większą uwagę przyciągnie dobrze wykonane urządzenie elektroniczne. Rysunek 4.113 przedstawia diody o średnicy 1 cm zamontowane w obudowie zbudowanej ze zmatowionego poliwęglanu, dzięki czemu uzyskany został doskonały efekt wizualny.

Najważniejsza jest jednak satysfakcja, jaką daje użycie prostych, dedykowanych układów scalonych demonstrujących arytmetykę binarną, leżącą u podstaw każdego komputera.



Rysunek 4.113. Kość inwerterów z otwartymi kolektorami w obudowie kości do gry potrafi dostarczyć na tyle dużo energii, aby sterować diodami LED o średnicy 1 cm, z których każda pobiera prąd rzędu 20 mA przy spadku napięcia około 2 V. W tej gotowej wersji układu diody LED zostały umieszczone w zagłębieniach wywierconych w wykonanej z poliwęglanu pokrywie o grubości 12 mm. Pokrywa została dodatkowo zmatowiona szlifierką rotacyjną w celu uzyskania efektu półprzezroczystości

Eksperyment 24: Alarm antywłamaniowy — dokończenie

Pozwól, że powiem teraz, jak możesz wykorzystać wiedzę z tego rozdziału do modyfikacji alarmu antywłamaniowego, nad którym pracowaliśmy ostatnio podczas eksperymentu numer 15. Możesz powrócić na chwilę do rozdziałów drugiego i trzeciego, aby odświeżyć sobie wiadomości na temat cech tego układu.

Pierwsze usprawnienie: opóźniona aktywacja

Największą wadą alarmu w starej formie jest to, iż dźwięk generowany jest już w chwili aktywacji (otrzymania sygnału z dowolnego czujnika przy drzwiach lub oknie). Potrzebna jest możliwość opóźnionej aktywacji, aby dać szansę użytkownikowi na opuszczenie mieszkania przed uzbrojeniem się alarmu. Taką szansę jest w stanie zapewnić połączenie układu czasowego 555 z przekaźnikiem. Zasilanie alarmu powinno być podłączone przez normalnie zamknięte kontakty przekaźnika. Po naciśnięciu przycisku układ czasowy wysyła dodatni impuls do przekaźnika przez około 30 sekund, co powoduje, że jego kontakty zostają w tym czasie otwarte. Układ czasowy mógłbyś zamontować w oddzielnej małej obudowie z wyprowadzonym na zewnątrz przyciskiem (naciskanym w chwili, kiedy jesteś gotowy do wyjścia na zewnątrz). 12-woltowe zasilanie alarmu przechodzi przez obudowę zawierającą układ opóźniający. Układ czasowy 555 przerywa zasilanie alarmu na 30 sekund, a następnie przywraca, czyniąc urządzenie gotowym do działania.

Drugie usprawnienie: wyłączenie alarmu kodem

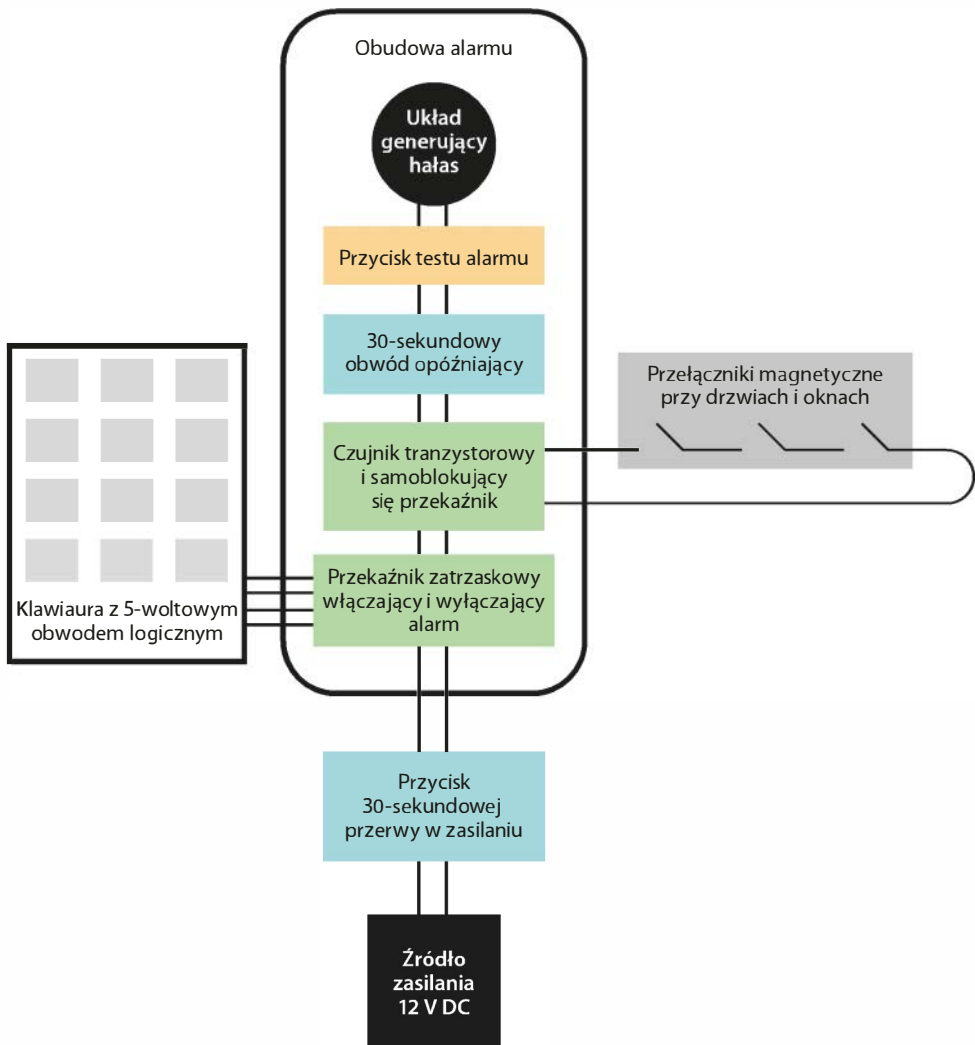
To zadanie jest teraz trywialne. W miejsce przełącznika P1 (umieszczonego na obudowie alarmu — patrz rysunek 3.110) możesz wstawić przekaźnik zatraskowy, którym będziesz sterował w taki sam sposób, jak robiłeś to podczas eksperymentu numer 20. Będziesz musiał poprowadzić trzy dodatkowe przewody z przekaźnika umieszczonego w obudowie alarmu do klawiatury (jeden z nich będzie dostarczał zasilanie do cewki stanu włączonego przekaźnika, drugi zasilanie do cewki stanu wyłączzonego przekaźnika, a trzeci będzie wspólną masą). Elektronikę związaną z klawiaturą możesz zasilić 9-woltową baterią lub poprowadzić dodatkowy — czwarty — przewód z alarmu do zasilania kości logicznych (pamiętając, że gdzieś po drodze musisz wstawić regulator napięcia, obniżający 12-woltowe zasilanie z alarmu do 5 V wymaganych przez układy logiczne). Bramki logiczne zużywają niewiele energii, więc regulator powinien sobie poradzić z obniżeniem napięcia z 12 do 5 V bez generowania nadmiernej ilości ciepła.

Po dodaniu tej funkcji możesz zacząć używać alarmu w sposób następujący:

- Naciśnij krzyżyk na klawiaturze, aby przetączyć przekaźnik zatraskowy do jego pozycji włączonej, w której zasila alarm (sam alarm jest teraz uzbrojony).
- Jeśli chcesz opuścić mieszkanie, naciśnij przycisk na module opóźniającym. To da Ci 30 sekund na wyjście.
- Jeśli alarm został uruchomiony i „hałasuje”, wpisz swój tajny kod na klawiaturze. Poprawny kod spowoduje przeskoczenie przekaźnika do pozycji wyłączzonej i odcięcie alarmu od zasilania.

Te modyfikacje są na tyle proste, że do ich przedstawienia wystarczy zwykły schemat blokowy (rysunek 4.114). Myślę, że poradzisz sobie bez dodatkowych schematów. Jediną większą zmianą w istniejącym obwodzie alarmu jest podmiana przełącznika na przekaźnik zatrzaskowy.

Pozostaje jeszcze jedna, niemal oczywista zmiana, którą trzeba wprowadzić. Jak wejść do domu bez natychmiastowego uruchomienia alarmu?



Rysunek 4.114. Powyższy schemat blokowy przedstawia wzajemne położenie starych i nowych komponentów układu alarmowego. Przycisk odcinający zasilanie, który pozwala Ci wyjść z mieszkania przed ponownym włączeniem się alarmu, trafia między zasilanie a wszystkie pozostałe moduły urządzenia. Przełącznik zatrzaskowy zastępuje przełącznik DPDT z poprzedniej wersji alarmu. Tranzystor i samoblokujący się przełącznik połączony z przełącznikami magnetycznymi przy drzwiach i oknach pozostają bez zmian. Przycisk testu alarmu zostaje podpięty do przełącznika zatrzaskowego w taki sam sposób, w jaki wcześniej był podpięty do przełącznika DPDT

Trzecie usprawnienie: opóźnienie przed wyłączeniem

Typowe alarmy posiadają jeszcze jedną funkcję opóźnienia. Po otwarciu drzwi i uruchomieniu alarmu masz 30 sekund, aby go wyłączyć, zanim zacznie hałasować.

W jaki sposób możemy zaimplementować tę cechę? Użycie kolejnego układu czasowego 555 do powstrzymania sygnału dźwiękowego w tym przypadku nie sprawdzi się, ponieważ sygnał wyjściowy z tranzystora lub przekaźnika może trwać w nieskończoność. Przekaznik blokuje się w pozycji włączonej, a tranzystor przewodzi prąd tak długo, jak długo drzwi pozostają otwarte. Jeśli którykolwiek z tych sygnałów miałby aktywować układ czasowy pracujący w trybie monostabilnym, generowany przez niego impuls nigdy by się nie skończył, całkowicie blokując generowanie dźwięku przez alarm.

Myślę, że w tym przypadku do stworzenia opóźnienia muszę użyć kondensatora i rezystora. Zasilę je z istniejącego przekaźnika. W ten sposób będę pewny, że ich zasilanie zmieni się z zera woltów do pełnej wartości napięcia zasilania. Ładunek na kondensatorze będzie stopniowo wzrastał, ale nie mogę go połączyć bezpośrednio do układu generującego dźwięk, ponieważ wtedy sygnał dźwiękowy będzie przybierał na sile wraz z rosnącym napięciem.

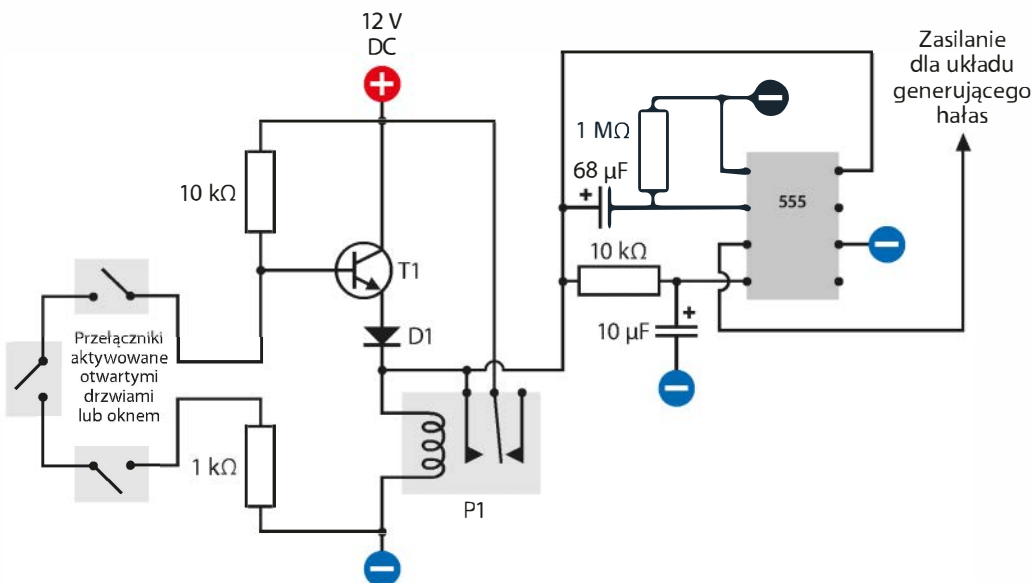
Potrzebuję urządzenia, które zostanie wyzwolone i dostarczy pełnego napięcia zasilania, kiedy napięcie na jego wejściu przekroczy określoną wartość. Użyję do tego celu układu czasowego 555 skonfigurowanego do pracy w trybie bistabilnym. Tego typu modyfikację można określić mianem „prowizorki”, ponieważ jest nieelegancka, używa zbyt dużej liczby komponentów i do tego w nieodpowiedni sposób. W tym miejscu przydałby się komparator, ale nie mam miejsca, aby zagłębiać się w ten temat. Schemat na rysunku 4.115 przedstawia sposób dodania opóźnienia do alarmu wykorzystujący wiedzę, którą posiadasz — rozwiązanie dalekie od ideału, ale działające.

Układ czasowy 555 pracujący w trybie bistabilnym po zasileniu może ustalić napięcie wyjściowe z równym prawdopodobieństwem na niskie, jak i wysokie. Żeby temu zapobiec, muszę obniżyć napięcie na pinie zerującym, aby układ rozpoczął pracę zawsze w stanie ustalonym. Później mogę stopniowo podnieść napięcie na tym pinie, pozwalając tym samym reagować układowi na impulsy wejściowe. W tym samym czasie chcę podać stan wysoki na pin wyzwalający układu i stopniowo obniżyć go aż do poziomu poniżej jednej trzeciej zasilania, co spowoduje jego zadziałanie.

Są to zatem dwa układy czasowe. Pierwszy, przeznaczony dla pinu zerującego, działa szybciej od drugiego, przeznaczonego dla pinu wyzwalającego. W ten sposób w chwili wyzwolenia układu pin zerujący nie będzie stanowił żadnej przeszkody.

Schemat pokazuje wartości rezystorów i kondensatorów, które zapewnią takie działanie. Kondensator $10\ \mu\text{F}$ zaczyna od niskiego potencjału, ale naładuje się w ciągu kilku sekund przez rezystor $10\ \text{k}\Omega$. Po tym czasie układ czasowy będzie gotowy do wyzwolenia. Drugi kondensator, o wartości $68\ \mu\text{F}$, zaczyna od wysokiego potencjału (dzięki połączeniu z dodatnim źródłem zasilania) i wymaga pełnej minuty, aby rozładować się do jednej trzeciej wartości tego napięcia przez rezystor $1\ \text{M}\Omega$. W tym momencie potencjał jest wystarczająco niski, aby wyzwolić układ czasowy 555. Wyjście układu czasowego przechodzi w stan wysoki i zasila obwód generujący dźwięk.

Powinieneś bez większych problemów zmieścić ten mały moduł opóźniający w obudowie swojego alarmu pomiędzy wyjściem przekaźnika i wejściem obwodu generującego dźwięk. Jeśli chcesz dostosować czas opóźnienia, użyj mniejszej lub większej wartości rezystora w miejsce tego o wartości $1\ \text{M}\Omega$.



Rysunek 4.115. Dodatkowe części umieszczone w oryginalnym układzie alarmu wprowadzają jednoczynowe opóźnienie przed uruchomieniem sygnału dźwiękowego. Układ czasowy 555 (skonfigurowany do pracy w trybie bistabilnym) otrzymuje zasilanie z przełącznika P1. Znajdujący się niżej układ czasowy dostarcza początkowo ujemnego napięcia do pinu zerującego układ 555, blokując tym samym jego wyjście. To napięcie szybko rośnie. W tym czasie układ czasowy powyżej dostarcza do pinu wyzwalającego napięcie, które stopniowo maleje, gdyż kondensator $68\ \mu\text{F}$ traci swój ładunek przez rezystor o wartości $1\ \text{M}\Omega$. Kiedy napięcie spadnie do wartości jednej trzeciej napięcia zasilania, wyjście układu czasowego przechodzi do stanu wysokiego i zaczyna zasilać obwód generujący dźwięk. Jeśli przed tym zdarzeniem zasilanie całego układu zostanie odcięte, przełącznik przejdzie do swojego stanu spoczynkowego, kondensatory stopniowo rozładują się i alarm nie wyda żadnego dźwięku

Podsumowanie

Jeżeli dodasz powyższe usprawnienia, Twój alarm będzie posiadał wszystkie cechy, jakie wymieniłem na mojej oryginalnej liście życzeń. Oczywiście, gdybym projektował go od początku, znając wszystkie informacje dodane w tym rozdziale, wykonałbym go bardziej elegancko. Wprowadzając modyfikacje stopniowo, nie wyrządziliśmy jednak żadnej szkody i osiągnęliśmy wszystkie cele projektowe.

Co dalej?

5

W tym miejscu możemy skierować naszą uwagę na szereg różnych zagadnień. Oto kilka możliwości:

Elektronika audio

To zagadnienie samo w sobie, obejmujące takie projekty, jak proste wzmacniacze czy przyciski nożne do modyfikowania dźwięku gitary (ang. *stomp boxes*).

Urządzenia radiowe

Wszystko, co odbiera lub nadaje fale radiowe, poczynając od bardzo prostych odbiorników AM, po zdalne sterowanie urządzeniami.

Silniki

Rosnąca popularność robotyki spowodowała rozwój wielu stron internetowych zajmujących się sprzedażą silników krokowych, z przekładniami, synchronicznych, a także serwomechanizmów i innych części mechanicznych.

Mikrokontrolery programowalne

Są to miniaturowe komputery umieszczone we wnętrzu pojedynczej kości układu scalonego. Twoje zadanie polega na napisaniu przy użyciu swojego komputera programu, który przekaże układowi serię rozkazów, takich jak odebranie stanu wejściowego z jakiegoś czujnika, odczekanie określonej ilości czasu i wysłanie sygnału wyjściowego do silnika. Gotowy program wpisuje się do nieulotnej pamięci układu. Do popularnych mikrokontrolerów można zaliczyć PICAXE, BASIC Stamp, Arduino i wiele innych. Najtańsze można kupić już za 20 złotych.

Oczywiście, nie jestem w stanie w pełni rozwinąć tutaj powyższych zagadnień, dlatego ograniczę się jedynie do ich wprowadzenia przez opisanie jednego lub dwóch projektów z każdej kategorii. Sam zdecyduj, która dziedzina interesuje Cię najbardziej, i zacznij zgłębiać ją, czytając inne książki poświęcone wyłącznie jej.

Przekazę Ci również kilka sugestii odnośnie przygotowania miejsca pracy sprzyjającego produktywności, czytania odpowiednich książek, katalogów i innej literatury, a także ogólnych uwag na temat Twojej dalszej działalności jako elektronika hobbysty.

ZAWARTOŚĆ ROZDZIAŁU:

Lista zakupów:
eksperymenty od 25 do 36.

Przystosowanie Twojego
miejsca pracy.

Miejsca, w których można
szukać informacji.

Eksperyment 25: Magnetyzm.

Eksperyment 26: Generowanie
prądu na własnym biurku.

Eksperyment 27:
Destrukcja głośnika.

Eksperyment 28: Zabawa z cewką.

Eksperyment 29:
Filtrowanie częstotliwości.

Eksperyment 30: Przesterowanie.

Eksperyment 31:
Radio bez lutowania i zasilania.

Eksperyment 32:
Robot w formie wózka.

Eksperyment 33: Ruch krokowy.

Eksperyment 34: Połączenie
sprzętu z oprogramowaniem.

Eksperyment 35:
Zetknięcie z rzeczywistością.

Eksperyment 36: Ulepszona
wersja zamka szyfrowego.

Zakończenie.

Lista zakupów: Eksperymenty od 25 do 36

Narzędzia

W tym rozdziale nie będziesz potrzebował żadnych nowych narzędzi.

Zaopatrzenie i narzędzia

Ponieważ od tego miejsca będziesz chciał sam wybierać projekty do realizacji, listę potrzebnych elementów będę zamieszczał na początku każdego eksperymentu.

Przystosowanie Twojego miejsca pracy

Jeżeli połąkęś bakcyła tworzenia urządzeń elektronicznych, ale nie stworzyłeś sobie jeszcze własnego kąta do pracy, oto kilka sugestii, jak go urządzić. Po wypróbowaniu przez lata wielu różnych opcji moja najważniejsza rada brzmi: nie buduj stołu warsztatowego!

Wiele książek poświęconych elektronice zaleca zakup drewnianych kantówek i płyt wiórowych, tak jakby stół warsztatowy musiał być zrobiony na zamówienie, żeby spełniał ściśle określone kryteria odnośnie kształtu i rozmiaru. Uwagam to za swego rodzaju dziwactwo. Dla mnie dokładny rozmiar i kształt stołu nie ma większego znaczenia. Ważniejszym problemem jest magazyn części.

Chcę, aby narzędzia i części były łatwo dostępne, niezależnie od tego, czy są to małe tranzystorki, czy wielkie szpule drutu. Zdecydowanie nie mam ochoty wstawać od stołu i szukać na półkach potrzebnych mi rzeczy.



Rysunek 5.1. Idealne miejsce pracy w otoczeniu własnego magazynu. Nie ma potrzeby wstawać z krzesła po cokolwiek!

To prowadzi mnie do dwóch konkluzji:

1. Potrzebujesz magazynku nad stołem roboczym.
2. Potrzebujesz magazynku pod stołem roboczym.

Wiele projektów stołów typu „zrób to sam” uwzględniła bardzo mało przestrzeni magazynowej pod blatem lub realizuje tę przestrzeń w formie zwykłych półek, na których z łatwością zbiera się kurz. Moje minimum to para szafek na dokumenty z ułożonym na nich blatem z 2-centymetrowej sklejki lub plastiku do zastosowań kuchennych. Szafki na dokumenty nadają się do przechowywania różnego rodzaju przedmiotów — nie tylko dokumentów⁹.

Spośród wszystkich stołów roboczych, jakich używałem, moim ulubionym było metalowe biurko starego typu używane w biurach — ogromne, pochodzące z lat pięćdziesiątych ubiegłego wieku. Biurka tego typu są bardzo trudne do przesunięcia (ze względu na swoją wagę) i nie wyglądają zbyt ładnie, ale można je kupić za bezcen od firm handlujących starym sprzętem biurowym. Oferują dużo miejsca, wytrzymają prace, do których nie były normalnie przeznaczone. Są niezniszczalne. Szuflady są głębokie i zazwyczaj wysuwają się z dużą łatwością, jak przystało na dobre szafki na dokumenty. Ponieważ całe biurko jest wykonane z metalu, możesz używać go do uziemiania swojego ciała przed dotknięciem komponentów czułych na ładunek elektrostatyczny. Jeśli nosisz na nadgarstku bransoletkę do odprowadzania ładunku, możesz przymocować ją metalowym wkrętem do jednego z rogów takiego biurka¹⁰.

Co włożyć do głębokich szuflad biurka lub szafki na dokumenty? Z pewnością będzie to dobre miejsce na wszelką dokumentację w formie papierowej:

- karty katalogowe,
- katalogi części,
- schematy i szkice, które stworzyłeś samodzielnie.

Pozostałą przestrzeń można wypełnić plastikowymi pudełkami, w których mieści się narzędzia używane jedynie od czasu do czasu (na przykład opalarka lub lutownica o dużej mocy) i większe części (głośniki, zasilacze, obudowy i płytki). Szukaj pudełek o wymiarach 11×8×5 cali, z prostymi ścianami. Zazwyczaj pudełka tego typu można kupić taniej w zwykłych supermarketach, ale ich zwężające się ściany boczne sprawiają, że nie są one zbyt wydajne pod względem przestrzeni magazynowej.

Ja lubię najbardziej pudełka Akro-Grid produkowane przez firmę Akro-Mils (patrz rysunki 5.2 i 5.3)¹¹. Są one wykonane z grubego plastiku i mają proste ściany z opcjonalną przezroczystą przykrywką. Przekonasz się, że istnieje cały asortyment pudełek otwartych i zamykanych (osobiście wolę zamykane, ponieważ chronią one przechowywaną zawartość przed kurzem i brudem).

Części średniego rozmiaru, takie jak potencjometry, wtyczki i gniazda, pokrętła i przetaczniki, lubię przechowywać w pudełkach o wymiarach 11×8×2 cale z licznymi przegródkami w środku. Dostaniesz je w każdym większym supermarkecie budowlanym. Bogaty wybór organizatorów tego typu znajdziesz również na www.allegro.pl.



Rysunek 5.2. Pudełka Akro-Grid posiadają specjalne krawędzie w ściankach, które umożliwiają dzielenie ich na mniejsze sekcje, w których łatwiej przechowywać się części



Rysunek 5.3. Pokrywy do pudełek Akro-Grid sprzedawane są oddzielnie. W typowej szufladzie szafki na dokumenty zmieszczą się trzy pudełka z rysunku 5.2 lub dwa pokazane na tym rysunku

⁹ Opisane przez autora szafki na dokumenty oraz pasujące do nich modele pudełek na części (wymienione dalej) odnoszą się do rynku amerykańskiego. Tworząc własne miejsce do pracy, będziesz musiał samodzielnie dobrać rozmiary pudełek pasujące do szuflad i szafek w Twoim biurku lub stole roboczym — *przyp. tłum.*

¹⁰ Opisane biurka dostępne są wyłącznie na rynku amerykańskim. Jeżeli chcesz znaleźć metalowe biurko lub stół roboczy, szukaj w serwisie www.allegro.pl — *przyp. tłum.*

¹¹ Produkty tej firmy są niedostępne w Polsce. Podobne produkty na naszym rynku oferuje firma Curver (www.curver.pl). Szukaj ich w dużych marketach budowlanych — *przyp. tłum.*



Rysunek 5.4. To pudełko firmy Plano nie posiada przegródek, co pozwala na przechowywanie w środku szpilek z drutem lub narzędzi średniego rozmiaru. Ustawione pionowo pasuje idealnie do szuflady szafki na dokumenty



Rysunek 5.5. Małe pudełka z przegródkami nadają się idealnie do przechowywania rezystorów, kondensatorów i elementów półprzewodnikowych. Pudełka można układać w stosy i przechowywać na półkach po oznaczeniu odpowiednimi etykietkami. Naklejkę producenta można zdjąć po wcześniejszym podgrzaniu opalarką

Pudełkiem bez przegródek, które pasuje idealnie do szafki na dokumenty, jest Prolatch 23600-00. Solidne zatrzaski tego typu pudełka pozwalają ustawić je pionowo na szerszym boku. Patrz rysunek 5.4.

Firma Plano sprzedaje również bardzo dobrze zaprojektowane skrzynki na narzędzia. Jedną z takich skrzynek mógłbyś umieścić na swoim biurku. Ma ona małe szufladki pozwalające na szybki dostęp do śrubokrętów i innych narzędzi. Do wykonywania projektów elektronicznych wystarczy Ci powierzchnia o boku zaledwie 1 metra, dlatego nic się nie stanie, jeśli poświęcisz część swojego biurka na skrzynkę z narzędziami.

Jeżeli masz metalowe biurko z płytkimi szufladami, jedną z nich możesz poświęcić na papierowe katalogi części. Nie pomniejszaj ich roli wyłącznie dlatego, że wszystko można obecnie kupić w internecie. Dla przykładu katalog firmy Mouser posiada indeks, który pod pewnymi względami przewyższa funkcję wyszukiwarki dostępną na stronie internetowej pl.mouser.com i jest dodatkowo podzielony na kategorie ułatwiające poszukiwanie. Wiele razy znalazłem użyteczne części, o których nie wiedziałem wcześniej, przez zwykłe przeglądanie katalogu — poszukiwania przebiegały znacznie szybciej w porównaniu do przeglądania kolejnych dokumentów PDF w sieci, nawet przy bardzo szybkim połączeniu z internetem. W chwili pisania tej książki Mouser jest nadal szczodry pod względem rozsyłania swoich katalogów liczących ponad 2000 stron¹².

Jak przechowywać te wszystkie małe części: rezystory, kondensatory i kości układów scalonych? Próbowałem wielu rozwiązań. Najbardziej oczywistym jest zakup szafki z małymi szufladami, z których każdą można wyjąć i położyć na biurku, uzyskując w ten sposób dostęp do wybranego komponentu. Ten system nie podoba mi się z dwóch powodów. Po pierwsze, dla bardzo małych komponentów szufladki trzeba dzielić na mniejsze sekcje, a wstawione podziałki są zazwyczaj mało stabilne. Po drugie, podczas wyjmowania szuflady można nieopatrnie wysypać całą zawartość na podłogę. Być może Ty jesteś na tyle ostrożny, że taka rzecz nigdy Ci się nie przydarzy, ale mnie tak.

Wolę małe pudełka z przegródkami pokazane na rysunku 5.5. Kilka sztuk kupisz bez problemu w każdym większym markecie budowlanym. Możesz również poszukać w sieci sprzedawców oferujących większe ilości po cenach hurtowych. Niebieskie pudełko jest podzielone na pięć przegródek nadających się idealnie do przechowywania rezystorów. Żółte pudełko ma dziesięć przegródek, w których zmieszczą się półprzewodniki. Fioletowe pudełka nie posiadają w ogóle przegródek, a czerwone występują w różnych odmianach¹³.

Przegródki stanowią część pudełka i skutecznie uniemożliwiają mieszanie się ze sobą różnych komponentów. Pokrywa pudełka ma dobre zamocowanie, które nie powinno się otworzyć nawet w przypadku upuszczenia go na podłogę. Pudełko zaopatrzone jest w metalowe zawiasy oraz specjalny plastikowy grzbiet, który pozwala układać je w stos.

Ja trzymam swoje pudełka z częściami na półkach umieszczonych nad biurkiem. Pusta przestrzeń między półkami ma około 10 cm wysokości, co pozwala umieścić na każdej z nich stosy składające się z dwóch pudełek. Kiedy potrzebuję określonego stosu pudełek, zdejmuję je z półki i kładę na biurku.

¹² Katalogi części możesz również zamówić w serwisach takich jak www.tme.eu czy pl.farnell.com — *przyp. tłum.*

¹³ Kolory pudełek dotyczą jednego producenta wybranego przez autora. W sklepach można znaleźć pudełka o podobnym układzie przegródek, ale w innych kolorach — *przyp. tłum.*

Opisywanie pudełek

Niezależnie od tego, jaki sposób przechowywania części wybierzesz, najważniejsze będzie ich dobre opisanie. Do wyprodukowania elegancko wyglądających etykiet wystarczy dowolna drukarka atramentowa. W przypadku rezystorów stosują etykiety z kolorowym oznaczeniem paskowym. W ten sposób mogą porównać kolory na obudowie rezystora z kolorami na etykiecie i szybko stwierdzić, że dany rezystor został schowany w złym miejscu. Patrz rysunek 5.6.

Drugą etykietkę (bez kleju) powinieneś umieścić wewnątrz przegródki z komponentami. Ta powinna zawierać nazwę producenta, numer części i źródło pochodzenia, pozwalając na szybką identyfikację tych informacji. Kupuję dużo części w firmie Mouser i za każdym razem, kiedy otwieram nadesłane małe plastikowe paczuszki z częściami, wycinam z nich etykiety opisujące zawartość, a następnie umieszczam je w przegródkach pudełka i na nich układam komponenty. Taka procedura pozwala zaoszczędzić sobie niepotrzebnej frustracji w przyszłości.

Gdybym był **naprawdę** dobrze zorganizowany, utrzymywałbym również bazę danych części na swoim komputerze, która zawierałaby dane wszystkiego, co kiedykolwiek kupiłem, łącznie z datą, źródłem pochodzenia, typem komponentu i ilością. Przyznaję jednak, że nie jestem aż tak dobrze zorganizowany.



Rysunek 5.6. Dla rezystorów wydrukuj etykiety z kolorowym oznaczeniem paskowym rezystorów. W ten sposób łatwo sprawdzisz, czy dana część nie leży w złym miejscu

Co na biurku?

Niektóre narzędzia i urządzenia są tak niezbędne, że powinny mieć swoje stałe miejsce na biurku lub stole, przy którym pracujesz. Są to między innymi lutownica (jedna lub więcej), statyw lutowniczy ze szkłem powiększającym, lampka, płytka prototypowa, listwa gniazd zasilających i zasilacz. Preferuję lampkę z żarówką generującą światło przypominające słoneczne, ponieważ daje ona równomierne oświetlenie i ułatwia odczytywanie kolorowych pasków umieszczonych na rezystorach.

Źródło zasilania jest kwestią własnych preferencji. Jeśli myślisz poważnie o elektronice, możesz kupić jednostkę, która dostarcza odpowiednio wygładzonego prądu i napięcia o regulowanej wartości. Twój mały zasilacz uniwersalny nie jest w stanie zrealizować takich funkcji, a jego parametry wyjściowe mogą ulegać zmianie w zależności od tego, jak mocno go obciążysz. Jak jednak mogłeś się przekonać, nadaje się on do prostych eksperymentów, a kiedy pracujesz z układami logicznymi, i tak musisz zamontować w płytce 5-woltowy regulator napięcia. Podsumowując, lepszy zasilacz można uznać za wyposażenie opcjonalne.

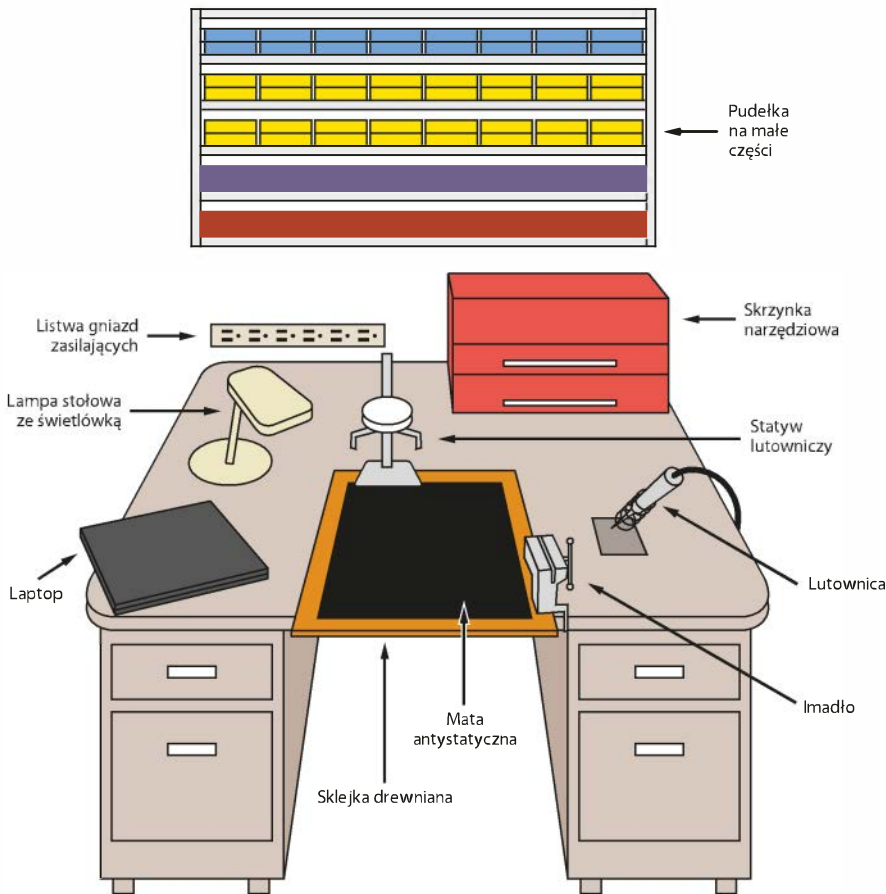
Innym opcjonalnym urządzeniem jest oscyloskop. Z jego pomocą będziesz mógł zobaczyć graficzną reprezentację zmian prądu w przewodach i komponentach. Umieszczając sondy pomiarowe w różnych miejscach, będziesz mógł szukać błędów w swoich układach. Jest to urządzenie warte posiadania, ale jego koszt to minimum kilkaset złotych. W naszych dotychczasowych eksperymentach oscyloskop był niepotrzebny. Jeśli jednak zamierzasz na serio zająć się elektroniką audio, posiadanie oscyloskopu okaże się niezbędne, gdyż z pewnością będziesz chciał zobaczyć kształt generowanych przez siebie fal.

Możesz spróbować podejścia ekonomicznego i kupić oscyloskop podpinany do portu USB, który używa monitora komputerowego do wyświetlania sygnału. Wypróbowałem jeden z takich modeli i nie byłem zbyt zadowolony z otrzymanych wyników. Urządzenie działało, ale wydawało się mało precyzyjne dla sygnałów o małej częstotliwości. Być może nie miałem szczęścia przy wyborze, ale zdecydowałem nie podejmować kolejnych prób.

Powierzchnia Twojego biurka lub stołu roboczego bez wątpienia pokryje się znakami po cięciu przedmiotów i kroplami zastygłej cyny. Do ochrony blatu stosuję centymetrową drewnianą sklejkę o grubości około jednego centymetra i boku mniej więcej 0,6 metra. Unieruchamiam ją, przykręcając na jednym z końców miniaturowe imadło. Sklejkę pokrywam pianką przewodzącą, co zmniejsza ryzyko uszkodzenia czułych układów scalonych ładunkiem elektrostatycznym. Pianka tego typu jest droga, ale oprócz ochrony kości scalonych przed uszkodzeniem ma jeszcze jedną zaletę. Zamiast rozrzucić części po całej powierzchni biurka, mogę wetknąć je w piankę. Powstaje swego rodzaju „przydomowy warzywniak” z elektroniką. Na jednej grzędce rezystory, na drugiej kondensatory, a dalej układy scalone.

W trakcie pracy nie da się uniknąć bałaganu. Małe kawałki obciętych przewodów, porozrzucane śrubki i resztki zdjętej izolacji mogą doprowadzić do nieprzyjemnych niespodzianek. Jeżeli metalowe odpadki dostaną się do budowanego właśnie układu, może dojść do zwarcia. Potrzebujesz łatwego w użyciu kosza na śmieci. Ja używam kosza o tak dużym rozmiarze, że zawsze trafiam, rzucając coś w jego kierunku. Jego rozmiar nie pozwala mi również zapomnieć, że jest na miejscu i czeka na użycie.

Ostatnia rzecz, co wcale nie znaczy, że najmniej ważna: komputer. Teraz, kiedy wszelkie możliwe karty katalogowe są dostępne w sieci i tą samą drogą można zamawiać komponenty, a także przeglądać schematy publikowane przez innych hobbystów i nauczycieli, nie wyobrażam sobie, aby ktokolwiek mógł pracować w sposób wydajny bez szybkiego dostępu do internetu. W celu zaoszczędzenia miejsca na biurku proponuję, abyś zaopatrzył się w mały, tani laptop o minimalnej konfiguracji. Przykładową organizację miejsca pracy z metalowym biurkiem pokazuje rysunek 5.7.

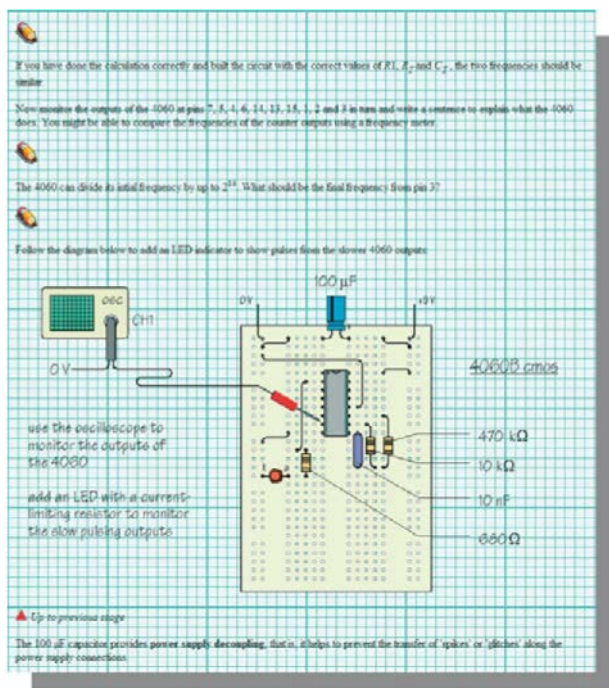


Rysunek 5.7. Stare metalowe biurko używane w biurze może okazać się równie dobre do wykonywania prac elektronicznych, co tradycyjny stół roboczy. Dostarcza dużej powierzchni roboczej i magazynowej, a jego masa w zupełności wystarczy do uziemienia swojego ciała przed dotknięciem komponentów czułych na ładunek elektrostatyczny

Źródła informacji

W sieci

Moją ulubioną witryną edukacyjną i dostarczającą informacji na temat elektroniki jest Doctrionics (www.doctrionics.co.uk). Podoba mi się ich sposób przedstawiania schematów, a także duża liczba ilustracji gotowych obwodów na płytkach prototypowych (o czym większość innych witryn zapomina). Sprzedają również gotowe zestawy, o ile jesteś gotowy zapłacić i czekać na przesyłkę z Wielkiej Brytanii. Fragment strony Doctrionics pokazany został na rysunku 5.8.



Rysunek 5.8. Przykładowa strona z witryny www.doctrionics.co.uk pokazuje ich dobre podejście bazujące na dużej liczbie szczegółów. Jest to cenne i darmowe źródło wiedzy

Moją kolejną ulubioną witryną hobbystyczną jest angielska witryna o nazwie Electronics Club (www.kpsec.freeuk.com). Nie jest tak wyczerpująca, jak Doctrionics, ale bardzo przyjazna i przystępna.

Jeżeli chcesz podejść do tematu z punktu widzenia teorii, odwiedź www.electronics-tutorials.ws. Zawarte tam informacje sięgają głębiej niż sekcje poświęcone teorii w tej książce.

Nietypową stroną elektroniki odkryjesz, odwiedzając na przykład witrynę zatytułowaną Don Lancaster's Guru's Lair (www.tinaja.com). Don Lancaster ponad 30 lat temu napisał książkę zatytułowaną *The TTL Cookbook*, która umożliwiła zabawę z elektroniką dwóm pokoleniom hobbystów i eksperymentatorów. Ten człowiek wie, o czym mówi, i nie boi się zagłębiać w ambitne projekty, takie jak napisanie własnych sterowników języka PostScript czy stworzenie własnych połączeń przy użyciu portów szeregowych. Na tej witrynie znajdziesz wiele pomysłów.

Książki

Tak, będziesz potrzebował książek. Skoro czytasz już tę pozycję, nie będę polecał innych podręczników dla początkujących elektroników. Zamiast tego, trzymając się tematyki tego rozdziału, zaproponuję kilka tytułów, które pozwolą Ci pójść dalej w różnych kierunkach i będą stanowić dobre źródło odniesienia. Jestem właścicielem wszystkich wymienionych dalej książek i bardzo je sobie cenię:

Practical Electronics for Inventors, Paula Scherz (McGraw-Hill, Second Edition, 2007)

Jest to obszerna i wyczerpująca książka warta swojej ceny. Wbrew temu, co mówi tytuł, nie będziesz musiał niczego wymyślać, aby uznać ją za użyteczną. Opisuje szeroki zakres pojęć, od podstawowych właściwości rezystorów i kondensatorów, aż po zaawansowane zagadnienia matematyczne. Stanowi moje główne źródło odniesienia. Jeżeli chcesz kupić wyłącznie jedną książkę (oczywiście oprócz tej, którą właśnie czytasz!), rekomendowałbym właśnie tę.

Getting Started with Arduino, Massimo Banzi (Make: Books, 2009)

Jeśli polubisz prostotę i wygodę oferowaną przez kontroler programowalny PICAXE, który opisuję w dalszej części tej książki, przekonasz się, że Arduino potrafi znacznie więcej. Książka *Getting Started* stanowi najprostsze wprowadzenie do tego kontrolera dostępne na rynku i pomoże Ci poznać używany w nim język Processing (podobny do C, w przeciwieństwie do języka przypominającego BASIC użytego w PICAXE).

Making Things Talk, Tom Igoe (Make: Books, 2007)

Ta ambitna i obszerna książka pokazuje, jak wykorzystać większość możliwości Arduino do komunikacji z otoczeniem, łącznie z dostępem do konkretnych lokalizacji w internecie.

TTL Cookbook, Don Lancaster (Howard W. Sams & Co, 1974)

1974 to nie błąd w druku! Być może uda Ci się znaleźć późniejsze wydania, ale którąkolwiek wersję kupisz, będzie to oferta z drugiej ręki i do tego dosyć droga, ponieważ ten tytuł ma już swoją wartość kolekcjonerską. Lancaster napisał swój przewodnik, zanim rodzina układów 7400 doczekała się odpowiedników ze zgodnym układem pinów w technologii CMOS, ale mimo to jest to nadal dobre źródło odniesienia — prezentowane koncepcje oraz numery części nie uległy zmianie, a zagadnienia opisywane są dokładnie i zwięźle.

CMOS Sourcebook, Netwon C. Braga (Sams Technical Publishing, 2001)

Ta książka jest w całości poświęcona rodzinie układów CMOS z serii 4000 (nie jest to seria 74HC00, której używałem w większości eksperymentów). Kości z serii 4000 są starsze i trzeba się z nimi obchodzić ostrożniej, ponieważ są bardziej podatne na uszkodzenia ładunkiem elektrostatycznym od generacji, które pojawiły się później. Układy tej serii są jednak nadal dostępne, a ich wielką zaletą jest zdolność do tolerowania szerokiego zakresu napięć — typowo od 5 do 15 V. Oznacza to na przykład, że możesz stworzyć obwód zasilający układ czasowy 555 napięciem 12 V i użyć sygnału wyjściowego bezpośrednio w kościach CMOS. Książka jest podzielona na trzy części: podstawy CMOS, diagramy funkcjonalne (opisujące układ pinów wszystkich podstawowych kości) i proste obwody, pokazujące sposób użycia kości do wykonania podstawowych funkcji.

The Encyclopedia of Electronic Circuits, Rudolf F. Graf (Tab Books, 1985)

Kolekcja różnorodnych schematów z minimalną liczbą wyjaśnień. Ta książka przydaje się, jeśli masz pewien pomysł i chcesz zobaczyć, jak inni podeszli do tego problemu. Przykłady są często cenniejsze od ogólnych wyjaśnień, a ta książka zawiera ich bardzo dużo. Opublikowano wiele książek z tej serii, ale zacznij od tej. Być może okaże się, że zawiera wszystko, czego potrzebujesz.

The Circuit Designer's Companion, Tim Williams (Newnes, Second Edition, 2005)

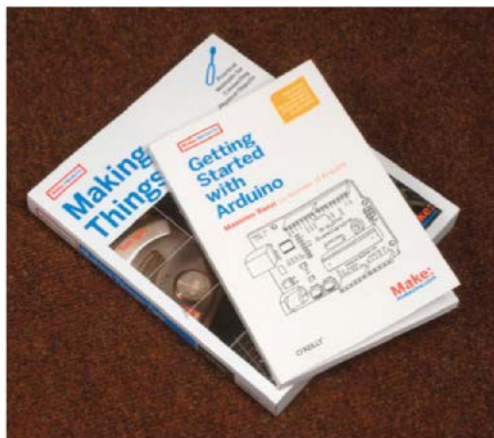
Sporo użytecznych rad odnośnie uruchamiania projektów, ale styl książki jest bardzo „suchy” i techniczny. Ta pozycja może okazać się przydatna, jeśli jesteś zainteresowany praktycznym wykorzystaniem swoich projektów.

The Art of Electronics, Paul Horowitz i Winfield Hill (Cambridge University Press, Second Edition, 1989)

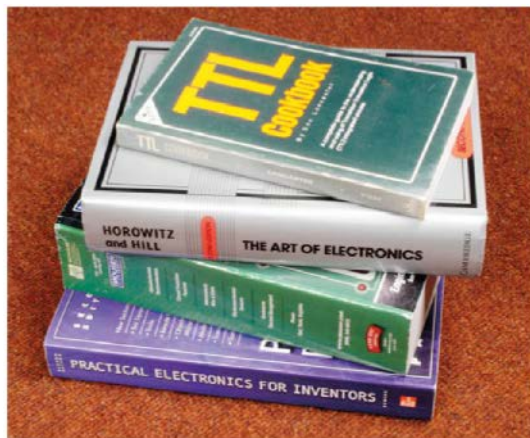
Dwadzieścia wznowień tej książki oznacza dwie rzeczy: (1) wiele osób uznaje ją za podstawowe źródło wiedzy, (2) nie powinno być problemu z dostaniem używanej wersji, co ma znaczenie, gdyż kosztuje ona ponad 100 dolarów. Została napisana przez dwóch pracowników naukowych i ma bardziej techniczne podejście w porównaniu do *Practical Electronics for Inventors*. Uważam ją za użyteczne źródło informacji, zwłaszcza kiedy szukam potwierdzenia swojej wiedzy.

Getting Started in Electronics, Forrest M. Mims III (Master Publishing, Fourth Edition, 2007)

Chociaż ta książka pochodzi z roku 1983, nadal uważam ją za bardzo przyjazną pozycję. Wiele z przedstawionych w niej tematów powtórzyłem tutaj. Być może przydatne dla Ciebie będzie przeczytanie wyjaśnień i rad pochodzących z zupełnie innego źródła. Omawia ona dogłębniej pewne aspekty teorii elektryczności w sposób bardzo przystępny i z dobrymi ilustracjami. Uprzedzam jednak, że książka mówi o wielu rzeczach przekrojowo, w sposób powierzchowny — nie oczekuj, iż znajdziesz w niej wszystkie odpowiedzi.



Rysunek 5.9. Jeśli chcesz poznać bardziej egzotyczne zastosowania mikrokontrolera Arduino, przydatne wskazówki znajdziesz w pokazanych na zdjęciu książkach wydawnictwa MAKE



Rysunek 5.10. Zniszczona przez światło klasyczna książka Dona Lancastera: TTL Cookbook, zawierający 2000 stron katalog firmy Mouser Electronics plus dwie obszerne materiałowo książki, które dostarczą wiedzy z różnych obszarów elektroniki wystarczającej na lata

Związek dwustronny

Każdy silnik elektryczny wykorzystuje ten sam związek pomiędzy elektrycznością i magnetyzmem. Jest to zjawisko o fundamentalnym znaczeniu w naszym codziennym życiu. Przepływ prądu może wytworzyć pole magnetyczne:

Prąd płynący przez przewód elektryczny wytwarza wokół niego pole magnetyczne.

Ta zasada działa również w odwrotnym kierunku: pole magnetyczne może wytworzyć prąd elektryczny.

W przewodzie poruszającym się w polu magnetycznym powstaje prąd elektryczny.

Druga z reguł jest wykorzystywana w generatorach prądu. Silnik Diesla, turbina napędzana parą, turbina wodna lub inne urządzenia obraca zwoje przewodu we wnętrzu mocnego pola magnetycznego lub obraca magnesy w otoczeniu zwojów przewodu. W zwojach indukowany jest prąd elektryczny. Miniaturowy przykład takiego zjawiska będziesz miał okazję zobaczyć w trakcie następnego eksperymentu.

Eksperyment 25: Magnetyzm

Ten eksperyment miałeś szansę zobaczyć w szkole podczas zajęć z fizyki lub techniki. Nawet jeśli tak było, proponuję, abyś powtórzył go teraz jeszcze raz. Przygotowanie go zajmie dosłownie chwilę, a będzie to nasz punkt startowy wprowadzający w zupełnie nowe zagadnienie: związek pomiędzy elektrycznością i magnetyzmem. Tą drogą dojdziemy szybko do odtwarzania dźwięków i odbierania fal radiowych. Wyjaśnię również podstawy samoindukcji, będącej trzecią i ostatnią z podstawowych cech elementów pasywnych (dwie pozostałe to rezystancja i pojemność). Wstrzymałem się z wyjaśnianiem samoindukcji, ponieważ znajomość tego zjawiska nie była potrzebna w trakcie eksperymentów, które wykonywałeś do tej pory. Będzie ona miała jednak kluczowe znaczenie, kiedy zajmiemy się sygnałami analogowymi.

Potrzebne będą:

- duży śrubokręt,
- drut 0,32 mm² (lub cieńszy), ilość: 2 metry,
- bateria AA.

Procedura

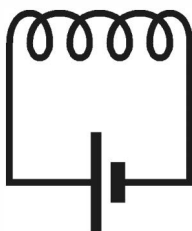
To, co musisz zrobić, jest banalnie proste. Nawin drut na metalową część śrubokręta w pobliżu jego czubka. Zwoje powinny być ciasne i ułożone blisko siebie. Będziesz musiał wykonać ich około 100 na odcinku mniej więcej 5 cm. Żeby zmieścić je na tak małym odcinku, będziesz musiał nawijać nowe zwoje na już istniejących. Jeśli ostatnia warstwa zwojów ma tendencję do rozwijania się (co będzie miało miejsce, jeśli używasz przewodu w formie linki), zabezpiecz ją przy użyciu kawałka taśmy klejącej. Patrz rysunek 5.11.

Teraz podłącz baterię tak, jak pokazuje to rysunek 5.12. Na pierwszy rzut oka wygląda to na bardzo zły pomysł, ponieważ zewrzesz baterię niemal identycznie jak podczas eksperymentu numer 2. Przepuszczając jednak prąd przez drut nawinięty spiralnie, uda nam się wykonać z jego pomocą pewną pracę, zanim bateria ulegnie wyczerpaniu.

Umieść w pobliżu ostrza śrubokręta mały spinacz do papieru na miękkiej, gładkiej powierzchni, która nie będzie stanowić oporu podczas przesuwania. Może to być chusteczka. Ponieważ wiele śrubokrętów ma namagnesowaną końcówkę, możesz uznać, że to ona przyciąga spinacz. W takim przypadku przesuń spinacz w miejsce poza strefą przyciągania śrubokręta. Po przyłożeniu 1,5 V do obwodu spinacz powinien przeskoczyć do czubka śrubokręta. Gratulacje, właśnie stworzyłeś elektromagnes.



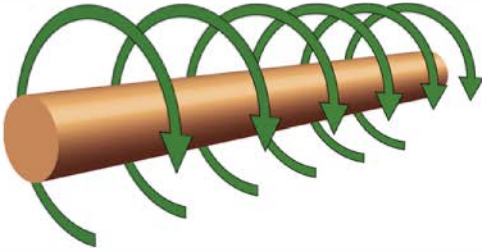
Rysunek 5.11. Każdy, kto przegapił ten prosty eksperyment demonstrowujący zjawisko elektromagnetyzmu, powinien przeprowadzić go choćby po to, aby udowodnić, że za pomocą jednej baterii AA można przesuwać spinacze do papieru



Rysunek 5.12. Trudno o prostszy schemat

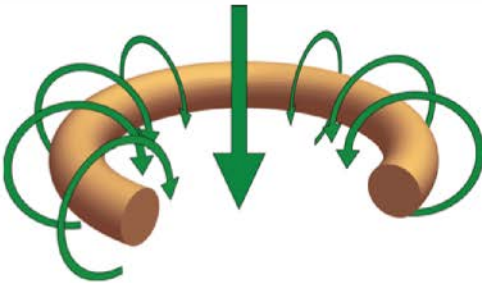
Indukcyjność

Prąd płynący przez drut powoduje powstanie wokół niego pola magnetycznego. Ponieważ prąd „indukuje” to zjawisko, określa się je mianem **indukcyjności**. Zjawisko indukcyjności ilustruje rysunek 5.13.



Rysunek 5.13. Prąd płynący od lewej do prawej strony pokazanego przewodnika indukuje siłę magnetyczną przedstawioną w formie zielonych strzałek

Pole magnetyczne wokół prostego przewodnika jest bardzo słabe, ale jeśli wygnimy go w okrąg, siła magnetyczna zacznie się kumulować w jego środku. Pokazuje to rysunek 5.14. Jeśli dodamy więcej takich okręgów, tworzących cewkę, siła skupi się jeszcze bardziej. Dalszą poprawę siły uzyskamy przez umieszczenie w środku obiektu przewodzącego pole magnetyczne (takiego jak śrubokręt).



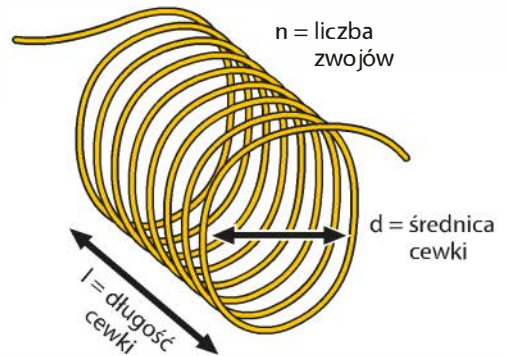
Rysunek 5.14. Po wygięciu przewodnika w okrąg siła magnetyczna skupia się w jego środku. Pokazuje to duża zielona strzałka

Poniżej znajduje się wzór ukazujący w przybliżeniu związek pomiędzy średnicą cewki, jej długością oraz liczbą zwojów a indukcyjnością. Indukcyjność jest reprezentowana przez wielką literę L , chociaż jednostką miary jest henr, pochodzący od nazwiska amerykańskiego pioniera w dziedzinie elektryczności Josepha Henry'ego:

$$L \text{ (w mikrohenrach)} = (d^2 \times n^2) / (18 \times d + 40 \times l) \text{ (w przybliżeniu)}$$

W tym wzorze d jest średnicą cewki, n liczbą zwojów, a l długością cewki mierzoną pomiędzy jej końcami. Patrz rysunek 5.15. Z tego wzoru można wyciągnąć trzy proste wnioski:

- Indukcyjność cewki rośnie wraz ze wzrostem jej średnicy.
- Indukcyjność rośnie wprost proporcjonalnie do kwadratu liczby zwojów (inaczej mówiąc, trzykrotnie więcej zwojów tworzy dziewięciokrotnie większą indukcyjność).
- Przy takiej samej liczbie zwojów indukcyjność maleje przy rozciąganiu cewki i rośnie przy jej zbijaniu w ciasną przestrzeń.



Rysunek 5.15. Indukcyjność cewki rośnie wraz z jej średnicą i kwadratem liczby zwojów. Zmniejszenie długości cewki (odległości pomiędzy jej końcami) przez upakowanie zwojów na mniejszej przestrzeni zwiększa indukcyjność przy założeniu, że pozostałe parametry są bez zmian

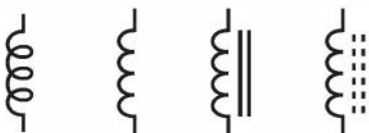
Cewki i ich symbole na schematach

Symbole używane do przedstawiania cewek na schematach zostały pokazane na rysunku 5.16. Zauważ, że jeśli cewka ma metalowy rdzeń, jest on pokazany jako dodatkowa para linii (czasem tylko jedna linia). W przypadku rdzeni ferrytowych linie rysowane są przerywaną kreską.

Metalowy rdzeń podnosi indukcyjność dzięki zwiększonemu efektowi przewodzenia magnetycznego.

Cewka na ogół nie posiada polaryzacji. Możesz podłączyć ją w dowolnym kierunku — będzie to miało wpływ jedynie na kierunek siły magnetycznej (polaryzację posiadają cewki oddziałujące z innymi elementami — na przykład solenoidy lub uzwojenia wewnątrz transformatorów).

Najbardziej znanym zastosowaniem cewek są transformatory, w których prąd zmienny płynący przez jedno z uzwojeń indukuje prąd w drugim uzwojeniu. Oba uzwojenia (cewki) nawinięte są na wspólnym rdzeniu. Jeśli uzwojenie pierwotne (wejściowe) ma o połowę mniej zwojów w porównaniu do uzwojenia wtórnego (wyjściowego), napięcie zostanie podwojone przy o połowę mniejszym prądzie — przy czysto hipotetycznym założeniu, iż transformator posiada 100-procentową sprawność.



Rysunek 5.16. Symbole cewek używane na schematach — skrajnie prawy należy do starego stylu. Trzeci i czwarty symbol oznaczają, że cewka jest nawinięta odpowiednio na rdzeniu ferrytowym lub proszkowym

Joseph Henry

Urodzony w roku 1797 Joseph Henry jako pierwszy stworzył i zademonstrował działanie potężnych elektromagnesów. On również przedstawił koncepcję samoindukcji w znaczeniu „inercji elektrycznej” będącej własnością uzwojenia.

Pochodzący z Albany w stanie Nowy Jork Henry był synem robotnika. Pracował w sklepie, ucząc się jednocześnie zawodu zegarmistrza. Jego marzeniem było zostać aktorem. Przyjaciele namówili go, aby zapisał się do Akademii Albany. Tam ujawnił się jego talent do nauk ścisłych. Pomimo braku ukończonych studiów w roku 1826 otrzymał tytuł profesora matematyki i filozofii naturalnej. Sam określał się mianem samouka. Prace z tej samej dziedziny prowadził w tym samym czasie Michael Faraday w Anglii, ale Henry nie wiedział o tym.

W roku 1832 Henry został zaproszony do pracy w Princeton. Otrzymywał tam wynagrodzenie 1000 dolarów rocznie plus darmowe mieszkanie. Kiedy Samuel Morse usiłował opatentować telegraf, Henry zeznał, iż już wcześniej znał koncepcję jego działania, a nawet stworzył urządzenie działające na podobnej zasadzie i używał go do komunikacji ze swoją żoną w domu, kiedy on pracował w swoim laboratorium.

Oprócz fizyki Henry uczył również chemii, astronomii i architektury. W tamtych czasach nie istniał ścisły podział specjalności wśród nauk ścisłych, dlatego też Henry zajmował się również takimi zjawiskami, jak fotofluorescencja, dźwięk, zjawisko kapilarne czy balistyka. W roku 1846 przewodniczył w roli sekretarza nowo powstałemu Instytutowi Smithsona.



Rysunek 5.17. Joseph Henry był amerykańskim eksperymentatorem i pionierem w dziedzinie elektromagnetyzmu. Źródło: *Wikimedia Commons*

Eksperyment 26: Generowanie prądu na własnym biurku

Wystarczą trzy przedmioty, aby móc zaobserwować powstawanie prądu z użyciem pola magnetycznego na Twoim biurku.

Potrzebne będą:

- cylindryczny magnes neodymowy o średnicy około 2 cm, namagnetyzowany osiowo, liczba: 1 (dostaniesz go na przykład w sklepie internetowym www.magnesy.eu),
- szpula drutu 0,13 mm² o długości 30 metrów, liczba: 1,
- szpula drutu nawojowego, 0,13 mm², około 100 m, liczba: 1 (szukaj w sieci hasła „drut nawojowy”),
- zwykła dioda LED, liczba: 1,
- kondensator elektrolityczny 100 μF, liczba: 1,
- dioda sygnałowa 2N4001 lub podobna, liczba: 1,
- przycięte przewody z zaciskami krokodylkami na końcach, liczba: 2.

Procedura

Możliwe, że uda Ci się przeprowadzić ten eksperyment ze szpulą zwykłego drutu. Wszystko zależy od rozmiaru szpuli w porównaniu do wymiarów magnesu. Ponieważ jednak lepszy wynik zapewni szpula drutu nawojowego, będę zakładał, że używasz właśnie tego typu przewodu (przynajmniej początkowo). Drut nawojowy ma bardzo cienką izolację, co pozwala na większe upakowanie zwojów i w wyniku większą indukcyjność.

Zacznij od sprawdzenia, czy drugi koniec drutu jest dostępny poprzez otwór w środku szpuli (patrz rysunki 5.18 i 5.19). Jeżeli nie ma do niego dostępu, musisz przewinąć cały drut na dowolny duży obiekt o kształcie cylindrycznym, a następnie z powrotem na szpulę, ale tym razem dbając o to, aby drugi koniec wystawał na zewnątrz.

Usuń izolację z końców przewodu nawojowego, używając do tego celu noża do prac technicznych lub papieru ściernego. Przekonaj się, czy dobrze odstąpiłeś miedź, podłączając do obu końców miernik uniwersalny ustawiony na pomiar rezystancji. Powinieneś odczytać wartość około 30 omów lub mniej.

Umieść szpulę na nieprzewodzącej i nienamagnesowanej powierzchni. Może to być drewno, plastik lub szkło. Do obu końców przewodu na szpuli przyłóż diodę LED, używając kawałków drutu zakończonych krokodylkami. Polaryzacja nie ma znaczenia. Teraz weź cylindryczny magnes neodymowy (podobny do pokazanych na rysunku 5.20) i wsuń w pustą przestrzeń na środku szpuli, a następnie równie szybko wysuń (rysunek 5.21). Przy ruchu do środka lub na zewnątrz powinieneś zobaczyć błysnięcie diody LED.

Podobne zjawisko może mieć miejsce, chociaż niekoniecznie, jeśli użyjesz 30-metrowego przewodu 0,13 mm². Byłoby idealnie, gdyby Twój magnes pasował niemal dokładnie do otworu w środku szpuli. Im większa przestrzeń wypełniona jest powietrzem, tym mniejszy efekt magnetyczny. Jeśli zamiast magnesu neodymowego użyjesz zwykłego magnesu z żelaza starego typu, prawdopodobnie nie osiągniesz spodziewanego wyniku.



Rysunek 5.18. Szpula zwykłego drutu o długości 30 metrów nadaje się do zademonstrowania zdolności indukcyjnej uzwojenia



Rysunek 5.19. Drut nawojowy ma izolację cieńszą od używanej w zwykłym drucie połączeniowym, przez co zwoje są gęstsze i pozwalają na powstanie silniejszego pola magnetycznego



Magnesy neodymowe są niebezpieczne

Magnesy neodymowe są kruche i w chwili uderzenia spowodowanego przyciąganiem przez inny metal lub magnes mogą rozbić się na kawałki. Z tego powodu wielu producentów zaleca noszenie okularów ochronnych.

Ponieważ siła oddziaływania między magnesem a innym obiektem rośnie wraz z zmniejszaniem się odległości między nimi, zetknięcie obu następuje gwałtownie i z dużą siłą. Trzymając magnes w ręku, bardzo łatwo można doprowadzić do przycięcia skóry i powstania siniaka lub otwartej rany.

Jeśli w pobliżu magnesu neodymowego znajdzie się metalowy obiekt, zostanie przez niego bardzo szybko przyciągnięty. Wynik takiego działania może nie być przyjemny, szczególnie jeśli przyciągany przedmiot ma ostre krawędzie, a na torze jego lotu znajduje się Twoja dłoń. Używając magnesu, zadbaj o stworzenie pustej przestrzeni z pasywnym magnetycznie podłożem. Zwróć uwagę na metalowe przedmioty znajdujące się pod miejscem pracy. Mój magnes „wykrył” metalową śrubę znajdującą się pod blatem kuchennym i niespodziewanie wbił się w niego.

Pamiętaj, że magnesy mogą przekształcać inne obiekty w magnesy. Stalowe lub żelazne obiekty poddane działaniu pola magnetycznego mają tendencję do namagnesowywania się. Uważaj, aby nie namagnesować swojego zegarka!

Nie używaj magnesów w pobliżu komputera, dysków twardych, kart kredytowych z paskami magnetycznymi, wszelkiego typu taśm audio i wideo oraz innych nośników danych. Trzymaj je również z dala od ekranów telewizyjnych i monitorów komputerowych (szczególnie w przypadku urządzeń z kineskopem). Silne magnesy mogą wpływać na pracę rozruszników serca!



Rysunek 5.20. Trzy magnesy neodymowe o średnicy, odpowiednio, 0,25, 0,50 i 0,75 cala. Chciałem ustawić je w pewnej odległości od siebie, ale odmówiły



Rysunek 5.21. Ruszając magnesem energicznie w górę i w dół wewnątrz zwoju drutu, generujesz wystarczająco dużo energii, aby oświetlić diodę LED jasnym światłem

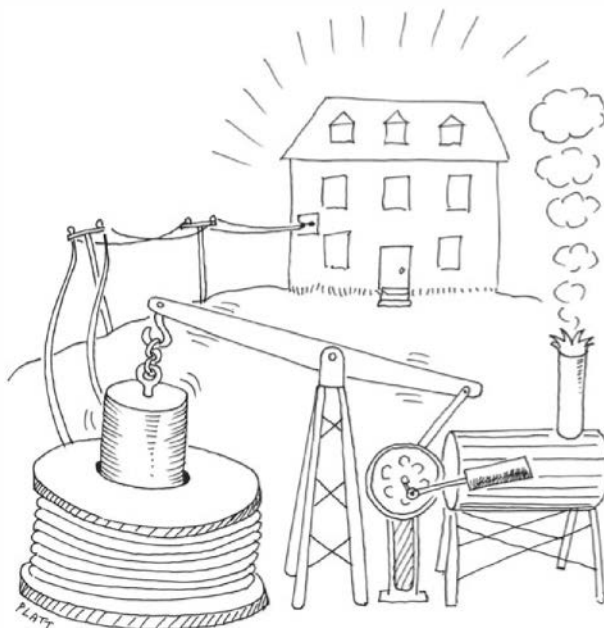
Oto kolejna rzecz, której możesz spróbować. Odłącz diodę LED i w jej miejsce wstaw kondensator elektrolityczny 100 μF połączony szeregowo z diodą sygnałową (patrz rysunek 5.23). Do kondensatora podłącz końcówki pomiarowe miernika i ustaw pomiar napięcia. Jeżeli Twój miernik posiada ręczną nastawę zakresów, ustaw go na 20 V DC. Dodatnia (nieoznaczona) strona diody powinna być podłączona do ujemnej (oznaczonej) strony kondensatora. W ten sposób dodatnie napięcie będzie przestawać się przez kondensator, a następnie diodę.

Poruszaj energicznie magnesem we wnętrzu zwoju. Miernik powinien wykazać, iż kondensator akumuluje ładunek do około 10 V. Kiedy przestaniesz poruszać magnesem, napięcie zacznie stopniowo spadać, najprawdopodobniej ze względu na rozładowywanie się kondensatora poprzez rezystancję wewnętrzną Twojego miernika.

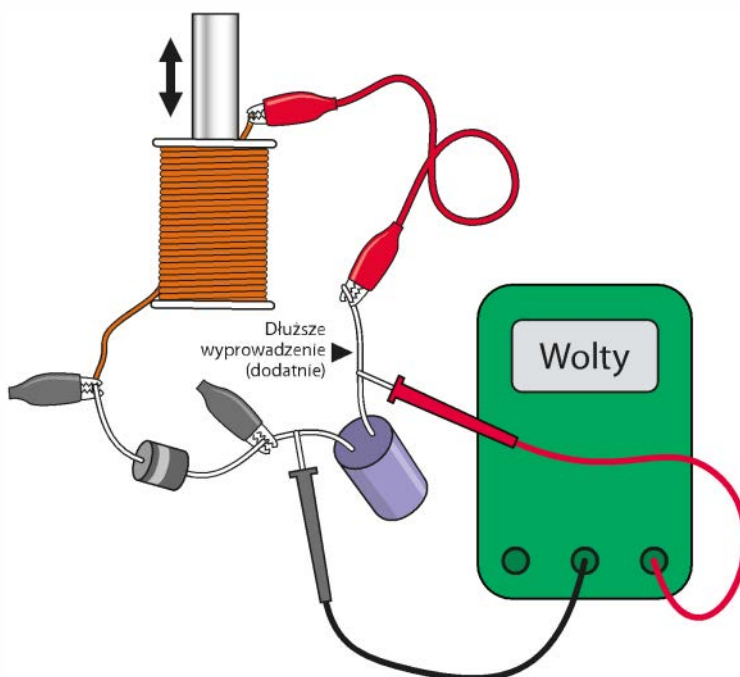
Cały eksperyment wygląda na bardzo prosty, ale ma duże znaczenie. Pamiętaj, że kiedy wpychasz magnes do wnętrza zwoju, prąd generowany jest w jednym kierunku, a kiedy go wyciągasz, indukowany prąd ma kierunek przeciwny. Generujesz prąd zmienny.

Dioda pozwala, aby prąd płynął wyłącznie w jednym kierunku przez obwód. Blokuje przepływ w kierunku przeciwnym i dzięki temu kondensator akumuluje ładunek. Jeśli doszedłeś do wniosku, że diody mogą być użyte do przekształcenia prądu zmiennego w stały, masz absolutną rację. Mówimy, że dioda „prostuje” prąd zmienny.

Eksperyment numer 24 pokazał, że napięcie może posłużyć do stworzenia magnesu, natomiast eksperyment numer 25, że magnes może wytworzyć napięcie. Teraz możemy zastosować te koncepcje do wykrycia oraz wyprodukowania dźwięku.



Rysunek 5.22. Ponieważ indukcja rośnie wraz ze średnicą rdzenia, a także z kwadratem liczby zwojów, moc generowana przez rdzeń poruszający się w uzwojeniu może zostać wielokrotniona przez zwiększenie skali urządzenia. Osoby zainteresowane rezygnacją z publicznej sieci energetycznej mogą rozważyć przedstawione rozwiązanie oparte na maszynie parowej, które powinno wystarczyć do zasilenia domu z trzema sypialniami



Rysunek 5.23. Dioda połączona szeregowo z kondensatorem pozwala naładować go impulsami generowanymi przez przesuwanie magnesu we wnętrzu zwoju drutu. Ta demonstracja pozwala zrozumieć zasadę zmiany prądu zmiennego w prąd stały

Eksperyment 27: Destrukcja głośnika



Rysunek 5.24. 5-centymetrowy głośnik można zniszczyć przy użyciu noża w sposób, który dostarczy informacji na temat jego działania

Chciałbym, abyś poświęcił 5-centymetrowy głośnik, nawet jeśli stracisz przez to 15 złotych (tyle mniej więcej powinien kosztować). Uważam, że nie będą to stracone pieniądze, ponieważ kiedy chcemy dowiedzieć się, jak dany komponent działa, nie ma lepszego sposobu niż zajrzenie do jego środka. Niewykluczone, że masz już gdzieś taki głośnik w starym radioodbiorniku lub nieużywanej zabawce schowanych w piwnicy lub na poddaszu.

Potrzebne będą:

- możliwie najtańszy głośnik o średnicy 5 cm, liczba: 1 (przykład głośnika tego typu pokazuje rysunek 5.24).

Procedura

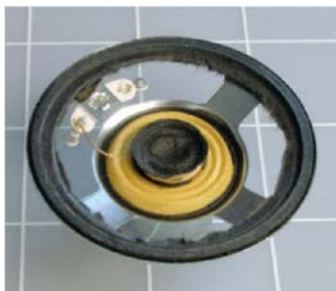
Ustaw głośnik tak, jak pokazuje to rysunek 5.24, i zrób cięcie ostrym nożem lub skalpelem wokół jego brzegu. Następnie zrób drugie cięcie wokół środka i usuń powstały w ten sposób czarny papierowy pierścień. Powinieneś widzieć teraz przed sobą giętki resor głośnika, wykonany zwykle w formie żółtej plecionki. Jeśli zrobisz w nim wycięcie, powinieneś być w stanie wyjąć ukryty papierowy cylinder z cewką nawiniętą na jego zewnętrznej stronie. Odwrócony cylinder z cewką widoczny jest na rysunku 5.27. Dwa końce miedzianej cewki otrzymują zasilanie przez dwie końcówki umieszczone na spodzie głośnika. Cewka znajdująca się pomiędzy wewnętrznym i zewnętrznymi magnesami (nabiegownikami) reaguje na zmieniające się napięcie, wywierając siłę skierowaną ku górze lub ku dołowi. To powoduje wibrowanie konusa i wytwarzanie przez głośnik fal dźwiękowych.

W taki sam sposób działają głośniki umieszczone w Twojej wieży audio. Mają jedynie większe magnesy i cewki, które są w stanie znieść większą moc (zwykle rzędu 100 W).

Za każdym razem, kiedy dostanę się do wnętrza tak małego komponentu, zadziwia mnie jego precyzja i delikatność części składowych, a także fakt, iż są one produkowane na masową skalę przy bardzo niskim koszcie. Wyobrażam sobie, jak zdziwieni byłiby pionierzy teorii elektryczności (tacy jak Faraday i Henry), widząc części i urządzenia, które dla nas są czymś oczywistym. Henry spędzał dni, a nawet tygodnie, nawijając ręcznie cewki, aby wytworzyć elektromagnesy o wiele mniej wydajne niż mały, tani głośnik z naszych czasów.



Rysunek 5.25. Głośnik przed rozpoczęciem kreatywnej destrukcji



Rysunek 5.26. Usunięty konus



Rysunek 5.27. Głośnik po wycięciu resoru. Zwróć uwagę na miedzianą cewkę, która mieści się idealnie pomiędzy dwoma magnesami

Początki głośników

Głośniki wykorzystują zjawisko przesuwania się cewki umieszczonej w polu magnetycznym pod wpływem przepływającego przez nią prądu zmiennego. Taką koncepcję zaproponował w roku 1874 pomysłodawca niemiecki wynalazca Ernst Siemens. (On również jako pierwszy zbudował w roku 1880 pierwszą na świecie windę zasilaną elektrycznie). Obecnie Siemens AG jest jedną z największych na świecie firm elektronicznych.

Kiedy Alexander Graham Bell opatentował telefon w roku 1876, wykorzystał koncepcję Siemens do wygenerowania słyszalnych częstotliwości w słuchawce przykładanej do ucha. Od tego momentu urządzenia służące do odtwarzania dźwięków zaczęły się rozwijać pod względem jakości i mocy. W roku 1925 Chester Rice i Edward Kellogg z General Electric opublikowali pracę opisującą podstawowe zasady projektowania głośników, które wykorzystywane są do dziś.

Pod adresem <http://radiolaguy.com/Showcase/Speakers/Gallery-HornSprkr.htm> znajdziesz zdjęcia pierwszych, bardzo ładnych głośników, wyposażonych w tuby w celu poprawienia efektywności. Wydajność głośników stopniowo traciła na znaczeniu wraz z powstawaniem coraz lepszych wzmacniaczy, natomiast istotniejsze stały się jakość generowanego dźwięku i niskie koszty produkcji. Współczesne głośniki przekształcają zaledwie 1% energii elektrycznej w fale dźwiękowe.



**Amplion small horn
radio speaker
model AR-114**

RadiolaGuy.com



Rysunek 5.28. Ten piękny głośnik Amplion AR-114x pozwala dostrzec wysiłki pierwszych projektantów mające na celu zmaksymalizowanie siły dźwięku w czasach, kiedy moce dostarczane przez wzmacniacze były bardzo ograniczone. Źródło: „Sonny, the RadiolaGuy”. Na stronie radiolaguy.com znaleźć można wiele zdjęć starych głośników. Niektóre z nich są na sprzedaż

Dźwięk, prąd i znowu dźwięk

Nadeszła pora, aby wyjaśnić, w jaki sposób dźwięk jest przekształcany na prąd, a następnie z powrotem na dźwięk.

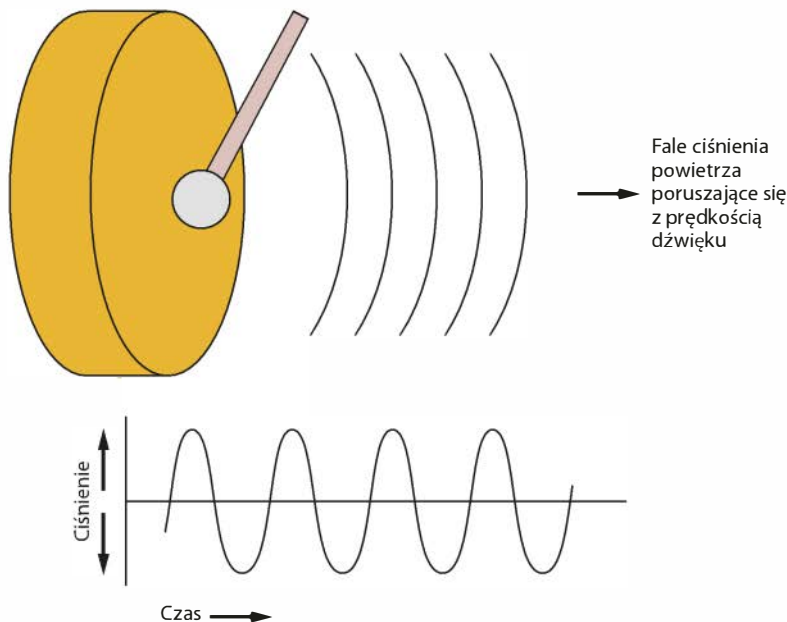
Założmy, że ktoś uderza patykiem w gong. Płaska powierzchnia gongu wibruje, przemieszczając się do środka oraz na zewnątrz, i w ten sposób wytwarza fale dźwiękowe. Fala dźwiękowa to nic innego jak przemieszczające się wysokie ciśnienie powietrza, za którym następuje ciśnienie o niższej wartości.

Długość fali dźwiękowej odpowiada dystansowi (zwykle w przedziale od milimetrów do metrów) pomiędzy pierwszym i kolejnym szczytem ciśnienia.

Częstotliwość dźwięku to liczba tych fal występujących w ciągu sekundy, wyrażana zazwyczaj w hercach.

Założmy, że na drodze zmian ciśnienia umieścimy małą, bardzo czułą plastikową membranę. Plastik zacznie drgać w odpowiedzi na pojawiające się fale, podobnie do liści drzew poruszających się pod wpływem wiatru. Założmy, że do tylnej ściany membrany przymocujemy cewkę wykonaną z bardzo cienkiego drutu, tak aby poruszała się wraz z nią. Wewnątrz cewki umieścimy jeszcze magnes. Takie połączenie przypomina małątki, bardzo czuły głośnik, z tą różnicą, że tutaj to nie prąd produkuje dźwięk, ale dźwięk wytwarza prąd. Fale ciśnienia powietrza sprawiają, że membrana porusza się wzdłuż osi magnesu, a zmieniające się pole magnetyczne wytwarza w przewodzie wahania napięcia.

Jest to tzw. mikrofon **dynamiczny**. Istnieją również inne rozwiązania mikrofonów, ale ten jest najprostszy do zrozumienia. Wytwarzane napięcie jest bardzo małe, ale można je wzmocnić przy pomocy jednego lub więcej tranzystorów. Taki sygnał możemy wprowadzić do cewki w rdzeniu głośnika i w ten sposób odtworzyć fale zmieniającego się ciśnienia w powietrzu. Kolejność zdarzeń ilustrują rysunki od 5.29 do 5.32.

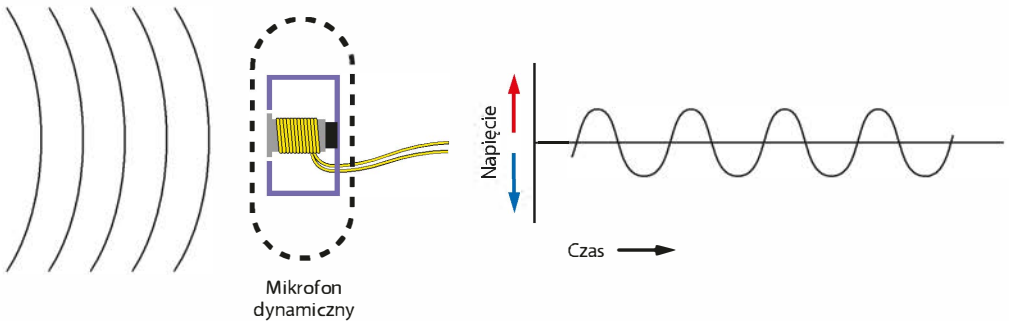


Rysunek 5.29. Krok pierwszy w procesie przekształcania dźwięku na prąd elektryczny i z powrotem. Kiedy pałka uderza w gong, jego powierzchnia zaczyna wibrować, wytwarzając fale zmieniającego się ciśnienia, które przemieszczają się w powietrzu

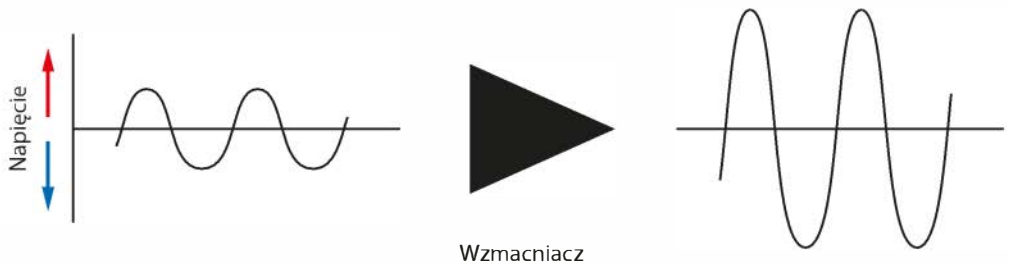
Dźwięk, prąd i znowu dźwięk (ciąg dalszy)

Chcielibyśmy również móc nagrać dźwięk gdzieś po drodze, a następnie odtworzyć go, ale w obu przypadkach obowiązują nadal te same zasady. Najtrudniejszą rzeczą pozostaje zaprojektowanie mikrofonu, wzmacniacza oraz głośnika w taki sposób, aby mogły one **prawidłowo** reprodukcować fale dźwiękowe na każdym kroku. Jest to spore wyzwanie, dlatego też przetwarzanie dźwięków jest nie lada sztuką.

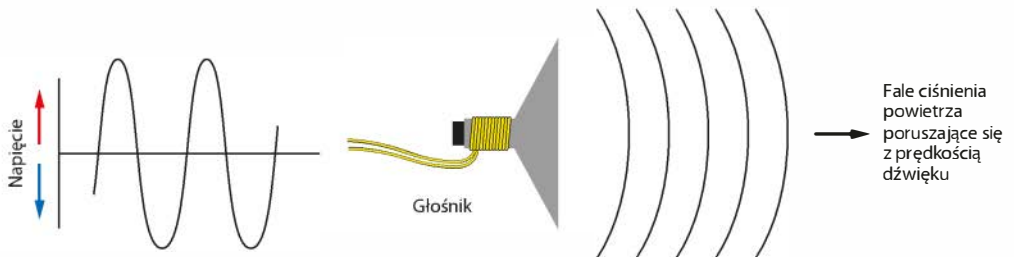
Zastanówmy się teraz, co się dzieje wewnątrz przewodu, podczas gdy generuje on pole magnetyczne. Część energii wewnątrz przewodu najwyraźniej zostaje przekształcona na pole magnetyczne. Jak to się dzieje?



Rysunek 5.30. Krok 2. Fale ciśnienia przedostają się przez dziurkowaną pokrywę mikrofonu i powodują wibrowanie umieszczonej w środku membrany. Ta posiada przytwierdzoną do siebie cewkę, która indukuje prąd zmienny, poruszając się w dwóch kierunkach na osi z umieszczonym w środku magnesem



Rysunek 5.31. Krok 3. Bardzo słaby sygnał z mikrofonu przechodzi przez wzmacniacz, który podnosi jego amplitudę, ale nie zmienia częstotliwości i kształtu fal



Rysunek 5.32. Krok 4. Wzmocniony sygnał elektryczny przechodzi przez cewkę w rdzeniu głośnika. Pole magnetyczne wytworzone przez przepływający prąd wprawia konus w wibracje, a te z kolei prowadzą do powstania oryginalnych fal dźwiękowych

Eksperyment 28: Zabawa z cewką

Kondensator magazynuje energię dostarczaną przez prąd stały aż do pełnego naładowania i od tego momentu nie pozwala na dalszy jego przepływ. Istnieje podobne zjawisko, o którym jeszcze nie wspominałem, będące dokładną odwrotnością zachowania kondensatora. Nosi ono nazwę **samoindukcji** i jest obecne w każdym zwoju drutu. Samoindukcja blokuje początkowo przepływ prądu stałego (przeciwdziała mu), ale ten opór maleje w miarę upływu czasu. Oto kilka definicji:

Rezystancja

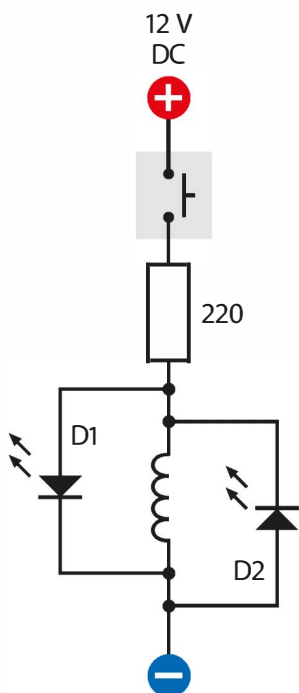
Ogranicza przepływ prądu i powoduje spadek napięcia.

Pojemność

Początkowo pozwala na przepływ prądu, a następnie blokuje go. To zachowanie określane jest mianem oporu pojemnościowego (kapacytancji).

Samoindukcja

Początkowo blokuje przepływ prądu, a następnie pozwala na jego przepływ. To zachowanie nazywane jest **oporem indukcyjnym** (induktancją). Możesz się również spotkać z określeniem „reaktancja”, oznaczającym dokładnie to samo — ja będę używał dalej określenia „samoindukcja”.



Rysunek 5.33. W tej demonstracji D1 i D2 są diodami świecącymi. Po zamknięciu przełącznika na krótką chwilę zapala się dioda D1, ponieważ cewka początkowo stanowi przeszkodę dla prądu. Po otwarciu przełącznika błyska dioda D2, pobudzona dawką prądu wyemitowaną przez zanikające pole magnetyczne wokół cewki

W tym eksperymencie zobaczysz samoindukcję w działaniu.

Potrzebne będą:

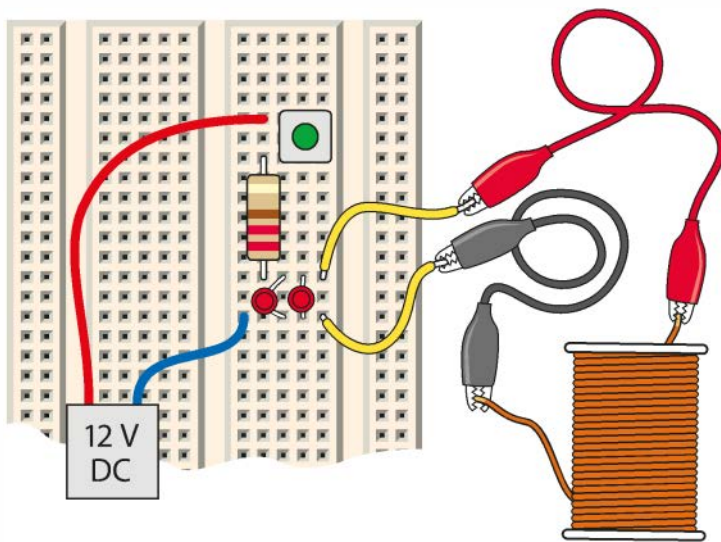
- niskoprądowe diody LED, liczba: 2,
- szpula zwykłego drutu, 0,13 mm² o długości 30 metrów, liczba: 1,
- rezystor 220 Ω o mocy 0,25 W lub większej, liczba: 1,
- kondensator elektrolityczny 2000 μF lub większy, liczba: 1,
- mikroprzełącznik SPST, liczba: 1.

Procedura

Przyjrzyj się schematowi na rysunku 5.33. Początkowo może on wyglądać na pozbawiony sensu. Rzeczą godną uwagi jest cewka oznaczona symbolem w środku schematu. Wygląda na to, że prąd popłynie przez rezystor 220 Ω i cewkę, omijając zupełnie dwie diody, ponieważ rezystancja przewodu jest znacznie mniejsza od rezystancji którejkolwiek z diod (do tego jedna z nich jest ustawiona w kierunku uniemożliwiającym przewodzenie).

Czy właśnie to się stanie? Przekonajmy się. Naszą cewką może być 30-metrowa szpula drutu 0,13 mm² lub cieńszego, chociaż najlepsza byłaby szpula drutu nawojowego wymienionego na liście rzeczy potrzebnych do eksperymetu numer 25. Ponownie będziesz potrzebował dostępu do obu końców przewodu. Jeśli drugi koniec jest niewidoczny, będziesz musiał przewinać szpulę, wyprawdzając go na zewnątrz.

Mając przygotowaną cewkę, możesz podłączyć ją do swojej płytki prototypowej, tak jak pokazano to na rysunku 5.34, na którym zielona kropka symbolizuje mikroprzełącznik, a dwa czerwone obiekty to diody LED. Upewnij się, że używasz diod niskoprądowych, w przeciwnym wypadku nic nie zobaczysz. Pamiętaj, że jedna z nich powinna być skierowana dodatnią stroną w górę, a druga ujemną stroną w górę. Ponadto, rezystor 220 Ω powinien mieć moc minimum 0,25 W (ostrzeżenie poniżej informuje, dlaczego ma to znaczenie).



Rozgrzane rezystory

Przez rezystor $220\ \Omega$ będzie przepływał prąd o natężeniu około $50\ \text{mA}$. Przy napięciu $12\ \text{V}$ daje to moc równą $0,6\ \text{W}$. Stosując rezystor $0,125\ \text{W}$, będziesz go przeciążał, co spowoduje jego bardzo mocne rozgrzanie lub wręcz spalenie. Jeśli użyjesz rezystora $0,25\ \text{W}$, nadal będzie on bardzo ciepły, ale nie powinien się spalić, o ile nie będziesz używał przycisku częściej niż jeden raz na sekundę lub dwie.

Nie próbuj uruchamiać obwodu z pominięciem cewki. Takie działanie spowoduje, że przez diody popłynie prąd o wartości $50\ \text{mA}$.

Rysunek 5.34. Układ połączeń na płytce prototypowej odpowiadający schematowi z rysunku 5.33. Zielony punkt to mikroprzełącznik. Dwie czerwone diody LED powinny być wstawione tak, aby druga była spolaryzowana przeciwnie do pierwszej

Kiedy naciśniesz przycisk, jedna z diod powinna błysnąć. Po puszczeniu przycisku błysnie druga z diod.

Co dzieje się w obwodzie? Cewka posiada swoją indukcyjność, tzn. przeciwdziała wszelkim nagłym zmianom przepływającego prądu. Na samym początku niemal całkowicie go blokuje. Prąd szuka alternatywnej drogi, którą mógłby popłynąć, i robi to przez diodę D1, znajdującą się po lewej stronie schematu. (D2 nie reaguje, ponieważ może przewodzić prąd jedynie w przeciwnym kierunku).

Po chwili napięcie pokonuje samoindukcję cewki i kiedy ta niemal całkowicie zanika, rezystancja cewki nie przekracza $10\ \text{omów}$. Prąd płynie teraz głównie przez cewkę. Dioda otrzymuje go tak mało, że nie jest w stanie dłużej świecić.

Kiedy odłączysz zasilanie, cewka reaguje ponownie, zwalczając **wszelkie** nagłe zmiany, i próbuje podtrzymać przepływ prądu, który nagle ustal. Podtrzymanie jest możliwe, ponieważ zanikające pole magnetyczne przekształcane jest na prąd elektryczny. Ta resztkę prądu wyczerpuje się przez diodę D2, umieszczoną po prawej stronie.

Innymi słowy, cewka przechowuje pewną porcję energii w postaci swojego pola magnetycznego. Przypomina to sposób przechowywania energii na okładzinach kondensatora, z tą różnicą, że cewka blokuje przepływ prądu na początku, a potem pozwala mu urosnąć, natomiast kondensator przepuszcza prąd od pierwszej chwili, a później go blokuje.

Im więcej zwojów posiada cewka, tym ma większą samoindukcję i przez to może jaśniej rozświetlić diody LED.

Na koniec przeprowadzimy jeszcze jedną odmianę tego eksperymentu, która pozwoli sprawdzić, jak dobrze zrozumiałeś podstawowe koncepcje dotyczące elektryczności. Usuń rezystor $220\ \Omega$ i zastąp go rezystorem $1\ \text{k}\Omega$ (ma on ochronić diody przed zbyt dużym prądem). Odłącz cewkę i zastąp ją bardzo dużym kondensatorem — najlepiej o pojemności $4700\ \mu\text{F}$. Przy podłączaniu zwróć uwagę na polaryzację. Co zobaczysz po włączeniu zasilania? Dodam, że musisz przytrzymać przycisk przez kilka sekund, aby uzyskać spodziewany wynik. A co się stanie, kiedy zwolnisz przycisk? Pamiętaj: zachowanie pojemności jest przeciwne do zachowania samoindukcji.

Koncepcje dotyczące prądu zmiennego

Oto prosty eksperyment myślowy. Załóżmy, że skonfigurujesz układ czasowy 555 tak, aby wysyłał serię impulsów poprzez cewkę. Jest to prymitywna forma generowania prądu przemiennego.

Można sobie wyobrazić, że samoindukcja będzie wpływać na strumień impulsów w stopniu zależnym od czasu trwania każdego z nich, a także od indukcyjności samej cewki. Jeżeli impulsy będą zbyt krótkie, samoindukcja cewki będzie je blokować. Być może jeśli dobrze dobierzemy czas trwania impulsu, uda nam się zsynchronizować sygnał ze stałą czasową cewki. W ten sposób „dostroimy” cewkę do przepuszczania określonej „częstotliwości”.

Co się stanie, gdy zastąpimy cewkę kondensatorem? Jeśli impulsy będą zbyt długie w porównaniu do stałej czasowej kondensatora, ten będzie je blokował, ponieważ będzie miał wystarczająco dużo czasu, aby w pełni się naładować. Jeśli jednak impulsy będą krótsze, kondensator będzie się ładował i rozładowywał w tempie zgodnym z nadchodzącymi impulsami — czyli będzie je przepuszczał.

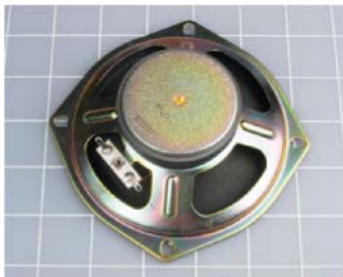
Nie mam miejsca w tej książce, aby dogłębnie wyjaśnić zjawisko prądu zmiennego. Jest to bardzo szerokie i skomplikowane zagadnienie elektryczności. Prąd zmienny potrafi zachowywać się w sposób trudny do opisanego i jednocześnie zadziwiający, a opisujące go wzory bywają bardzo skomplikowane (łącznie z równaniami różniczkowymi i liczbami zespolonymi). Nic nie stoi jednak na przeszkodzie do zademonstrowania właściwości filtrujących głośnika i cewki.

Eksperyment 29: Filtrowanie częstotliwości

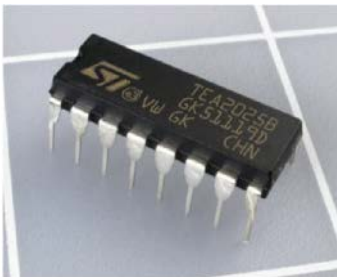
W tym eksperymencie zobaczysz, w jaki sposób samoindukcja i pojemność mogą zostać użyte do filtrowania słyszalnych częstotliwości. Zbudujesz zwrotnicę głośnikową — prosty układ elektroniczny, który wysyła niskie częstotliwości w jedno miejsce, a wysokie w drugie.

Potrzebne będą:

- Głośnik, 8 Ω , około 12 cm średnicy, liczba: 1. Przykład takiego głośnika pokazuje rysunek 5.35.
- Wzmacniacz dźwięku, na przykład STMicroelectronics TEA2025B lub podobny, liczba: 1. Patrz rysunek 5.36.



Rysunek 5.35. Aby usłyszeć efekt działania filtra dźwięku używającego cewki i kondensatora, będziesz potrzebował głośnika, który potrafi wytwarzać niskie częstotliwości. Głośnik o średnicy 12 cm to absolutne minimum

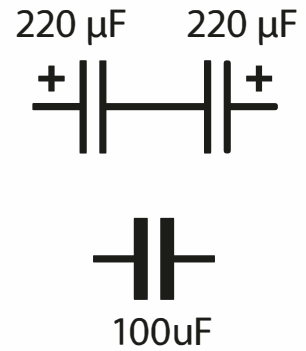


Rysunek 5.36. Ta kość zawiera wzmacniacz stereo zdolny do dostarczenia sygnału o mocy 5 W do głośnika o impedancji 8 Ω po połączeniu ze sobą obu kanałów



Rysunek 5.37. Kondensator elektrolityczny bez polaryzacji, znany również jako kondensator bipolarny, wygląda tak jak zwykły kondensator elektrolityczny, ale na obudowie ma zazwyczaj nadrukowane litery „NP” lub „BP”

- Kondensatory elektrolityczne bez polaryzacji (bipolarne) o pojemności $47 \mu\text{F}$, liczba: 2. Przykładowy kondensator tego typu został pokazany na rysunku 5.37. Na jego obudowie powinny być nadrukowane litery „NP” lub „BP”, świadczące o braku polaryzacji końcówek.
- Kondensatory elektrolityczne bez polaryzacji (bipolarne) o pojemności $100 \mu\text{F}$, liczba: 5. (Ponieważ będziesz pracował z sygnałami dźwiękowymi, które zmieniają się od wartości dodatniej do ujemnej i odwrotnie, nie możesz użyć zwykłych kondensatorów z polaryzacją. Jeśli chcesz uniknąć kłopotu i wydatku związanych z zamawianiem kondensatorów bez polaryzacji, możesz zastąpić je dwoma zwykłymi kondensatorami elektrolitycznymi połączonymi szeregowo swoimi ujemnymi końcówkami. Pamiętaj, że całkowita pojemność dwóch kondensatorów połączonych szeregowo jest równa połowie pojemności każdego z nich. Stąd do wytworzenia pojemności $110 \mu\text{F}$ będziesz potrzebował dwóch kondensatorów elektrolitycznych $220 \mu\text{F}$ każdy. Patrz rysunek 5.38).
- Potencjometr $100 \text{ k}\Omega$, najlepiej o skali logarytmicznej, liczba: 1.
- Cewka do zwrotnicy głośnikowej, liczba: 1. Szukaj frazy „cewka do zwrotnic” w serwisie www.allegro.pl. Jeśli nie uda Ci się znaleźć egzemplarza w przystępnej cenie, możesz spróbować z 30-metrową szpulą drutu $0,5 \text{ mm}^2$.
- Plastikowe pudełko rozmiarami przypominające pudełko na buty, liczba: 1.



Rysunek 5.38. Możesz zbudować kondensator bez polaryzacji, łącząc szeregowo dwa zwykłe kondensatory elektrolityczne. (Szczepie mówiąc, dokładnie takie rozwiązanie znalazłbyś po otwarciu prawdziwego kondensatora bez polaryzacji). Symbol pokazany niżej odpowiada parze symboli umieszczonych wyżej. Pamiętaj, że dwa kondensatory połączone szeregowo mają całkowitą pojemność równą połowie każdego z nich

Procedura

Celem działania wzmacniacza dźwięku jest dostarczenie wystarczająco dużej mocy, aby wydobyć z głośnika dźwięk o przyzwoitej jakości. Głośnik o średnicy 12 cm ma umożliwić Ci usłyszenie dźwięków o częstotliwościach niższych niż generowane przez małe głośniczki, których używałeś wcześniej. Tonom basowym odpowiadają fale o długościach, których małe głośniki nie są w stanie wygenerować.

Być może przypominasz sobie, że głośnik wytwarza głośniejszy dźwięk, jeśli uniemożliwisz falom wytwarzanym z tyłu konusa wygaszanie tych pochodzących z jego przedniej części (wspomniałem o tym przy okazji omawiania alarmu antywłamaniowego). Najprostszym sposobem zapewnienia takiego działania jest zamknięcie głośnika w pudełku. Proponuję pudełko plastikowe ze względu na jego niską cenę (nie będziemy się zbyt przejmować jakością dźwięku — zależy nam jedynie na usłyszeniu niskich częstotliwości). Rysunek 5.39 pokazuje głośnik przymocowany śrubami do dna plastikowego pudełka na buty, a rysunek 5.40 samo pudełko odwrócone do góry nogami po założeniu pokrywy.



Rysunek 5.39. Jeśli chcesz usłyszeć dźwięki basowe (o niskiej częstotliwości), potrzebna jest obudowa głośnika przeciwdziałająca wygaszaniu fal. Na potrzeby naszego eksperymentu wystarczy zwykłe pudełko z plastiku



Rysunek 5.40. W dnie pudełka wywierć kilka otworów, a następnie przymocuj głośnik śrubami. Przewód łączący z głośnikiem wyprowadź przez jeden z boków pudełka. Załóż pokrywę pudełka i jesteś gotowy do generowania dźwięków o średniej jakości

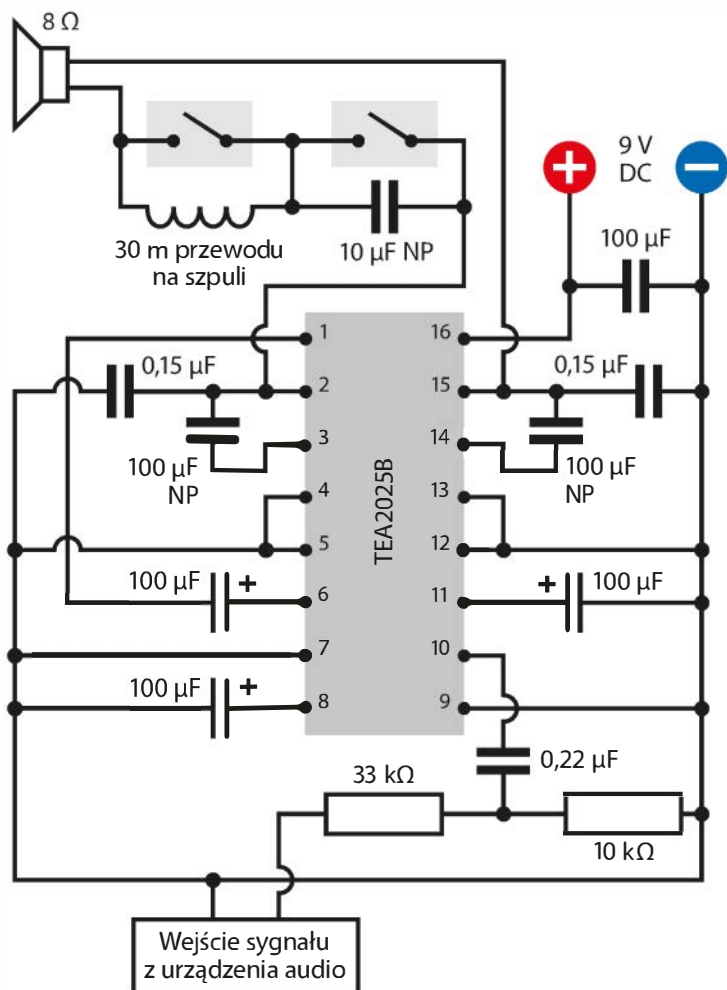
W celu uzyskania najlepszego efektu głośnik powinien zostać zamontowany w obudowie wykonanej z ciężkiego i grubego materiału o bardzo niskiej częstotliwości rezonansowej — znajdującej się poniżej zakresu częstotliwości słyszanych przez człowieka. Aby zminimalizować rezonans pudełka z plastiku, przed zamknięciem pokrywy możesz włożyć do środka kawałek miękkiego i ciężkiego materiału. Może to być ręcznik lub skarpetki.

Wzmacniacz

W latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku do zbudowania wzmacniacza dźwięku potrzebne były lampy próżniowe, transformatory i inne energochłonne części. Teraz to samo zadanie zrealizuje kość kosztująca kilka złotych, jeśli tylko podłączysz do niej kilka kondensatorów oraz potencjometr regulujący siłę dźwięku. Polecany przeze mnie układ TEA2025B jest przeznaczony do przenośnych magnetofonów i odtwarzaczy CD. Może pracować w trybie mono lub stereo zasilany napięciem od 3 do 9 V. Po połączeniu obu kanałów w jeden i zasilaniu napięciem 9 V układ jest w stanie wygenerować poprzez 8-omowy głośnik dźwięk o mocy 5 W. Nie jest to dużo w porównaniu z dowolnym systemem kina domowego, który generuje dźwięk 100 W w każdym z kanałów, ale ponieważ głośność charakteryzuje się skalą logarymiczną, 5 W będzie wystarczającą mocą do zirytowania dowolnego członka rodziny przebywającego w tym samym pomieszczeniu, a być może również w sąsiednich pokojach.

Jeśli nie możesz znaleźć kości TEA2025B, użyj dowolnej innej określonej mianem wzmacniacza sygnału audio. Postaraj się znaleźć taką, która przeznaczona jest do sterowania głośnikiem o impedancji $8\ \Omega$ i daje maksymalną moc rzędu 5 W w trybie mono. Z karty katalogowej danej części dowiesz się, gdzie należy umieścić kondensatory. Zwróć uwagę, czy niektóre z kondensatorów nie posiadają oznaczenia polaryzacji mimo wysokiej wartości pojemności (np. 100 μF). Te kondensatory muszą funkcjonować bez względu na kierunek prądu zmiennego. Oznaczyłem je na schemacie (rysunek 5.41) literami „NP” (skrót od angielskich słów *non polarized* — niespolaryzowany). W katalogach części kondensatory tego typu określane są jako dwubiegunowe (ang. *bipolar*) lub skrótowo „BP”. Wspomniałem wcześniej, że kondensator 100 μF bez polaryzacji można zbudować, łącząc ujemne końcówki dwóch zwykłych kondensatorów elektrolitycznych o wartości 220 μF .

W tym projekcie kluczowe znaczenie ma umieszczenie elektrolitycznego kondensatora wygładzającego 100 μF pomiędzy końcówkami zasilania. W przeciwnym razie wzmacniacz wychwyci i wzmocni wszelkie zniekształcenia prądu pochodzące z zasilacza.



Rysunek 5.41. Wzmacniacz dźwięku powinien być połączony z kondensatorami oznaczonymi na schemacie skrótem „NP”, oznaczającym brak polaryzacji. Czasem zamiast skrótu „NP” używa się „BP” (bipolar). Znaczenie obu jest takie samo. W celu zdemonstrowania filtrowania dźwięków sygnał wyjściowy z pinów 2 i 15 kości może zostać przepuszczony przez cewkę lub kondensator $10\ \mu\text{F}$

Wejście pokazane na schemacie może odbierać sygnał z dowolnego źródła dźwięku, takiego jak przenośny odtwarzacz MP3, CD lub walkman. Do połączenia odtwarzacza z płytką prototypową możesz użyć przejściówki w wtyczki typu jack na parę gniazd typu Cinch, wtykając w jedno z nich przewód, tak jak pokazuje to rysunek 5.42. Przewód będzie się łączył z rezystorem $33\ \text{k}\Omega$ na płytce prototypowej. Chromowany kołnierz gniazda Cinch (czasem pozłacany lub przynajmniej zabarwiony na złoto) **musi** być podłączony do ujemnego źródła zasilania na płytce, w przeciwnym wypadku nie będziesz nic słyszał. Ponieważ zajmujemy się sygnałem mono, a nie stereo, drugie gniazdo Cinch możesz pozostawić niepodłączone.



Rysunek 5.42. Do podłączenia sygnału z gniazda słuchawkowego odtwarzacza muzyki możesz użyć adaptera z przewodem wtykniętym w jedno z gniazd adaptera. Następnie użyj krokodylków, aby połączyć ten przewód z kolejnym wystającym z płytki prototypowej. W ten sposób dostarczysz sygnał audio do swojego układu. Nie zapomnij o podłączeniu zewnętrznej części gniazda innym przewodem z ujemną stroną zasilania płytki prototypowej. Ponieważ używamy jednego głośnika, wzmacniacz jest podłączony tylko do jednego z wyjść stereo odtwarzacza. Drugie pozostaje niepodłączone



Rysunek 5.43. *Krokodylki w kolorach czarnym i czerwonym, leżące na pudełku, powinny zostać podłączone do wyjścia wzmacniacza. Czerwony przewód przepuszcza sygnał płynący do głośnika przez cewkę zbudowaną ze szpuli drutu. Zwróć uwagę na zmianę dźwięku w chwili, kiedy zewrzesz cewkę*

Rezystor $33\text{ k}\Omega$ chroni wzmacniacz przed przesterowaniem. Jeżeli nie uzyskasz dostatecznej siły głosu ze swojego odtwarzacza muzyki, zmniejsz jego rezystancję. Jeżeli muzyka jest zbyt głośna i zniekształcona, zwiększ tę rezystancję. Możesz również spróbować pominąć lub zwiększyć wartość rezystora $10\text{ k}\Omega$ znajdującego się obok. Jego zadaniem jest zmniejszenie szumu („buczenia”).

U samej góry schematu znajdują się dwa przełączniki. Jeden pozwala ominąć cewkę, a drugi kondensator. Zamiast nich możesz użyć zwykłych krokodylków, o ile tylko będziesz w stanie łatwo porównać dźwięk, jaki generowany jest, kiedy każdy z tych elementów jest włączony do obwodu.

Na rysunku 5.43 widać cewkę skonstruowaną ze zwoju drutu. Dwa zaciski krokodylki (czarny i czerwony) spoczywające swobodnie na obudowie pudełka zostaną podłączone do wyjścia kości (do pinów numer 2 i 15). Nie ma polaryzacji — kolejność podłączenia krokodylków do pinów jest bez znaczenia.

Przed podłączeniem zasilania zmniejsz siłę dźwięku w odtwarzaczu muzyki **do minimum**. Nie zdziw się, jeśli po włączeniu wzmacniacza usłyszysz buczenie lub trzeszczenie. Dzieje się tak, ponieważ w tym prostym eksperymencie nie doradziłem Ci, abyś ochronił wejście sygnału przed zakłóceniami. Dlatego też wzmacniacz wychwytuje wszelkie szумы pochodzące z przewodów, stanowiących swego rodzaju anteny.

Jeśli wzmacniacz znajduje się na powierzchni będącej przewodnikiem, może to powodować dodatkowe zakłócenia. Na potrzeby tego projektu usuń ze swojego biurka piankę przewodzącą lub folię aluminiową.

Upewnij się, że Twoje urządzenie faktycznie odtwarza muzykę, i zacznij powoli zwiększać siłę dźwięku, aż do chwili, kiedy go usłyszysz. Jeśli nic nie słyszysz, musisz sprawdzić, czy obwód nie zawiera błędów.

Teraz zaczyna się interesująca część zadania. Wstaw 30-metrową szpulę drutu pomiędzy jedno z wyjść wzmacniacza i jeden z zacisków głośnika (nie ma znaczenia, który wybierzesz) lub — jeśli używasz przełącznika — przestaw ten omijający cewkę do pozycji otwartej. Powinny zostać odcięte wszystkie dźwięki wysokie. Dla porównania, jeśli odłączysz cewkę i zastąpisz ją kondensatorem $10\text{ }\mu\text{F}$, dźwięk znacznie brzmieć „cieniutko” (tzn. zostanie pozbawiony wszystkich niskich tonów — pozostaną jedynie wysokie).

Przetestowałeś właśnie dwa bardzo proste filtry. Ich działanie wygląda następująco:

- Cewka jest filtrem dolnoprzepustowym. Przepuszcza niskie częstotliwości, a blokuje wysokie. Wynika to stąd, iż krótkie przebiegi nie mają czasu, aby pokonać samoindukcję cewki. Większa cewka eliminuje większy zakres częstotliwości.
- Kondensator jest filtrem górnoprzepustowym. Przepuszcza wysokie częstotliwości, a blokuje niskie, ponieważ długie cykle są w stanie naładować całą pojemność i w ten sposób zatrzymać dalszy przepływ prądu. Mniejsze kondensatory eliminują szerszy zakres częstotliwości.

Filtry mogą mieć bardziej skomplikowaną budowę, będącą kombinacją połączeń różnych cewek i kondensatorów. Ich zadaniem jest wycinanie specyficznych częstotliwości z całego spektrum dźwięków słyszalnych. Setki schematów filtrów audio znajdziesz w sieci.

Zwrotnice głośnikowe

W tradycyjnych systemach audio każda kolumna składa się z dwóch głośników — mniejszego, zwanego **tweeterem** (przeznaczonego do generowania dźwięków o wysokiej częstotliwości), i drugiego większego, zwanego **wooferem** (przeznaczonego do generowania dźwięków o niskiej częstotliwości). (W nowoczesnych systemach woofer jest często montowany w oddzielnej obudowie i może być umieszczony niemal gdziekolwiek, ponieważ ludzkie ucho z trudnością wykrywa kierunek fal dźwiękowych o niskiej częstotliwości).

Schemat, który właśnie analizowałeś i być może nawet przekształciłeś w prawdziwy obwód, jest określany mianem zwrotnicy głośnikowej. Miłośnicy muzyki i sprzętu audio znani są z tego, że tworzą własne zwrotnice (szczególnie przeznaczone do samochodów) dla zakupionych głośników, które umieszczają w samodzielnie złożonych obudowach.

Jeżeli chcesz sam zbudować zwrotnicę, powinieneś użyć wysokiej jakości kondensatorów poliestrowych (pozbawionych polaryzacji, trwalszych od kondensatorów elektrolitycznych i lepiej wykonanych) oraz cewek o odpowiedniej liczbie zwojów i wymiarach pozwalających odciąć wysokie częstotliwości w odpowiednim miejscu. Kondensator poliestrowy został pokazany na rysunku 5.44.

Rysunek 5.45 pokazuje zwrotnicę, którą kupiłem na aukcji internetowej za około 20 złotych. Byłem ciekawy, co znajduje się w środku, dlatego zaopatrzyłem się w dwa egzemplarze i jeden z nich rozebrałem na części.

Zacząłem od usunięcia czarnej winylowej taśmy, która zabezpieczała cewkę. W środku znajdował się typowy drut nawojowy — wykonany z miedzi pokrytej żywicą lub półprzezroczystym plastikiem (patrz rysunek 5.46). Odwinąłem drut z rdzenia, licząc jednocześnie zwoje. Następnie zmierzyłem długość drutu oraz jego średnicę (do tego celu użyłem mikrometru).

Sama szpulka jest wykonana z plastiku i ma rdzeń powietrzny (brak metalowego lub ferrytowego rdzenia w środku). Szpulka i drut widoczne są na rysunku 5.47.



Rysunek 5.44. Niektóre kondensatory, wykonane w technologii innej niż elektrolityczna, nie posiadają polaryzacji. Wśród nich są wysokiej jakości kondensatory poliestrowe. Ich wadą jest wysoka cena oraz niskie wartości pojemności (na ogół nie przekraczają 10 μF)



Rysunek 5.45. Jakie egzotyczne części możemy znaleźć wewnątrz nowoczesnych podzespołów audio używanych w subwooferach do izolowania wysokich częstotliwości?



Rysunek 5.46. Po usunięciu czarnej taśmy naszym oczom ukazuje się zwoj drutu nawojowego



Rysunek 5.47. Cewka zwrotnicy głośnikowej składa się z plastikowej szpulki i drutu. Nie ma nic więcej

Specyfikacja tej konkretnej cewki pochodzącej z zakupionej zwrotnicy głośnikowej przedstawia się następująco: drut nawojowy o długości 12,192 m i grubości 0,5 mm², w postaci 200 zwojów nawiniętych na szpuli wykonanej z plastiku, o grubości 1,6 mm i rdzeniu wysokim na 22,25 mm (od kołnierza do kołnierza). Grubość rdzenia to 12,7 mm. Całkowity koszt wszystkich materiałów zakupionych oddzielnie nie powinien przekroczyć kilku złotych, pod warunkiem że uda Ci się znaleźć lub wykonać plastikowy rdzeń o odpowiednich rozmiarach.

Wniosek: urządzenia audio mają w sobie zaszytą pewną ukrytą wiedzę. Bardzo często ich ceny są znacznie przesadzone, a Ty możesz wykonać swój własny rdzeń, zaczynając od parametrów podanych powyżej i dostosowując je do własnych potrzeb.

Załóżmy, że chcesz zamontować w swoim samochodzie głośniki basowe. Czy jesteś w stanie zbudować własny filtr, który zmusi je do odtwarzania wyłącznie dźwięków o niskiej częstotliwości? Z całą pewnością tak. Musisz jedynie nawinąć cewkę, dodając kolejne zwoje do momentu, kiedy uznasz, że obcinany jest dostatecznie szeroki zakres wysokich częstotliwości. Użyj grubego drutu, aby ten nie nagrzewał się zbyt, kiedy przepuścisz przez niego sygnał o mocy 100 W lub większej.

Kolejny projekt wartu przemyślenia to kolorowe światła sterowane dźwiękiem. Możesz podłączyć się do sygnału wyjściowego Twojego systemu stereo i użyć filtrów do podzielenia częstotliwości dźwięku na trzy przedziały, z których każdy sterować będzie oddzielnym zestawem kolorowych diod LED. Czerwone będą migać w rytm basów, żółte w rytm tonów średnich, a zielone w rytm tonów wysokich (dobór kolorów pozostawiam Tobie). Do diod LED możesz podłączyć szeregowo diody sygnałowe, które wyprostują prąd zmienny, oraz rezystory ograniczające napięcie na diodach LED do wartości około 2,5 V (kiedy muzyka odtwarzana jest z największą mocą). Użyj miernika do sprawdzenia, jaki prąd przepływa przez każdy z rezystorów, a następnie pomnóż go przez spadek napięcia na tym rezystorze. W ten sposób dowiesz się, jaką moc powinien mieć rezystor, aby nie ulec spaleniu.

Jeśli lubisz projektować i budować własne układy, świat audio oferuje szerokie pole do popisu.

TEORIA

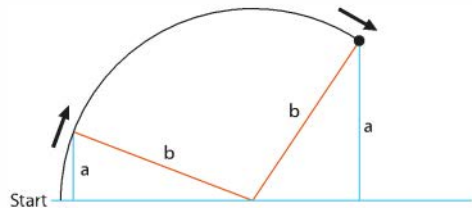
Fale dźwiękowe

Dmuchając w wylot szklanej butelki, usłyszysz łagodny dźwięk. Jest on spowodowany przez powietrze wibrujące wewnątrz butelki. Gdybyś mógł zobaczyć fale zmieniającego się ciśnienia, okazałoby się, że mają one określoną postać.

Na podobnej zasadzie po zwolnieniu czasu mógłbyś narysować graficzny wykres napięcia zmieniającego się w gniazdku elektrycznym. Wykres ten byłby podobny do wykresu fali dźwiękowej.

Podobny wykres otrzymałbyś kolejny raz, rysując wykres wychYLENIA wahadła poruszającego się w próżni w stosunku do upływającego czasu.

Każdy z tych wykresów przypominałby **fale sinusoidalną** — nazywaną tak ze względu na możliwość zbudowania jej na podstawie zasad trygonometrii. W trójkącie prostokątnym sinus kąta można określić, dzieląc długość boku naprzeciw tego kąta (przyprostokątnej) przez długość przeciwprostokątnej.



Rysunek 5.48. Jeżeli obiekt umieszczony na końcu sznurka (o długości b) porusza się ze stałą prędkością po ścieżce będącej okręgiem, odległość tego obiektu od poziomej linii przechodzącej przez środek (oznaczoną na rysunku jako a) można wykreślić w formie wykresu, na którym oś x reprezentuje czas. Powstała krzywa będzie miała kształt sinusoidalny, ponieważ zgodnie z zasadami trygonometrii stosunek a do b jest sinusem kąta pomiędzy linią b i poziomą linią przechodzącą przez środek obrotu. Fale sinusoidalne otaczają nas ze wszystkich stron, szczególnie podczas odtwarzania dźwięków, a także w prądzie zmiennym

Fale dźwiękowe (ciąg dalszy)

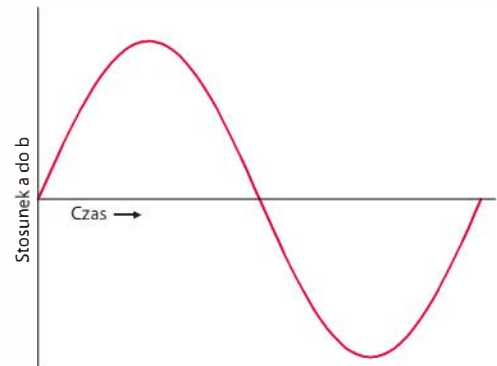
Dla uproszczenia proponuję, abyś wyobraził sobie piłkę umieszczoną na sznurku i obracającą się wokół pewnego środka (rysunek 5.48). Pomijamy istnienie grawitacji, oporów powietrza i innych zmiennych, które mogłyby przeszkadzać ruchowi piłki. Zmierz pionową pozycję piłki i podziel ją przez długość sznurka w regularnych odstępach czasu, kiedy ta porusza się ze stałą prędkością wokół środka. Otrzymane wyniki przedstaw w formie wykresu, a otrzymasz swoją falę sinusoidalną, podobną do tej przedstawionej na rysunku 5.49. Zakładamy, że kiedy piłka znajduje się poniżej horyzontalnej linii startowej, mierzony dystans jest ujemny i w związku z tym pozycja fali sinusoidalnej również znajduje się poniżej zera.

Dlaczego ten określony kształt fali pojawia się w takiej lub innej formie w tylu różnych miejscach? Są ku temu powody wynikające z praw fizyki. Zgłębianie tego zagadnienia pozostawiam Tobie. Wracając do tematu odtwarzania fal dźwiękowych, powód do przywiązywania wagi do fali sinusoidalnej jest następujący:

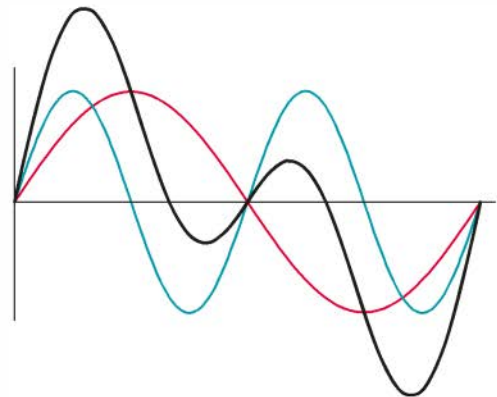
- Każdy dźwięk może zostać rozbity na kombinację fal sinusoidalnych o różnej częstotliwości i amplitudzie.
- Lub odwracając sytuację:
- Składając razem kombinację odpowiednich sinusoidalnych fal dźwiękowych, można **stworzyć dowolny dźwięk**.

Załóżmy, że dwa dźwięki są odtwarzane jednocześnie. Rysunek 5.50 pokazuje je jako krzywe, jedną w kolorze czerwonym i drugą w kolorze niebieskim. Kiedy obie fale przemieszczają się w formie zmian ciśnienia w powietrzu lub jako prądy elektryczne w przewodniku, ich krzywe są sumowane i tworzą bardziej złożoną formę, pokazaną na rysunku kolorem czarnym. Spróbuj sobie teraz wyobrazić dziesiątki, a nawet setki różnych częstotliwości połączonych w jedno, a zrozumiesz złożoność fal pojawiających się w muzyce.

Możesz wyprodukować własną falę dla swojego wzmacniacza, używając układu czasowego 555 skonfigurowanego do pracy w trybie astabilnym (rysunek 5.51). Musisz jednak uważać, aby nie obciążyć zbyt mocno wejścia wzmacniacza. Zwróć uwagę na rezystor 680 k Ω podłączony do pinu wyjściowego układu czasowego, a także na potencjometr 500 Ω .



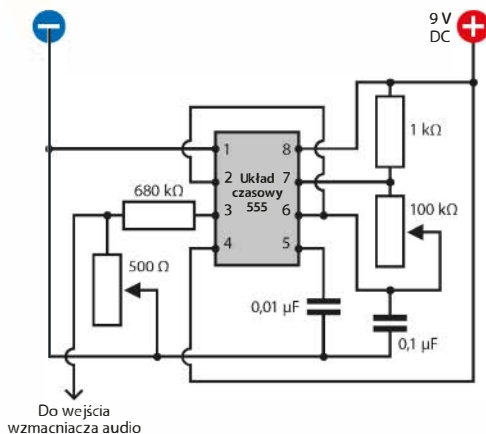
Rysunek 5.49. Tak wygląda „czysta” postać fali sinusoidalnej



Rysunek 5.50. Kiedy w tym samym czasie generowane są dwie fale sinusoidalne (na przykład przez dwóch muzyków grających na flecie), powstały dźwięk łączący w sobie obie krzywe. Sinusoidea w kolorze niebieskim ma dwa razy większą częstotliwość od sinusoidy czerwonej. Krzywa powstała z ich połączenia (w kolorze czarnym) stanowi sumę odległości dwóch sinusoid od osi x

Fale dźwiękowe (ciąg dalszy)

Odłącz swój odtwarzacz muzyki i w jego miejsce podłącz wyjście z układu czasowego 555 (sygnał powinien trafić do rezystora $33\text{ k}\Omega$ w obwodzie wzmacniacza pokazanego wcześniej na rysunku 5.41). Jeżeli układ czasowy został zbudowany na tej samej płytce prototypowej, nie ma konieczności łączenia mas obu układów.



Rysunek 5.51. Przedstawiony tutaj układ czasowy 555 skonfigurowany do pracy w trybie astabilnym może generować sygnał z szerokiego przedziału częstotliwości słyszalnych. Do ustawienia częstotliwości służy potencjometr $100\text{ k}\Omega$. Po zredukowaniu mocy sygnału wyjściowego można dostarczyć go do użytego wcześniej układu wzmacniacza

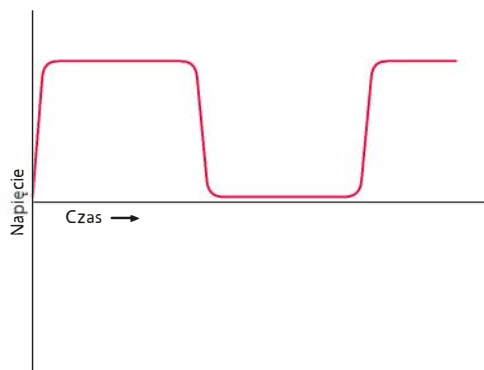
Ustaw potencjometr $500\ \Omega$ w takiej pozycji, aby zwiernął wyjście z układu czasowego do ujemnej strony zasilania. Pełni on rolę pokrętła siły dźwięku. Potencjometr $100\text{ k}\Omega$ powinien być ustawiony w połowie swojego zakresu. Włącz zasilanie i zacznij powoli kręcić potencjometrem $500\ \Omega$ do momentu, kiedy usłyszysz dźwięk.

Teraz zmień ustawienie potencjometru $100\text{ k}\Omega$ tak, aby generowany był dźwięk o niskiej częstotliwości. Przekonasz się, że dźwięk nie jest czysty. Pojawiają się jakieś bzyczące przegłosy. Jest to spowodowane

generowaniem przez układ czasowy 555 fali o kształcie prostokątnym (rysunek 5.52), która stanowi złożenie wielu różnych sinusoid — niektórych o dużej częstotliwości. Twoje ucho słyszy te harmoniczne, chociaż ich obecność trudno wywnioskować z widoku przebiegu prostokątnego.

Przełącz połączenie z głośnikiem tak, aby prowadziło przez szpulę drutu. Teraz powinieneś słyszeć znacznie czystszy dźwięk, ponieważ „bzyczące” wysokie częstotliwości zostały zablokowane przez samoindukcję cewki. Zastąp cewkę kondensatorem $10\ \mu\text{F}$, a usłyszysz więcej szumu i mniej tonów basowych.

Był to mały kroczek w kierunku syntezy dźwięku. Jeżeli ten temat Cię interesuje, możesz poszukać w sieci obwodów oscylujących. Do gruntownego zrozumienia związku pomiędzy kształtem fali a słyszalnym dźwiękiem będziesz potrzebował oscyloskopu, który jest w stanie pokazać kształt każdej generowanej lub modyfikowanej przez Ciebie fali.



Rysunek 5.52. Wyjście układu czasowego 555 może znajdować się w jednym z dwóch stanów — włączonym lub wyłączonym. Przechodzenie między nimi następuje bardzo szybko. Wynikiem takiego zachowania jest niemal idealna fala prostokątna. Teoretycznie taki kształt fali może zostać rozłożony na zestaw wielu fal sinusoidalnych o różnych częstotliwościach. Ludzkie ucho wychwytuje te wyższe częstotliwości jako nieprzyjemne przegłosy

Ekspertyment 30: Przersterowanie

Spróbuujemy jeszcze jednej odmiany układu wykonanego podczas eksperymetu numer 28. Pozwoli on zademonstrować inną fundamentalną cechę dźwięków: zniekształcenia.

Potrzebne będą:

- jeszcze jeden potencjometr 100 k Ω ,
- tranzystory NPN typu 2N2222 lub podobne, liczba: 2,
- rezystory i kondensatory o różnych wartościach.

TEORIA

Przycinanie

We wczesnych latach dźwięków „hi-fi” inżynierowie starali się głównie opanować proces reprodukcji dźwięku. Ich celem było uzyskanie na wyjściu wzmacniacza fali o kształcie identycznym do kształtu fali wejściowej. Jedyną różnicą miała być odpowiednio duża amplituda, pozwalająca na sterowanie kolumnami głośnikowymi. Nawet małe zniekształcenie tej fali było niedopuszczalne.

Nie spodziewali się, że ich doskonale zaprojektowane wzmacniacze zostaną użyte niezgodnie z przeznaczeniem przez nową generację gitarzystów rockowych, których celem było wprowadzanie tyłu zniekształceń, ile tylko się dało.

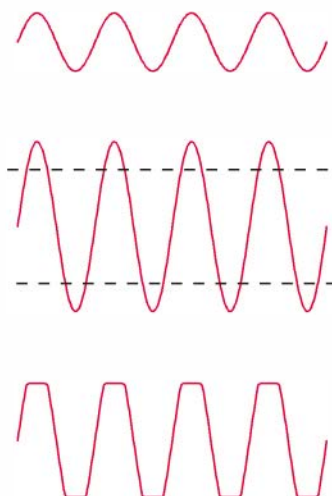
Najpowszechniejsza forma zniekształcania dźwięku jest określana mianem przycinania (ang. *clipping*). Jeżeli zmusisz lampę próżniową lub tranzystor do wzmocnienia sygnału sinusoidalnego powyżej jego możliwości, obetnie on dolne i górne szczyty tej fali. Po takim zabiegu fala będzie przypominać przebieg prostokątny, a jak wspominałem wcześniej, tego typu kształt fali charakteryzuje się nieprzyjemnymi

zakłóceniami. Dla gitarzystów rockowych starających się nadać swojej muzyce niepowtarzalny styl tego typu zniekształcenia stały się czymś pożądanym.

Pierwszym gadżetem produkowanym na zasadach komercyjnych, który oferował tego typu funkcjonalność (polegającą na celowym obcinaniu sygnału wejściowego), był *fuzz box*. Jeden z pierwszych modeli tego urządzenia pokazany został na rysunku 5.53. Zasada przycinania fali sinusoidalnej pokazana została na rysunku 5.54.



Rysunek 5.53. Ten przycisk nożny Vox Wow-Fuzz jest jednym z pierwszych urządzeń „stomp boxów”, celowo wprowadzających zniekształcenia, których inżynierowie pracujący nad wzmacniaczami zawsze chcieli się pozbyć



Rysunek 5.54. Kiedy fala sinusoidalna (u góry) przejdzie przez wzmacniacz skonfigurowany do pracy poza dopuszczalnymi granicami jego elementów składowych (pokazanymi na rysunku w formie czarnych przerywanych linii), jej dolne i górne szczyty zostaną zniwelowane w procesie zwanym obcinaniem. Fala wynikowa będzie przypominać przebieg prostokątny. Takie działanie stanowi podstawowy mechanizm wykorzystywany we wszelkiego rodzaju urządzeniach wytwarzających nietypowe dźwięki gitarowe

Schemat

Sygnal wyjściowy z układu czasowego 555 ma już przebieg prostokątny, w związku z czym jego brzmienie jest już zniekształcone, ale w celu zademonstrowania mechanizmu obcinania możemy jeszcze bardziej zintensyfikować ten efekt. Ponieważ kilka komponentów uległo zmianie, przerysowałem cały schemat z rysunku 5.55. Główna zmiana polega na dodaniu dwóch tranzystorów NPN.

Jeżeli zamierzasz złożyć ten układ na swojej płytce prototypowej, zwróć uwagę na rezystory 33 i 10 k Ω umieszczone pod wzmacniaczem — oba zostały usunięte, a w ich miejsce trafił rezystor o wartości 820 Ω . Znajdujący się u dołu kondensator 0,22 μ F nadal stanowi wejście do wzmacniacza, a jeśli prześledzisz połączenie biegnące od tego miejsca do środka schematu, znajdziesz 100-kiloomowy potencjometr. To jest Twoje pokrętko dostosowujące przesterowanie.

Tranzystory NPN zostały zestawione w taki sposób, aby pierwszy z nich, po lewej stronie, otrzymywał sygnał pochodzący z układu czasowego 555. Sygnal kontroluje prąd wpływający do tranzystora z rezystora 33 k Ω , a ten z kolei wpływa na bazę drugiego tranzystora, po prawej stronie. Sterowany w ten sposób prąd drugiego tranzystora kontroluje wzmacniacz.

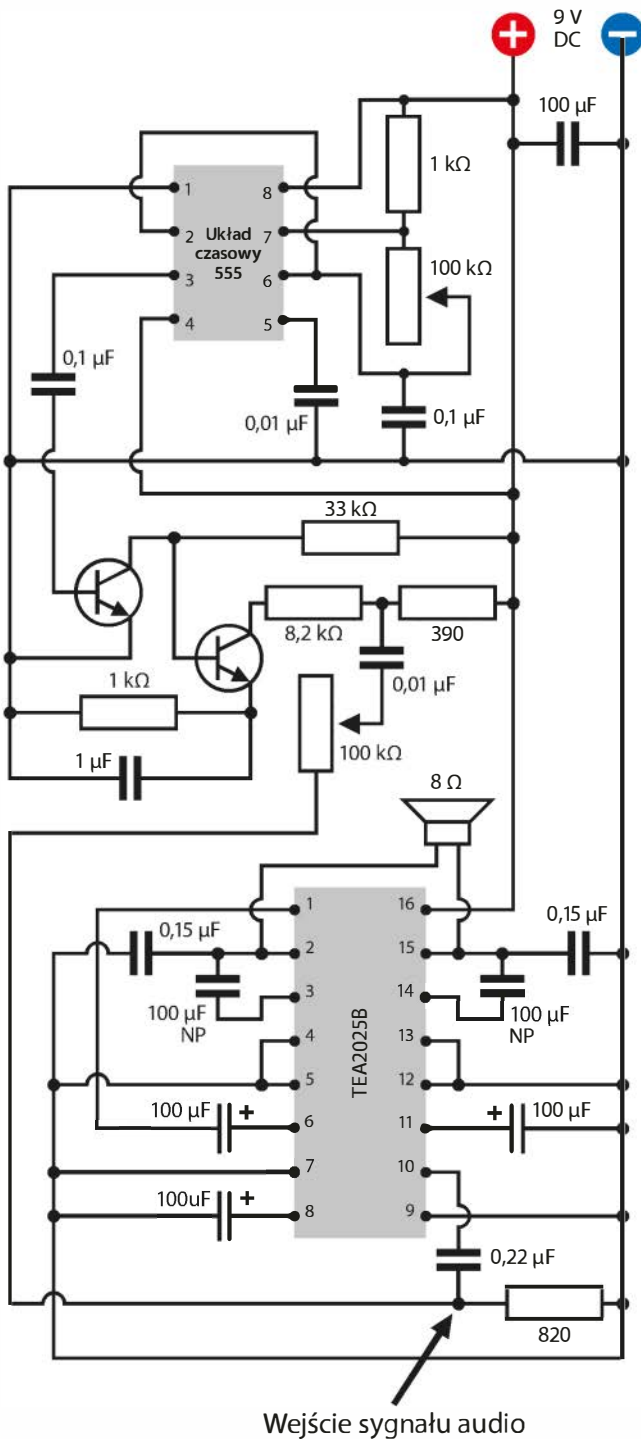
Po zasileniu układu użyj potencjometru 100 k Ω podłączonego do układu czasowego, aby ustalić odpowiednią częstotliwość dźwięku (tak jak robiłeś to poprzednio), a następnie zacznij kręcić potencjometrem przesterowania. Będziesz słyszał narastające zniekształcenie dźwięku, aż do momentu, kiedy generowany odgłos stanie się pełnym harmidrem.

Dwa tranzystory pełnią rolę wzmacniacza. Oczywiście, nie były nam one zupełnie potrzebne, ponieważ poziom sygnału wejściowego do wzmacniacza był już wcześniej na wyrost dobry. Celem tranzystora po lewej stronie jest zwyczajnie przesterowanie swojego sąsiada po prawej — w ten sposób powstaje efekt obcinania. Podwyższając sygnał wyjściowy z drugiego tranzystora przy użyciu potencjometru, doprowadzasz do przesterowania wejścia kości wzmacniacza, co jeszcze bardziej potęguje efekt.

Spróbuj pomajstrować przy sygnale wyjściowym, wstawiając inne wartości rezystora 1 k Ω i kondensatora 1 μ F umieszczonych pomiędzy emiterem drugiego tranzystora i ujemnym źródłem zasilania. Większy rezystor powinien zmniejszyć przesterowanie tranzystora. Zmiana pojemności powinna zwiększyć lub zmniejszyć „chrapliwość” dźwięku.

W sieci znajdziesz tysiące różnych schematów, których celem jest modyfikacja dźwięku pochodzącego z gitary. Układ zaproponowany przeze mnie jest jednym z najprostszych. Jeżeli chciałbyś mieć urządzenie bardziej wszechstronne, wpisz w wyszukiwarkę **przester gitarowy schemat**¹⁴.

¹⁴ Najwięcej wyników uzyskasz, przełączając wyszukiwarkę na stronę wyszukiwania obrazków — *przyp. tłum.*



Wejście sygnału audio

Rysunek 5.55. Aby w szybki sposób uzyskać efekt obcinania, wstaw dwa tranzystory pomiędzy wyjście układu czasowego 555 i wejście kości wzmacniacza. Pierwszy z tranzystorów doprowadza do przesterowania drugiego. Zmieniając położenie potencjometru w środku układu, możesz usłyszeć narastający chrapliwy i zniekształcony dźwięk

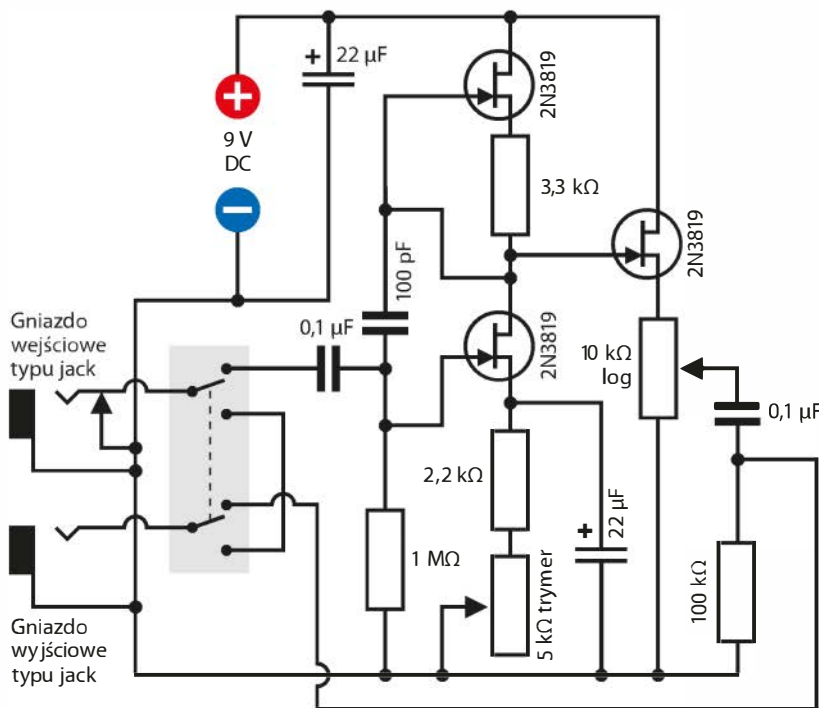
Początki stomp boxów

W 1962 roku zespół Ventures nagrał pierwszy singiel z wykorzystaniem *fuzz boxa*, zatytułowany *The 2000 Pound Bee*. Można śmiało powiedzieć, że był to jeden z najbrzydszych utworów instrumentalnych, jakie kiedykolwiek skomponowano. Zniekształcenia dźwięku użyto w nim jedynie jako ciekawostki, a uzyskany wynik musiał odstraszyć innych muzyków od poważnego potraktowania tej koncepcji.

Ray Davies z zespołu Kinks jest pierwszym artystą wykorzystującym zniekształcenia jako integralną część swojej muzyki. Davies świadomie zniekształcił dźwięk, podłączając wyjście jednego wzmacniacza do drugiego, najprawdopodobniej podczas nagrywania swojego przeboju *You Really Go Me*. To doprowadziło do przesterowania i wytworzyło efekt obcinania — podstawowy mechanizm używany do zniekształcania. Stąd bardzo szybko dochodzimy do Keitha Richardsa, który w roku 1965 użył urządzenia firmy Gibson o nazwie Maestro Fuzz-Tone, gdy jego

zespół (Rolling Stones) nagrywał (*I Can't Get No Satisfaction*).

W naszych czasach tysiące miłośników tego nurtu promuje różne metody „idealnego” zniekształcania dźwięku. Na rysunku 5.56 zamieściłem schemat, który stworzył Flavio Dellepiane — projektant układów elektronicznych z Włoch, udostępniający swoje prace za darmo (z niewielką pomocą pochodzącą od Google AdSense) pod adresem www.red-circuits.com. Dellepiane jest samoukiem, który większość swojej wiedzy zdobył, czytając magazyny elektroniczne, takie jak pochodzący z Wielkiej Brytanii „Wireless World”. W swoim obwodzie zniekształcającym używa wzmacniacza o bardzo dużym zysku, opartego na trzech tranzystorach z efektem polowym (FET), który dosyć wiernie imituje zaokrągloną falę prostokątną będącą typowym kształtem we wzmacniaczach z przesterowaniem.



Rysunek 5.56. Ten układ używa trzech tranzystorów do symulowania zniekształcenia podobnego do tego, jakie wytwarzane jest przez przesterowanie wejścia wzmacniacza estradowego. Zaprojektował go Flavio Dellepiane

Początki stomp boxów

Na swojej stronie Dellepiane oferuje szereg innych schematów zaprojektowanych i przetestowanych z użyciem trójkanałowego oscyloskopu, generatora przebiegów sinusoidalnych o bardzo małych zniekształceniach (pozwalającego na dostarczenie do urządzenia audio niemal idealnego sygnału), miernika zniekształceń i precyzyjnego miernika napięcia sygnału audio. To ostatnie urządzenie oraz oscylator zostały również zbudowane na podstawie jego własnych schematów. Można śmiało powiedzieć, że ta strona stanowi idealne miejsce dla elektroników hobbystów zainteresowanych dźwiękiem, którzy chcą samodzielnie zdobywać wiedzę.

Zanim wprowadzony został efekt dźwiękowy *fuzz*, znany był już efekt *tremolo*. Wiele osób myli go z *vibrato*, dlatego chciałbym od razu wyjaśnić różnicę między nimi:

- *Vibrato* zastosowane do dźwięku powoduje wahania jego częstotliwości w górę i w dół, tak jakby gitarzysta wyginał strunę.
- *Tremolo* zastosowane do dźwięku sprawia, że jego głośność zaczyna oscylować, tak jakby ktoś bardzo szybko kręcił pokrętką siły dźwięku w prawo i w lewo.

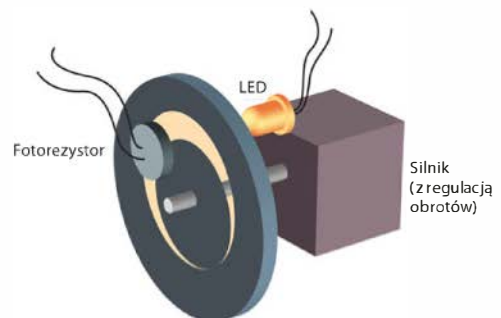
Pierwsze urządzenie typu *tremolo* — nazwane przez swojego twórcę Trem-Trol — sprzedał Harry DeArmond. Przypominało ono staroświeckie przenośne radio z dwoma pokrętkami na ścianie frontowej i rączką na górze. Prawdopodobnie ze względu na obniżenie kosztów produkcji DeArmond nie użył żadnych części elektronicznych. Jego *steampunkowy* Trem-Trol zawierał silnik z wałem stożkowym, na którym oparte było gumowe kółko. Kręcąc pokrętką, można było zmienić położenie kółka względem wału, co powodowało zmianę jego prędkości obrotowej. Gumowe kółko wprawiało w ruch małą kapsułkę z płynem, w której zanurzone były dwa przewody przenoszące sygnał audio. Przemieszczanie się kapsuły tam i z powrotem powodowało faliste ruchy płynu wewnątrz i stosowną zmianę rezystancji między elektrodami. To powodowało modulację dźwięku.

Dzisiaj to urządzenie jest antykiem o wartości kolekcjonerskiej. Jedno z nich zakupił projektant przemysłowy Dan Formosa i zamieścił jego zdjęcia w sieci (patrz

www.danformosa.com/dearmond.html), a Johann Burkard opublikował plik MP3 z dźwiękami generowanymi przez Trem-Trol — jeśli chcesz go posłuchać, zajrzyj pod adres johannburkard.de/blog/music/effects/DeArmond-Tremolo-Control-clip.html.

Na tym nie skończyła się moda na modyfikowanie dźwięków w sposób mechaniczny. Oryginalne organy Hammonda wytwarzały swoje unikalne, bogate dźwięki dzięki zestawowi kół zębatych obracanych przez silnik. Każde koło wytwarzało zmieniającą się indukcyjność w czujniku podobnym do głowicy nagrywającej w magnetofonach kasetowych.

Łatwo można sobie wyobrazić inne przykłady *stomp boxów* sterowanych mechanicznie. Wracając do *tremolo*, wyobraź sobie przezroczysty dysk zamalowany czarną farbą z wyjątkiem okrągłego paska zwężającego się w obu kierunkach. Jeśli w trakcie obracania się tego dysku będziesz oświetlał go jasnym światłem diody LED w miejscu, gdzie jest on przezroczysty, a z drugiej strony umieścisz fotorezystor, stworzysz urządzenie dające efekt *tremolo*. Mógłbyś nawet budować własne unikalne efekty *tremolo* przez podkładanie dysków z różnymi rodzajami prześwitów. Projekt takiego urządzenia pokazany został na rysunkach 5.57 i 5.58. Ktoś, kto lubi prawdziwe wyzwania, mógłby pokusić się o stworzenie automatycznego mechanizmu zmiany dysków.



Rysunek 5.57. *Chociaż elektromagnetyczne urządzenia audio wyszły z użytku, wciąż istnieją rozwiązania, których nikt jeszcze nie próbował. Przedstawione tutaj urządzenie mogłoby tworzyć różnorodne efekty tremolo, pod warunkiem że komuś chciałoby się je zbudować*

Początki stomp boxów

Współcześni gitarzyści mają do wyboru całe mnóstwo efektów, z których wszystkie mogą być zbudowane metodą chałupniczą dzięki planom dostępnym w sieci. Jeżeli chcesz się dowiedzieć więcej, zajrzyj do następujących książek:

- *Analog Man's Guide to Vintage Effects*, Tom Hughes, For Musicians Only Publishing, 2004. Jest to przewodnik po wszelkich możliwych *stomp boxach*, jakie tylko potrafisz sobie wyobrazić.
- *How to Modify Effect Pedals for Guitar and Bass*, Brian Wampler, Custom Books Publishing, 2007. Jest to niezwykle szczegółowy przewodnik dla osób początkujących o bardzo małej wiedzy. W chwili obecnej ta książka jest dostępna jedynie w wersji do pobrania (na przykład z serwisu www.openlibrary.org), ale jeśli dobrze poszukasz w internecie, być może uda Ci się dostać z drugiej ręki wersję drukowaną.

Oczywiście, możesz zawsze pójść na skróty i wydać kilkaset złotych na gotowe urządzenie prosto z półki

sklepowej, takie jak Boss ME-20, które generuje różnorodne efekty dźwiękowe (między innymi *metal*, *fuzz*, *chorus*, *phaser*, *flanger*, *tremolo*, *delay* *reverb*) dzięki cyfrowemu przetwarzaniu dźwięków, a całość ukryta jest w pojedynczej obudowie z kilkoma pedałami do naciskania. Znaczący temat będą oczywiście twierdzić, że „brzmienie” jest inne, ale nie w tym rzecz. Niektórzy z nas są w stanie zadowolić się jedynie skonstruowaniem własnego *stomp boxa*, a następnie zmodyfikowaniem go w taki sposób, aby generować dźwięk, którego nie jest w stanie powtórzyć żadne z gotowych urządzeń.



Rysunek 5.58. W wyimaginowanym urządzeniu elektromechanicznym z rysunku 5.58 można byłoby stosować dyski o różnych kształtach prześwitu, tworzących różne efekty tremolo

Eksperyment 31: Radio bez lutowania i zasilania

Powróćmy jeszcze raz do indukcyjności i pojemności, aby zademonstrować urządzenie, które również wykorzystuje mechanizm nakładania na siebie różnych kształtów fal. Chcę pokazać Ci prosty obwód, który bez jakiegokolwiek zasilania jest w stanie odbierać fale radiowe AM i zamieniać je w słyszalne dźwięki. Takie rozwiązanie jest określane mianem radia kryształkowego, ponieważ w obwodzie znajduje się dioda germanowa, która w swoim wnętrzu ma zabudowany kryształ. Ta koncepcja pochodzi z czasów, kiedy wynaleziono radio, ale jeśli do tej pory nie próbowałeś przeprowadzić tego eksperymentu, ominęło Cię coś naprawdę magicznego.

Potrzebne będą:

- twardy przedmiot w kształcie cylindrycznym; może to być na przykład opakowanie po witaminach, liczba: 1,
- drut 0,32 mm², ilość: 18 m,
- drut w postaci linki 1,3 mm², ilość: 30 m,
- lina wykonana z polipropylenu lub nylonu, ilość: 3 m,
- dioda germanowa¹⁵, liczba: 1,
- słuchawka o wysokiej impedancji¹⁶, liczba: 1.

¹⁵ Diody tego typu znajdziesz na przykład w serwisie www.allegro.pl — przyp. tłum.

¹⁶ Słuchawki tego typu oferuje na przykład sklep www.e-tonsil.pl — przyp. tłum.

Nie możesz użyć nowoczesnej słuchawki, takiej jaką posiadasz na przykład w swoim odtwarzaczu MP3.

Niektóre z potrzebnych części pokazane zostały na rysunku 5.59.

Musisz zacząć od wykonania cewki. Powinna mieć około 7,5 cm średnicy. Możesz nawinać ją wokół szklanki lub innego naczynia o podobnym rozmiarze (pod warunkiem że zachowuje ono sztywność). Plastikowa butelka po napoju nie przyda się do tego celu, ponieważ skumulowana siła zwojów może ją zdeformować (cewka nie będzie miała okrągłych zwojów).

Ja użyłem do tego celu opakowania po witaminach, które przypadkiem miało potrzebny rozmiar. Podgrzałem opalarką klej, którym przyklejona była etykieta, a następnie usunąłem ją (nie przesadzałem z ilością ciepła, aby nie stopić samej buteleczki). Na powierzchni pozostał klej, który usunąłem przy użyciu ksyłenu. Jest to rozpuszczalnik, który warto mieć pod ręką do usuwania napisów wykonanych „trwałymi” markerami, a także klejących plam, ale podczas jego stosowania należy koniecznie nosić lateksowe rękawiczki, aby uniknąć kontaktu substancji ze skórą i w miarę możliwości nie wdychać oparów. Zdolność do rozpuszczania plastików sugeruje, iż nie jest to substancja przyjazna Twoim płucom.

Kiedy będziesz miał już czystą i sztywną buteleczkę, wywierć w niej dwie pary otworów, tak jak pokazuje to rysunek 5.60. Wykorzystasz je do zamocowania końców cewki.

Teraz potrzebujesz około 18 metrów drutu o grubości 0,32 mm. Jeśli użyjesz drutu nawojowego, zwoje będą znajdować się bliżej siebie dzięki cieńszej izolacji i cewka będzie miała odrobinę większą wydajność, ale możesz również posłużyć się zwykłym winylowo zaizolowanym drutem. Praca z nim jest łatwiejsza.

Zacznij od zdjęcia około 15 cm izolacji z końca przewodu, następnie odmierź 127 cm zaizolowanej części i w tym miejscu przetnij izolację, zwracając uwagę, aby nie przeciąć samego przewodu. Pociągnij izolację paznokciem kciuka tak, aby odstąpić mniej więcej 1,5 cm drutu (rysunek 5.61). Teraz zegnij go w środku tak, aby powstała pętla (rysunek 5.62).

Właśnie utworzyłeś zaciski, do których będziesz mógł się podłączyć po nawinięciu cewki. Ten krok musisz powtórzyć jeszcze 11 razy, za każdym razem zachowując odstęp 127 cm. (Jeżeli Twoja buteleczka nie ma średnicy 7,5 cm, pomnóż jej faktyczną średnicę przez 16 i użyj tej wartości w zaokrągleniu jako odległości pomiędzy kolejnymi zaciskami).

Po wykonaniu 12 zacisków zdejmij 15 cm izolacji z drugiego końca przewodu i wygnij tę część w kształt litery U o szerokości mniej więcej 1,5 cm, tak abyś mógł przewlec go do wnętrza butelki przez jeden z otworów, a następnie z powrotem na zewnątrz, tworząc w ten sposób bezpieczny zaczep w postaci pętli.

Teraz nawiń resztę przewodu na buteleczkę, utrzymując go cały czas w naciągu, tak aby zwoje pozostawały blisko siebie. Kiedy dotrzesz do końca przewodu, przewlec go przez drugą parę otworów i zabezpiecz tak, jak pokazuje to rysunek 5.63. Na rysunku 5.64 widać gotowe uzwojenie.

Następny krok to przygotowanie anteny. Jeżeli mieszkasz w domu z własnym ogrodem, nie będzie z tym problemem. Otwórz okno i rozwiń na zewnątrz przewód o grubości 1,3 mm². Następnie wyjdź na zewnątrz i podciągnij swoją antenę, używając do tego celu liny z polipropylenu lub nylonu (powinieneś ją kupić bez problemu w każdym sklepie z materiałami budowlanymi). Powieś przewód na dowolnym drzewie, rynnie lub słupie. Całkowita długość przewodu powinna wynosić około 30 metrów. Twoim celem jest umieszczenie anteny jak najdalej od gruntu i wszelkich uziemionych obiektów.



Rysunek 5.59. Dołóż do tego zestawu drut i rdzeń, a będziesz miał wszystko, czego potrzeba do odbierania fal radiowych AM. Czarny dysk po przykręceniu do kondensatora o zmiennej pojemności (element z prawej strony zdjęcia) stanie się pokrętłem strojącym. Jest to dodatkowy element, bez którego można się obejść. Za wyprostowanie sygnału radiowego odpowiada dioda germanowa (w środku). Słabe dźwięki można usłyszeć dzięki słuchawce o wysokiej impedancji (na górze)



Rysunek 5.60. Duży pojemnik, o średnicy 7,5 centymetra, po witaminach nadaje się idealnie na rdzeń cewki radia kryształkowego. Wywiercone otwory pozwolą na zamocowanie drutu nawiniętego na butelce



Rysunek 5.61. Szczypce do zdejmowania izolacji pozwalają odstąpić goły drut 0,32 mm² na odcinkach o ustalonej długości



Rysunek 5.62. Każdy odstąpiony kawałek przewodu zostaje zawinięty w pętelkę z pomocą szczypiec o ostrych końcach



Rysunek 5.63. Koniec przewodu ze zdjętą izolacją jest zakotwiczony w otworach wywierconych w butelce



Rysunek 5.64. Gotowe uzwojenie nawinięte ściśle wokół buteleczki

Jeśli jesteś w mieszkaniu i nie masz dostępu do otwartej przestrzeni na zewnątrz, możesz spróbować rozpiąć antenę wokół pokoju, wieszając ją na kawałkach liny. Choć nie uda się jej rozpiąć na prostym odcinku, nadal powinna mieć około 30 metrów.

Podłącz antenę do jednego z końców cewki. W tym momencie musisz również dotaczyć diodę germanową, która działa podobnie do diody krzemowej, ale nadaje się lepiej do obwodów pracujących przy bardzo małych napięciach i prądach, z jakimi będziemy mieć do czynienia. Drugi koniec diody podłącz do jednego z przewodów prowadzących do słuchawki o wysokiej impedancji. **Nowoczesne słuchawki nie nadają się do tego eksperymentu.** Drugi z przewodów biegnących od słuchawki będzie łączył się z mostkiem, który będzie można podpinąć do dowolnego zacisku na cewce.

Jeszcze jedna modyfikacja i będziesz gotowy do rozpoczęcia strojenia. Musisz uziemić przewód mostkujący. Mam przez to na myśli podłączenie go do czegoś, co dosłownie wchodzi do ziemi. Najczęściej wspomnianym rozwiązaniem jest rura doprowadzająca zimną wodę, ale tylko, jeśli jest ona wykonana z metalu. Wiele wodociągów wykonuje się całkowicie z plastiku. Zanim zdecydujesz się uziemić przewód do kranu, zjrzyj do szafki pod zlewem i sprawdź, czy aby na pewno Twoje rury są metalowe.



Wysokie napięcie

Otacza nas świat, w którym króluje elektryczność. Zazwyczaj nie jesteśmy tego świadomi, ale wyładowania atmosferyczne w dosyć gwałtowny sposób przypominają nam, że między chmurami a ziemią występują ogromne różnice potencjałów.

Nie używaj anteny zewnętrznej, jeśli istnieje jakiegokolwiek prawdopodobieństwo pojawienia się piorunów. Takie postępowanie niesie ze sobą wielkie zagrożenie. Odtłącz koniec znajdujący się w domu, wyciągnij go na zewnątrz i dla bezpieczeństwa wepchnij ten koniec w ziemię.



Rysunek 5.65. Odebranie sygnału radiowego przy użyciu prostych komponentów i bez dodatkowego zasilania daje dużo satysfakcji

Inna możliwość to podłączenie anteny do śruby mocującej gniazdko elektryczne, ponieważ cała instalacja elektryczna w Twoim domu powinna być uziemiona. Najpewniejszym sposobem uzyskania dobrego uziemienia jest wyjście na zewnątrz i wbicie w dostatecznie wilgotną ziemię miedzianego słupka uziemiającego o długości około metra. Takie słupki sprzedawane są zwykle w sklepach z artykułami elektrycznymi (służą najczęściej do uziemiania sprzętu spawalniczego).

Gotowy odbiornik fal radiowych pokazują rysunki 5.66 i 5.67.

Jeżeli udało Ci się wykonać wszystko zgodnie z instrukcjami (z dowolnym uziemieniem anteny), nadeszła pora, aby dostroić radio do najbliższego nadajnika. Przepnij krokodyłek na ostatni z zacisków wystających z cewki. W zależności od tego, gdzie mieszkasz, możesz odebrać tylko jedną stację lub nawet kilka, przy czym niektóre będą się na siebie nakładać.

Może się wydawać, że wytwarzany sygnał powstaje z „niczego”, gdyż słuchawka generuje szum bez jakiegokolwiek źródła zasilania. W rzeczywistości istnieje jednak źródło zasilania — jest nim nadajnik umieszczony w stacji radiowej. Duży wzmacniacz przekazuje energię do wieży z anteną, modulując ustaloną częstotliwość sygnału. Kiedy połączenie Twojej anteny z cewką wejdzie w rezonans z tą częstotliwością, wytworzone napięcie wystarcza, aby zasilik słuchawkę o wysokiej impedancji.

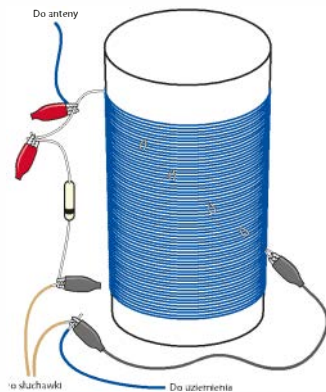
Tvoja antena musi mieć dobre uziemienie, ponieważ stacja radiowa nadaje swój sygnał mierzony względem gruntu. Inaczej mówiąc, ziemia zamyka obwód pomiędzy Tobą a nadajnikiem. Więcej informacji na ten temat, a także odnośnie innych koncepcji związanych z radiem, znajdziesz w sekcji zatytułowanej „Teoria. Jak działa radio”.

Udoskonalenia

Im wyżej umieścisz swoją antenę, tym lepiej powinna ona pracować. W mojej okolicy jest z tym pewien problem, ponieważ mieszkam na pustyni bez jakichkolwiek drzew. Mimo to udało mi się odebrać słaby sygnał radiowy po wyprowadzeniu przewodu anteny na zewnątrz przez okno i przymocowaniu jej (przy użyciu liny) do przedniego zderzaka samochodu.

Lepsze właściwości strojenia odbiornika możesz uzyskać, dodając kondensator o zmiennej pojemności (będzie o tym mowa w sekcji opisującej teoretyczne podstawy działania radia). Pozwoli on na bardziej precyzyjne dostrojenie obwodu do częstotliwości rezonansowej. Kondensatory o regulowanej pojemności są już rzadkością, ale powinieneś znaleźć je w wybranych sklepach elektronicznych oraz w serwisie www.allegro.pl¹⁷.

Zwróć uwagę na człowieka o nazwisku Simon Quellen Field, który na swojej stronie internetowej (www.scitoys.com) sugeruje wiele ciekawych projektów możliwych do zrealizowania we własnym domu. Jedną ze zmyślnych rad, jakie oferuje, jest zastąpienie diody germanowej w odbiorniku radiowym przez diodę LED o niskiej mocy połączoną szeregowo z 1,5-woltową baterią. Takie połączenie nie działa w moim przypadku, ponieważ mieszkam w odległości 65 kilometrów od najbliższego nadajnika AM. Jeżeli znajdujesz się w bliższej odległości, być może uda Ci się zobaczyć zmieniającą się jasność świecenia diody LED w rytm mocy emitowanej przez nadawcę audycji radiowej.



Rysunek 5.66. Sygnał z anteny przepływa przez cewkę do uziemienia. Po podłączeniu przewodu mostkującego z odpowiednim zaciskiem na cewce antena wchodzi w rezonans z sygnałem radiowym i powstaje dostatecznie duża różnica potencjałów, aby można było zasilik słuchawkę połączoną szeregowo z diodą



Rysunek 5.67. Rzeczywista wersja urządzenia z rysunku 5.66

¹⁷ Szukaj słowa „trymer” w dziale RTV i AGD, Elektronika — *przyp. tłum.*

Jak działa radio

Im wyższa częstotliwość sygnału, tym dalej można ją przesać (dzięki skumulowanej w środku energii). Jest to podstawowa zasada transmisji radiowych: napięcie o wysokiej częstotliwości jest przykładane do anteny nadawczej względem gruntu.

Mówiąc o gruncie w poprzednim zdaniu, mam na myśli dosłownie planetę pod naszymi stopami. Kiedy ustawisz antenę odbiorczą, może ona odbierać słaby ślad transmisji radiowej względem Ziemi, tak jakby ta była jednym ogromnym przewodnikiem. W rzeczywistości Ziemia jest tak duża i zawiera tak wiele atomów, iż może służyć jako wspólna masa — gigantyczny odpowiednik metalowej szafki na dokumenty zaproponowanej przeze mnie jako obiekt, którego powinieś dotknąć, aby pozbyć się statycznego ładunku elektrycznego, zanim weźmiesz do ręki kość typu CMOS.

Do wykonania nadajnika radiowego mógłbym wykonać układ czasowy 555 pracujący na częstotliwości, powiedzmy, 850 kHz (850 tysięcy cykli na sekundę). Wytworzony strumień impulsów przepuściłbym przez wzmacniacz w kierunku wieży nadawczej. Gdybyś był w stanie zablokować wszelką inną aktywność elektromagnetyczną w powietrzu, mógłbyś wykryć mój sygnał i wzmocnić go.

Właśnie taki cel chciał osiągnąć w roku 1901 Marconi (przedstawiony na rysunku 5.68) po zakupieniu praw patentowych do bezprzewodowego telegrafu od Edisona. Różnica między mną a nim polega na tym, że Marconi nie dysponował układem czasowym 555 i oscylacje musiał generować przy pomocy prymitywnego iskiernika. Jego transmisje radiowe miały bardzo ograniczoną użyteczność, ponieważ przesyłały tylko

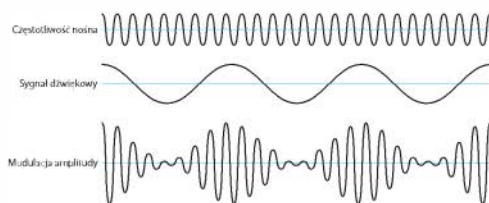


Rysunek 5.68. Marconi, wielki pionier radia. Źródło: Wikimedia Commons

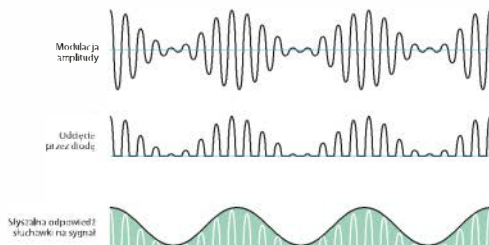
dwa możliwe stany: wysoki lub niski. Takie rozwiązanie pozwalało wysyłać jedynie komunikaty kodem Morse'a.

Pierwszy prawdziwy sygnał dźwiękowy został wysłany pięć lat później przez nałożenie niższych niskich częstotliwości audio na sygnał nośny o wysokiej częstotliwości. Inaczej mówiąc, sygnał audio został „dodany” do częstotliwości nośnej, w wyniku czego moc sygnału nośnego zmieniała się wraz ze zmianą kształtu fali dźwiękowej.

Po drugiej stronie bardzo proste połączenie kondensatora i cewki wykrywało częstotliwość nośną wśród szumu całego spektrum elektromagnetycznego. Wartości kondensatora i cewki były tak dobrane, aby ich połączenie wchodziło w rezonans na takiej samej częstotliwości, jaką miała fala nośna. Tę koncepcję ilustrują rysunki 5.69 i 5.70.

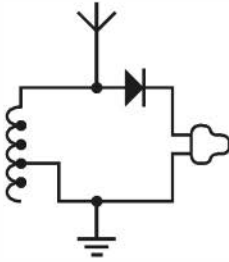


Rysunek 5.69. Kiedy sygnał dźwiękowy (w środku) zostanie połączony elektrycznie z sygnałem nośnym o wyższej częstotliwości (u góry), powstanie fala będąca kombinacją tych dwóch składowych (na dole). W rzeczywistych warunkach częstotliwość nośna jest znacznie wyższa od częstotliwości dźwięku (przykładowy stosunek tych częstotliwości to 1000 do 1)



Rysunek 5.70. Po przepuszczeniu zmodulowanego sygnału przez diodę pozostaje jedynie jego górna część. Słuchawka nie jest w stanie reagować dostatecznie szybko na zmiany sygnału o wysokiej częstotliwości i „wykrywa” jedynie jego szczyty, reprodukcją tym samym częstotliwość oryginalnego dźwięku

Jak działa radio (ciąg dalszy)



Rysunek 5.71. Antena u szczytu schematu odbiera słabe promieniowanie radiowe pochodzące z odległego nadajnika. Cewka po lewej stronie posiada wyprowadzenia co określoną liczbę zwojów, dzięki czemu jej rezonans może zostać dopasowany do częstotliwości nośnej sygnału radiowego. Pozostałe częstotliwości są uziemione (symbol u dołu schematu). Dioda przepuszcza górną połowę sygnału do słuchawki po prawej stronie, która nie jest w stanie reagować dostatecznie szybko, aby zreprodukować sygnał o wysokiej częstotliwości i dlatego zachowuje się jak filtr — wydobywa jedynie częstotliwości dźwięku nałożone na falę nośną

Rysunek 5.71 przedstawia schemat obwodu, który właśnie zbudowałeś, nawijając cewkę na butelczce po witaminach. Dodatni impuls po odebraniu przez antenę wchodził w rezonans z nią i rdzeniem pod warunkiem, że antena była odpowiednio długa, a cewka była podłączona do reszty obwodu po odpowiedniej liczbie zwojów.

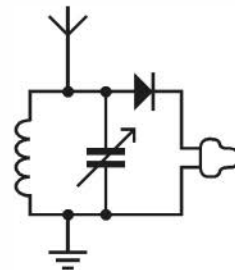
Obwód można dodatkowo dostroić przez dodanie kondensatora. Teraz impuls przychodzący z nadajnika jest początkowo blokowany przez samoindukcję cewki i jednocześnie ładuje kondensator. Jeśli po chwili odebrany zostanie identyczny impuls o ujemnej wartości, odpowiednio zsynchronizowany z wartościami cewki i kondensatora, spowoduje rozładowanie kondensatora i przewodzenie cewki. W ten sposób odpowiednia częstotliwość sygnału nośnego wprawia obwód w rezonans. Jednocześnie zmiany sygnału audio są zamieniane na wahania napięcia w obwodzie wtedy, gdy mają one największą siłę.

Co się dzieje z innymi częstotliwościami wychwytywanymi przez antenę? Niższe płyną wprost przez cewkę do uziemienia, a wyższe przez kondensator do uziemienia. Są zwyczajnie „odrzucone”.

Prawa część obwodu próbuje sygnał, przepuszczając go przez diodę germanową i słuchawkę. Moc pochodząca z nadajnika jest wystarczająca, aby wprawić w vibrację membranę słuchawki po tym, jak ujemna część sygnału została odcięta przez diodę.

Przyjrzy się ponownie wykresowi sygnału zmodulowanego amplitudowo. Zobaczysz, że zmiany sygnału w górę i w dół są tak gwałtowne, że słuchawka nie jest w stanie w żaden sposób nadażyć za zmianami potencjału z dodatniego na ujemny i odwrotnie — pozostaje w wiecznym zawieszeniu w środku między wartościami szczytowymi, nie wytwarzając żadnego dźwięku. Dioda rozwiązuje ten problem, odcinając dolną część „opakowania dźwięku” i pozostawiając jedynie dodatnie zmiany napięcia. Choć są one wciąż nagłe i małe, powodują przemieszczanie się membrany w jednym kierunku, a ta z kolei uśrednia je, reprodukując w ten sposób oryginalną falę dźwiękową.

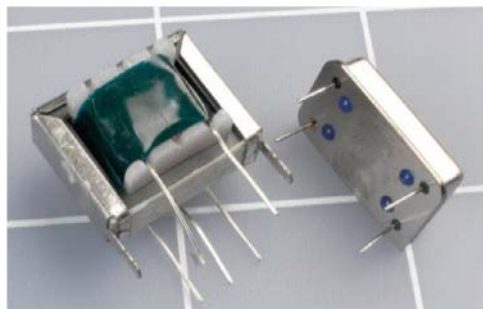
Rysunek 5.72 przedstawia obwód po wzbogaceniu go kondensatorem o zmiennej pojemności, który pozwala dostroić obwód bez konieczności przelączania się między wyprowadzeniami cewki.



Rysunek 5.72. Dodając do obwodu kondensator, można precyzyjniej sterować jego rezonansem. Strzałka biegnąca przez symbol oznacza, że jest to kondensator o regulowanej pojemności

Jak działa radio (ciąg dalszy)

Zbudowane radio jest w stanie odbierać sygnały stacji radiowych AM (pracujących z modulacją amplitudy), które nadają najsilniejsze sygnały w Twojej okolicy. Częstotliwości pracy tych nadajników znajdują się w przedziale od 300 kHz do 3 MHz. Jeżeli zainteresuje Cię technika radiowa, kolejnym krokiem będzie zbudowanie radia zasilanego energią i wykorzystującego kilka tranzystorów. Możesz również spróbować zbudować swój własny (legalny) nadajnik AM o niskiej mocy. Bardzo prosty zestaw tego typu znaleźć można na stronie www.scitoys.com. Jego dwa podstawowe elementy składowe to rezonator kwarcowy i transformator, pokazane na rysunku 5.73¹⁸.



Rysunek 5.73. Nadajnik radiowy AM można zbudować z zaledwie dwóch komponentów: transformatora (po lewej) i rezonatora kwarcowego (po prawej)



Rysunek 5.74. Mikrostytek posiada mały przycisk (tutaj z przodu po prawej stronie), często uruchamiany znajdującą się nad nim metalową dźwignią. Przełącznik reaguje na minimalny nacisk i jest w stanie przewodzić prąd o względnie dużych wartościach



Rysunek 5.75. Do robota w postaci małego wózka znalazłem silnik zasilany napięciem 5 V, do którego dołączone jest koło pasujące na jego wałek napędowy. Całość kosztowała około 30 złotych

Eksperyment 32: Robot w formie wózka

Robotyka jest kolejnym przykładem zastosowania elektroniki, któremu należałoby poświęcić zupełnie odrębną książkę, a nawet kilka. Dlatego, jeszcze raz, zamierzam ograniczyć się jedynie do wprowadzenia wzbogaconego o kilka sugestii, które pozwolą Ci pójść dalej w tym kierunku. Zaczęę tradycyjnie od najprostszego możliwego urządzenia, którym w świecie robotyki jest wózek potrafiący odnajdywać drogę w zamkniętym pomieszczeniu.

Potrzebne będą:

- mikrostyki SPST lub SPDT wymagające minimalnej siły do aktywacji; idealna byłaby siła pomiędzy 0,02 a 0,1 N, liczba: 2; patrz rysunek 5.74,
- silnik prądu stałego zasilany napięciem pomiędzy 5 a 12 V i pobierający maksymalnie 100 mA prądu bez obciążenia; prędkość obrotowa wału pomiędzy 30 a 60 obrotów na minutę; liczba: 1; silnik tego typu pokazany został na rysunku 5.75,
- koło pasowe lub ramię pasujące do wału silnika, liczba: 1,
- układ czasowy 555, liczba: 1,
- przełącznik DPDT (bez zatrasku) zasilany takim samym napięciem jak silnik, liczba: 1,
- sklejka drewniana lub plastikowa płyta o grubości około 0,5 cm i powierzchni około 0,6 m²,
- wkręty do drewna M4 o długości około 20 mm, liczba: 24,
- śruby M6 o długości około 20 mm z nakrętkami, liczba: 24,
- sworznie o średnicy 5 mm i długości 2,5 cm z nakrętkami do zamontowania kół, liczba: 4.

¹⁸ Zestawy tego typu dostępne w Polsce znajdziesz, wpisując do wyszukiwarki słowa „zestaw nadajnik AM” — *przyj. tłum.*

Nie wskazuję żadnego konkretnego modelu silnika, ponieważ kiedy będziesz czytał tę książkę, może on być już niedostępny. Czasy życia silników odbiegają zupełnie od czasów życia układów logicznych, które mimo licznych modyfikacji wraz z upływającym czasem nadal zachowują swoje podstawowe funkcje. Silniki pojawiają się i znikają. Wiele z nich stanowi części zapasowe, które nie pojawiają się nigdy więcej na rynku. Szukaj w sieci „silników z przekładnią” lub „silników do robotów” i wybierz taki o parametrach zbliżonych do podanych na liście zakupów. Siła mechaniczna silnika nie powinna odgrywać większej roli, ponieważ nie będziemy wymagać od robota wykonywania konkretnej pracy.

Podczas wyboru silnika powinieneś pamiętać, że na jego wale będziesz chciał umieścić jakiś element. Zazwyczaj będzie to koło pasowe lub ramię, które powinno dać się przykręcić. Do niego będziesz mógł następnie dotożyć większe koło własnej produkcji (wycięte otwornicą, przerobione z pokrywki do słoika lub innego przedmiotu, który znajdziesz w domu).

Większe koło pozwoli na szybsze poruszanie się wózka, ale przez to zmniejszy jego moment obrotowy i w konsekwencji zdolność do pokonywania przeszkód.

W ten sposób dochodzimy do kolejnego tematu: konstrukcji. Choć jest to książka poświęcona elektronice, silniki są urządzeniami elektromechanicznymi, które trzeba umieć zamontować w jakiejś maszynie, aby uzyskać interesujące wyniki. Do realizacji dwóch małych projektów z tej sekcji możesz wykorzystać zwykłą sklejkę (byłoby dobrze, gdyby była ona cienka i dobrej jakości — taki typ materiału sprzedają sklepy dla hobbystów), ale ja polecam inny materiał, o wiele łatwiejszy w obróbce: plastik ABS. Zanim przystąpisz do budowy wózka, zajrzyj do sekcji „Podstawy. Wszystko o plastiku ABS”.

PODSTAWY

Wszystko o plastiku ABS

O ile nie jesteś fanem *steampunku*, prawdopodobnie nie chcesz, aby Twój autonomiczny robot przypominał relik z osiemnastego wieku, a to oznacza, że drewno nie będzie najlepszym materiałem do jego budowy. Wskazany byłby metal, ale konstruowanie przy jego pomocy nie jest łatwe. Natomiast plastik zapewnia szybki efekt, odpowiedni dla XX (a nawet dla XXI) wieku. Moim zdaniem najlepszy dla tego projektu będzie plastik ABS (akrylonitryl-co-butadien-co-styren). Z tego typu plastiku wykonywane są klocki Lego®, panele radioodbiorników samochodowych, a także modele pociągów. Ty również możesz go używać (ciąć, przewiercać, matować, strugać i wkręcać śruby) bez obawy o to, że zostanie wypaczony lub powstaną w nim odpryski. Jest zmywalny, nie trzeba go malować i ma niemal nieskończoną trwałość.

Innym typem plastiku jest polioksymetylen, ale jest on droższy i trudniej wierci się w nim otwory. Wybór jest kwestią osobistych preferencji. ABS całkiem dobrze poddaje się obróbce, ale podczas wiercenia zdarza się, że wiertło „chwytą” wiercony przedmiot i zaczyna nim obracać. Wynika to ze sposobu, w jaki wiertło odrywa fragmenty wierconego plastiku. Polioksymetylen cechuje się naturalną smarownością oraz posiada lepsze właściwości topiące w wyniku działania ciepła powstałego w procesie obróbki, dlatego cięcia i otwory w tym materiale wyglądają czystziej niż w plastiku ABS.

Gdzie znaleźć plastik ABS

Płyt o powierzchni kilkudziesięciu centymetrów kwadratowych szukaj w sklepach internetowych przeznaczonych dla hobbystów. Jeżeli chcesz zaoszczędzić pieniądze, poszukaj hurtowni sprzedającej materiały z plastiku o dużych powierzchniach (na przykład w postaci płyt 1×2 m). Do wyszukania adresów lokalnych hurtowni wykorzystaj Mapy Google, ustawiając domyślną lokalizację na miejsce swojego zamieszkania.

Plastik ABS występuje najczęściej w kolorach czarnym, białym i „naturalnym” (beżowym). Płyty posiadają zazwyczaj teksturę na jednej ze stron i tą stroną powinny być skierowane na zewnątrz, ponieważ jest ona bardziej odporna na zarysowania od drugiej, bardziej gładkiej powierzchni.

Ponieważ nie będziesz malował ani dekorował w inny sposób, musisz bardzo uważać, aby nie zdrzeć lub zarysować plastiku w trakcie prac. Przed rozpoczęciem uprzątnij dokładnie swój stół, zwracając szczególną uwagę na wszelkie metalowe odpadki, które mają zwyczaj wbijać się w plastik. Użyj drewnianych podkładek w szczękach imadła i unikaj przypadkowego kładzenia plastiku na wszelkich obiektach o ostrych krawędziach (takich jak narzędzia czy śruby). Praca z plastikiem ABS wymaga czystego otoczenia i bardzo delikatnego podejścia.



Jak ciąć plastik ABS

Plastik ABS nadaje się do cięcia, ale jeśli użyjesz piły elektrycznej, będzie się on topił i przywierał do powierzchni tarczy. Podczas cięcia następnego kawałka materiału plastik na tarczy rozgrzeje się i zacznie przywierać do ciętego materiału. Uzyskany efekt będzie daleki od zadowalającego. Dodatkowo wirujące ostrze może pochwycić cięty plastik i cisnąć nim w Twoim kierunku z siłą wystarczającą do połamania kości. To zjawisko odrzutu stanowi poważne ryzyko podczas cięcia plastiku.

Jeżeli często używasz piły tarczowej, ryzyko doznania urazu jest jeszcze większe, ponieważ odruchy i zasady bezpiecznego postępowania, jakie stosujesz podczas pracy z drewnem, są nieadekwatne podczas pracy z plastikiem. Proszę, abyś potraktował to ostrzeżenie poważnie!

Pierwszym i najbardziej oczywistym środkiem ostrożności jest użycie tarczy do cięcia plastiku, która posiada większą liczbę grubszych zębów w celu zapewnienia lepszej absorpcji ciepła. Ja użyłem tarczy Freud 80T¹⁹, ale istnieją również inne. Jeżeli użyjesz nieodpowiedniej tarczy, zobaczysz, że zaczynają się na niej tworzyć kleiste plamy. To powinno być dla Ciebie wystarczające ostrzeżenie, aby przerwać pracę. Wyczyść tarczę jakimś rozpuszczalnikiem (na przykład acetonem) i nie używaj jej więcej do cięcia plastiku ABS.

Niezależnie od innych środków ostrożności podczas cięcia piłą tarczową powinieneś zawsze nosić okulary ochronne i stać z boku ostrza, podkładając materiał do cięcia. Z własnego doświadczenia mogę dodać, że po jednym epizodzie odrzutu, po którym spodziewałem się stwierdzenia złamania ręki, wolę nie używać piły stołowej do cięcia plastiku.

Jeżeli chcesz wykonać długie, proste cięcia, masz do wyboru następujące alternatywy:

- Piła panelowa (duża i droga, ale bezpieczna i odpowiednia do tego celu).
- Miniaturowa piła elektryczna trzymana w ręku, z tarczą o średnicy około 10 cm i prowadnicą przymocowaną do obudowy.
- Piła ręczna. To opcja, którą polecam jako przedstawiciel starej szkoły. Moje ulubione narzędzie to piła japońska (Vaughan Extra-Fine Cross-Cut Bear Saw o długości 9,5 cala i 17 zębach na cal²), która tworzy bardzo eleganckie cięcia. Tnąc taką piłą, musisz pamiętać, aby trzymać wolną rękę z daleka od miejsca cięcia, ponieważ może ona odskoczyć w najmniej spodziewanej chwili. Piły japońskie przeznaczone są do cięcia twardych materiałów, takich jak drewno, dlatego z łatwością tną materiały bardziej miękkie. Pracę należy wykonywać w rękawicach.



Rysunek 5.76. Niebezpieczeństwo odrzutu. Plastik z łatwością przywiera do tarczy tnącej i może zostać wyrzucony w Twoim kierunku. Użyj innego narzędzia do cięcia plastiku

¹⁹ Ta tarcza jest niedostępna na naszym rynku. Szukaj w sieci frazy „tarcze do cięcia plastiku” lub „piły do plastiku” — *przyp. tłum.*

²⁰ W Polsce piły japońskie oferuje między innymi firma Stanley — <http://www.stanleyworks.pl> — *przyp. tłum.*

Wycinanie otworów

Wycinanie otworów jest w miarę bezpieczne, chociaż nawet podczas takiej pracy nie należy zapominać o rękawicach i okularach ochronnych. Preferowane przeze mnie narzędzia to:

- Piła taśmowa z ostrzem 3/8 lub 1/4 cala przeznaczonym do cienkiego drewna lub sklejk.
- Wyrzynarka. Ja mam słabość do modelu DeWalt XRP i ostrzy firmy Bosch zaprojektowanych do cięcia twardego drewna lub plastiku. To narzędzie tworzy skomplikowane wycięcia w plastiku ABS tak łatwo jak nożyczki tnące papier.

Niezależnie od tego, jakiego typu piły użyjesz, będziesz musiał wygładzić ostre krawędzie powstałe w wyniku cięcia. Do tego będzie Ci potrzebny gratownik, który powinieneś dostać w większości sklepów z narzędziami. Do zaokrąglania rogów idealnie nadaje się szlifierka oscylacyjna. Wszelkie nierówności możesz zlikwidować przy użyciu pilnika.

Różne rodzaje narzędzi tnących zostały przedstawione na rysunkach od 5.77 do 5.80. Na rysunku 5.81 widać gratownik, a na rysunku 5.82 szlifierkę.



Rysunek 5.77. Piła taśmowa jest idealnym narzędziem do wycinania skomplikowanych kształtów w plastiku. Najtańsze urządzenia tego typu kosztują około tysiąca złotych



Rysunek 5.78. Ręczna piła tarczowa tnąca plastik wzdłuż prostej krawędzi jest znacznie bezpieczniejsza od piły stołowej i pozwala na uzyskanie cięcia o podobnej jakości



Rysunek 5.79. Te piły w stylu japońskim tną w chwili, kiedy je ciągniesz, a nie popychasz. Uzyskanie precyzyjnych cięć wymaga odrobiny praktyki. Ze względu na miękkość plastiku ABS cięcie tym narzędziem nie wymaga zbyt dużej siły



Rysunek 5.80. Ta wyrzynarka firmy DeWalt może pracować z bardzo małą prędkością, pozwalając na tworzenie precyzyjnych cięć w plastiku



Rysunek 5.81. Kilka ruchów gratownika pozwala usunąć niepotrzebne resztki materiału pozostające na krawędzi cięcia



Rysunek 5.82. Zwykła szlifierka lub szlifierka oscylacyjna nadają się idealnie do zaokrąglania rogów plastikowych powierzchni



Przygotowanie projektu

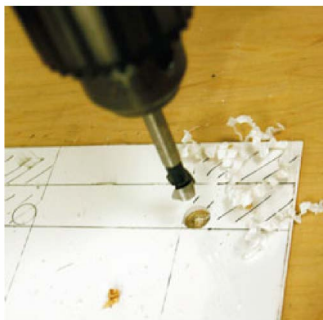
Kiedy pracuję nad takim projektem, lubię przygotować sobie plan przy użyciu oprogramowania do rysowania, a następnie wydrukować wszystko w rzeczywistej skali. Przyklejam rysunki do gładkiej strony kawałka plastiku i używam punktaka do zrobienia śladów w miękkim plastiku przez kartkę papieru. Następnie usuwam rysunek i łączę powstałe punkty, rysując bezpośrednio na plastiku miękkim otówką lub zmywalnym pisakiem o wąskiej końcówce. Powstałe ślady będę mógł później usunąć przy użyciu szmatki. Nie używaj wodoodpornego markera, ponieważ rozpuszczalniki potrzebne do jego zmycia mogą wejść w reakcję z plastikiem.

Ponieważ plastik ABS ma tendencję do pęknięcia podczas zaginania w okolicach wewnętrznych krawędzi, które nie są wyprofilowane pod łagodnym kątem, musisz w tych miejscach wywiercić otwory (miejsca takich wierceń widoczne są na planach wózka — patrz rysunek 5.92).

Zwykle wiertło 12-milimetrowe jest zbyt „agresywne”, będzie miało tendencję do klinowania się w plastiku po wykonaniu jednego obrotu. Otwory o równych krawędziach uzyskasz, stosując wiertła przeznaczone do drewna (patrz rysunki 5.83 i 5.84).

Pamiętaj, że ciepło wytwarzane podczas zaginania może powodować powstawanie trwałych śladów w plastiku.

Rysunek 5.83. Wiertło do drewna tworzy czyste, precyzyjne otwory. Duże, tradycyjne wiertło „rozciąga” plastik, sprawiając, że otwór traci oczekiwany kształt i wygląda brzydko



Zaginanie

Plastik ma tę przewagę nad drewnem, iż można z jego pomocą tworzyć bardzo złożone kształty przez zaginanie, zamiast cięcia na oddzielne fragmenty, a następnie łączenia przy użyciu wkrętów, gwoździ czy kleju. Zginanie wymaga jednak odpowiedniego narzędzia — długiego podgrzewanego elektrycznie elementu zamontowanego w cienkiej metalowej obudowie — które kładziesz na swoim stole roboczym. Ja używam zaginarki firmy FTM, która oferuje różnego rodzaju gadżety do pracy z plastikiem. Ich najtańsza zaginarka pokazana na rysunku 5.85 kosztuje około 200 dolarów i ma mniej więcej 60 cm długości²¹.



Unikaj poparzeń podczas zaginania

Zaginarka do plastiku potrafi mocno poparzyć skórę, jeśli przypadkiem oprzesz na niej dłoń. W przypadku urządzeń nieposiadających sygnalizacji pracy bardzo łatwo można zapomnieć, że urządzenie jest włączone. Używaj rękawic!

Aby wygiąć plastik, połóż go na rozgrzanym elemencie zaginarki i pozostaw tam przez chwilę (około 25 do 30 sekund w przypadku plastiku o grubości 3 mm, 40 do 45 sekund w przypadku plastiku o grubości 5 mm i mniej więcej minutę dla plastiku powyżej 6 mm). Jeżeli zbyt szybko rozgrzejesz plastik, poczujesz smród, a po odwróceniu tworzywa przekonasz się, że przypomina brązowy przypalony kawałek sera. Powinieneś wypracować umiejętność dostatecznie szybkiego reagowania, aby unikać doprowadzania plastiku do takiego stanu.

Rysunek 5.84. Wierząc otwory w wewnętrznych rogach, gdzie spotykają się krawędzie wygięcia, zmniejszasz ryzyko pęknięcia plastiku



Rysunek 5.85. Wykonanie precyzyjnego wygięcia w plastiku ABS sprowadza się do oparcia go na zaginarkę zawierającą elektryczny element grzejny

²¹ Produkty tej firmy są niedostępne w naszym kraju. Zaginarek szukaj w serwisach poświęconych plastikom, na przykład na stronie www.tworzywa.com.pl — *przyp. tłum.*

Kiedy plastik „poddaje się” po przyłożeniu niewielkiej siły, jest gotowy do wyginania. Zdejmij go z zaginarki i wygnij **z dala** od miejsca, w którym był podgrzewany. Jeśli będziesz wyginał powierzchnię w kierunku rozgrzanej strony, plastik wypiętrzy się w miejscu zgięcia, co nie będzie wyglądać zbyt ładnie.

Masz około pół minuty na modelowanie. Kiedy uzyskasz interesujący Cię kształt, ochłodź rozgrzaną część przy użyciu rozpylacza lub lejąc wodę z wyciśniętej gąbki. Jeśli zabrakło Ci czasu, możesz podgrzać plastik ponownie. Siła potrzebna do wykonania zagięcia jest proporcjonalna do jego długości, dlatego zgięcie długiej krawędzi jest trudne. Ja zazwyczaj umieszczam plastik w poluzowanym imadle, wyginam go odrobinę, następnie przesuwam się w bok i znowu trochę wyginam.

Wyginanie plastiku przypomina trochę tworzenie obiektów metodą origami, dlatego zanim przystąpisz do właściwego działania, dobrym pomysłem jest wykonanie modelu swojego projektu z papieru.

Nawet jeśli nie chcesz wydawać pieniędzy na zaginarkę, nie porzucaj pomysłu używania plastiku — skręcanie plastikowych ścianek wkrętami jest o wiele łatwiejsze i wygodniejsze niż w przypadku drewnianej sklejki.

Wykonywanie połączeń pod kątem 90 stopni

Wkręcanie wkrętów w krawędź sklejki niemal zawsze prowadzi od oddzielenia jej warstw. Plastik nie ma warstw (czy też słojuwania) i nigdy nie ulega rozwarstwieniu. Dzięki temu możesz z łatwością połączyć dwa kawałki tego materiału pod kątem 90 stopni, używając małych wkrętów (na przykład M3 o długości 15 mm).

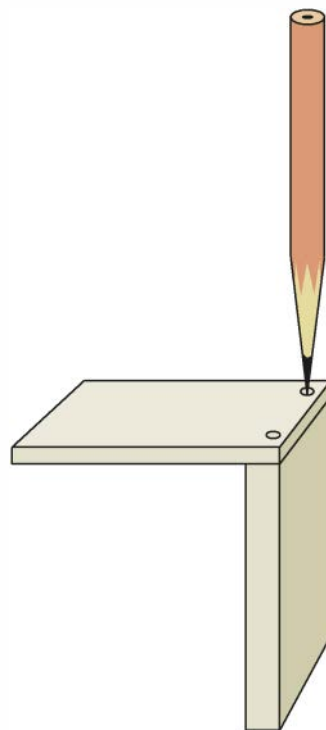
Rysunki od 5.86 do 5.90 pokazują procedurę połączenia plastikowej płyty o grubości 3 mm (lub większej) z płytą 6 mm (jest to minimalna grubość pozwalająca na wkręcenie wkrętów w krawędź):

1. Wykonaj linię pomocniczą na cieńszym kawałku plastiku, w odległości 3 mm od jej krawędzi. Dla wkrętów M3 wykonaj otwory przy użyciu wiertła 3 mm. Jeżeli używasz wkrętów o płaskich główkach, poszerz delikatnie otwory od góry.



Rysunek 5.86.

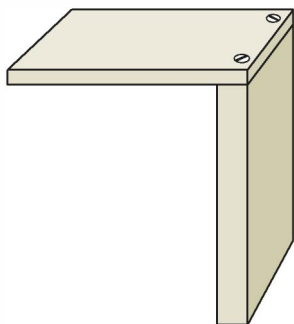
2. Przytrzymaj oba kawałki w docelowej pozycji i zaznacz miejsca wierceń na grubszym kawałku plastiku, wkładając ołówek w otwory wywiercone przed chwilą w cieńszym kawałku plastiku.
3. Odłóż na bok cieńszy kawałek plastiku, a grubszy zmocuj w imadle. Wywierć otwory prowadzące w zaznaczonych punktach (powinny wypaść na środku grubości tego kawałka). Ponieważ plastik nie ulega ściśnięciu w takim samym stopniu jak drewno, otwory muszą być większe, niż się tego spodziewasz. W przeciwnym wypadku plastik zostanie wypchnięty wokół wkrętu. Dla wkrętów M3 odpowiednie będzie wiertło 2,5 mm.
4. Skręć obie części. Nie dokręcaj śrub zbyt mocno, tak aby główki nie zatopily się głęboko w plastiku.



Rysunek 5.87.



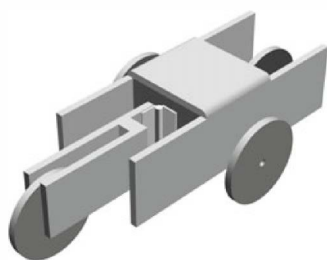
Rysunek 5.88.



Rysunek 5.89. Rysunki od 5.86 do 5.89 ilustrują cztery kroki potrzebne do połączenia dwóch kawałków plastiku ABS przy użyciu metalowych wkrętów M3. Wywierć dwa otwory wiertłem 3 mm w odległości 3 mm od krawędzi, następnie zaznacz miejsca wierceń w drugim kawałku plastiku przez otwory wywiercone w pierwszym. Wywierć otwory wiertłem 2,5 mm dokładnie w środku krawędzi drugiego kawałka plastiku, a następnie skręć je razem



Rysunek 5.90. Trzy wkręty M3 wkręcone w krawędź plastikowej płyty ABS, w której otwory prowadzące zostały wywiercone wiertłami o średnicach, odpowiednio, 1,5 mm, 2 mm i 2,5 mm. Ponieważ dwa pierwsze są zbyt małe, plastik owinał się wokół wkrętu, ale nie przerwał ciągłości materiału



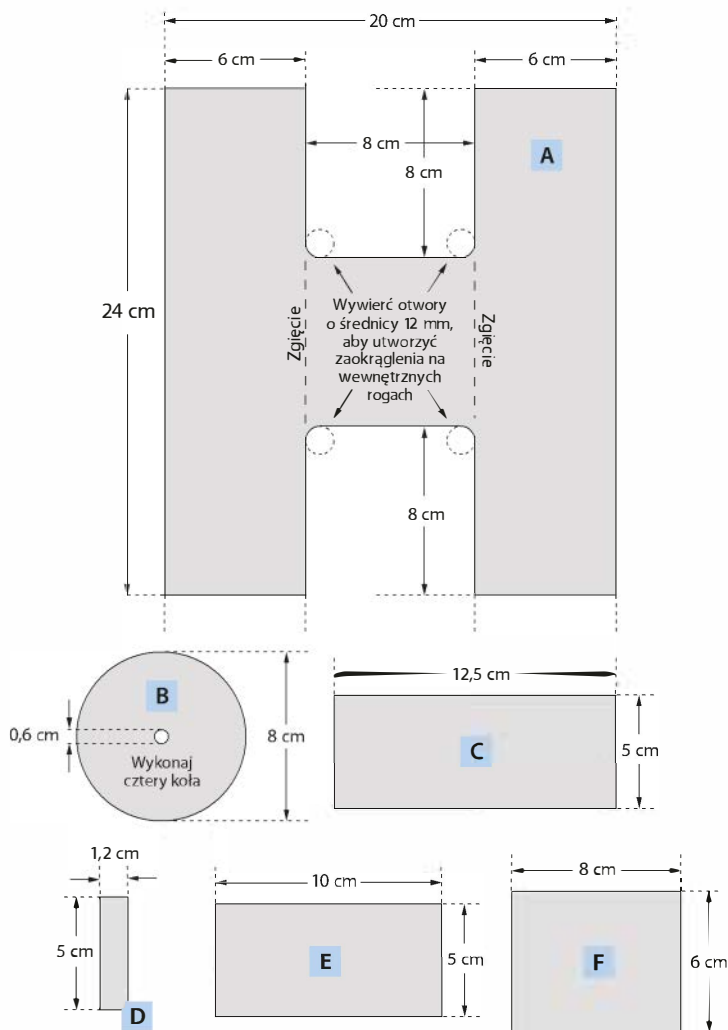
Rysunek 5.91. Jeżeli posiadasz oprogramowanie do modelowania 3D, możesz wykorzystać je do sprawdzenia wykonalności projektu, zanim zaczniesz przycinać materiał i dopasowywać kawałki do siebie. Ten rysunek stanowił sprawdzenie wykonalności projektu robota w postaci wózka

Konstruowanie wózka

Z powodów, które już niedługo staną się oczywiste, wybrałem ułożenie kół, które przypomina romb. Przednie koło (patrz rysunek 5.91) zapewnia napęd, koło umieszczone na samym tyle steruje wózkiem podczas wycofywania, natomiast boczne zapobiegają przewróceniu się na bok.

Ponieważ Twój silnik może mieć inny kształt i wymiary od mojego, musisz sam zaprojektować sposób jego montażu. Możesz przymocować go do ramy za pomocą plastikowych spinek do przewodów, taśmy klejącej lub nawet gumowych pasków. Wykonujemy tutaj prototyp, a nie rzecz na pokaz (jeśli cały projekt Ci się spodoba, będziesz mógł go później przebudować do ładniejszej postaci).

Projekt na rysunku 5.92 pokazuje wszystkie części składowe, których będziesz potrzebował. Część A stanowi główny element wózka. Jeżeli zamierzasz wygiąć go z jednego kawałka plastiku ABS, powinieneś wywiercić dwunastomilimetrowe otwory wiertłem do drewna na czterech wewnętrznych rogach. Dzięki temu ich krawędzie będą zaokrąglone. Gdybyś wyciął niepotrzebne fragmenty, pozostawiając krawędzie pod „ostrym” kątem 90 stopni, mogłoby dojść w tych miejscach do pęknięć podczas zaginania. Jeżeli nie masz zaginarki do plastiku, możesz wykonać część A z trzech niezależnych kawałków plastiku, a następnie przykręcić je do siebie.



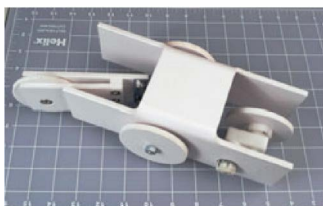
Rysunek 5.92. Przedstawione części z plastiku o grubości 6 mm po złożeniu utworzą prosty wózek opisywany w eksperymencie numer 32

Część B to koło. Będziesz potrzebował czterech. Ja wyciąłem je przy użyciu 7-centymetrowej otwornicy. Do przedniego koła należy przykręcić koło pasowe lub ramię pasujące do wałka Twojego silnika. Patrz rysunek 5.93.

Części C, D i E tworzą jarzmo, w którym zamontowane jest tylne koło. Oś skrętna powstała przez połączenie jarzma z wózkiem za pomocą zawiasu o wysokości 5 cm. Zawias jest przymocowany do części F znajdującej się mniej więcej w środku wózka. Analiza rysunków 5.94 i 5.95 pozwoli Ci lepiej zrozumieć, gdzie trafia każdy z plastikowych elementów wózka. Montując część F, przykręć ją jedynie dwoma wkrętami, po jednym z każdej strony. W ten sposób będziesz mógł zmienić jej kąt nachylenia, dostosowując jednocześnie kontakt kół z podłożem.



Rysunek 5.93. 8-centymetrowe koło z przykręconym kołem pasowym pasującym do wałka silnika



Rysunek 5.94. Wózek po zmontowaniu, ale przed dodaniem elektroniki. Koło na prawym końcu zapewnia napęd. Koło na zawiasie z tyłu pozwala wózkowi na jazdę po prostym torze przy ruchu w przód, ale będzie powodować skręt podczas cofania



Rysunek 5.95. Zbliżenie tylnego koła na zawiasie, które obraca się swobodnie i może przemieszczać się z jednej strony na drugą (tam, gdzie napotka mniejszy opór)

Koła boczne oraz tylne muszą obracać się bez oporów, ale z drugiej strony nie powinny być chybotliwe. Taki stan można osiągnąć, dokręcając nakrętki na śrubach stanowiących osie kół do momentu, kiedy pusta przestrzeń dzieląca koło od reszty wózka wyniesie około pół milimetra. Na koniec dodałem jeszcze kroplę kleju Loctite, aby zapobiec poluzowaniu nakrętek.

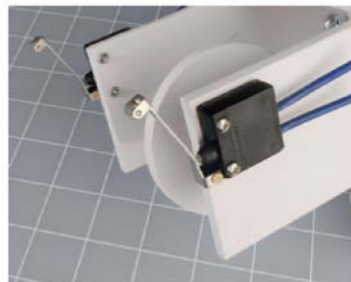
Plan wózka nie pokazuje, w którym miejscu dokładnie należy wywiercić otwory dla śrub będących osiami kół, ponieważ ta lokalizacja zależeć będzie od rozmiaru Twoich kół. Odpowiednie miejsce wypracujesz sam w trakcie montażu. Zwróć jedynie uwagę, aby koła nie były zamontowane zbyt nisko. Nie chcemy, aby ich pozycja spowodowała uniesienie przedniego lub tylnego koła ponad powierzchnię podłogi. Nie zaszkodzi, jeśli boczne koła będą minimalnie wyżej od podłogi w porównaniu z kołami przednim i tylnym.

Jeżeli w Twoim domu podłogi wykonane są z płytek ceramicznych lub drewnianego parkietu, lepsze właściwości trakcyjne uzyskasz, owijając każde z kół grubym kawałkiem gumy.

Najważniejszą rzeczą podczas konstruowania wózka jest zamocowanie mikrostyków w miejscach zapewniających ich zadziałanie w chwili, kiedy wózek wjedzie w przeszkodę. Ja zamocowałem swoje na przednich narożnikach wózka (patrz rysunki 5.96 i 5.97). I w ten sposób dotarliśmy do momentu, kiedy możemy powrócić do elektroniki.



Rysunek 5.96.

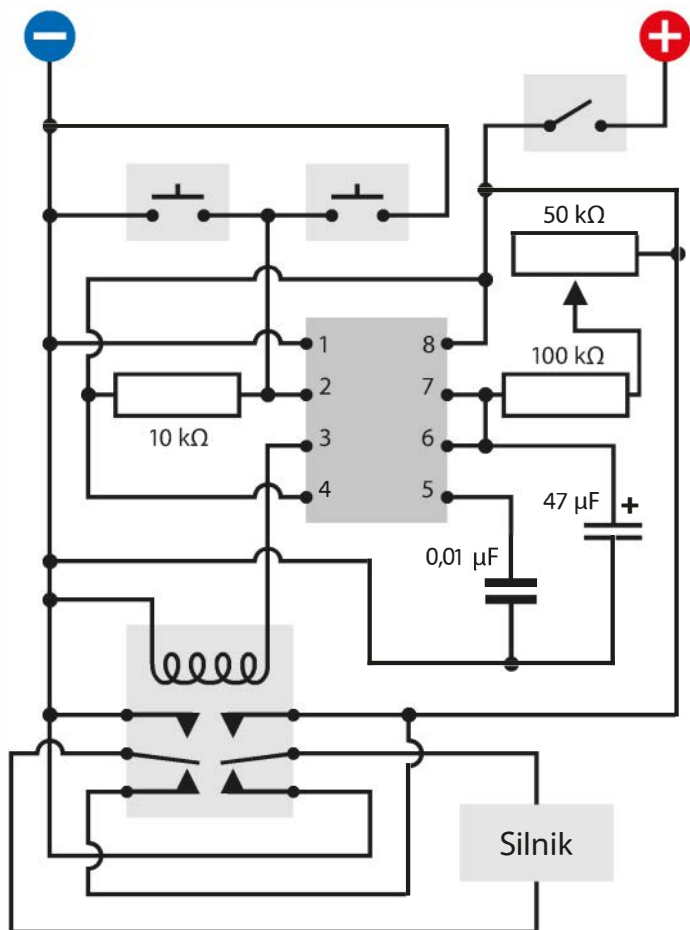


Rysunek 5.97. Dwa mikrostyki z metalowymi wypiętkami zamontowane po obu stronach wózka. Ich zadaniem będzie wykrywanie przeszkód

Obwód

Schemat jest bardzo prosty. Zawiera jedynie cztery podstawowe elementy: dwa mikrostyki wykrywające przeszkody z przodu wózka, jeden przełącznik i jeden układ czasowy 555. Będziesz również potrzebował jednego małego przełącznika włączającego zasilanie, baterii lub pojemnika na nią oraz rezystora i kondensatorów do skonfigurowania układu 555. Trymer pozwoli na dostosowanie czasu włączenia układu 555, czyli czasu cofania wózka. Patrz rysunek 5.98.

Silnik, który wybrałem, wymaga zasilania napięciem 5 V, dlatego musiałem zastosować 9-woltową baterię i regulator napięcia. Jeśli Twój silnik jest zasilany 6 voltami, możesz zasilić go bezpośrednio czterema bateriami AA. W przypadku silnika na 12 V możesz użyć dwóch baterii 9-woltowych połączonych szeregowo i dostarczających zasilanie przez 12-woltowy regulator napięcia.



Rysunek 5.98. Bardzo prosty schemat wystarczy, aby wózek mógł się wycofać po napotkaniu przeszkody

Złóż układ, zamontuj go na wózku i włącz zasilanie. Wózek powinien toczyć się do przodu w mniej więcej prostej linii. Jeśli jedzie do tyłu, odwróć zasilanie silnika.

Po wjechaniu wózka w przeszkodę jeden z mikroстыków podłączy ujemne napięcie do pinu wejściowego układu czasowego 555. To spowoduje wyzwolenie tego układu pracującego w trybie monostabilnym i wygenerowanie impulsu trwającego około 5 sekund, który zasili przekaźnik skonfigurowany w taki sposób, aby odwrócić bieguny zasilania silnika.

Odwrócenie biegunów zasilania prostego silnika na prąd stały powoduje, że zaczyna on pracować w odwrotnym kierunku i wózek wycofuje się. Po zakończeniu impulsu z układu czasowego przekaźnik wraca do swojej pozycji spoczynkowej i wózek zaczyna poruszać się ponownie do przodu. Podczas poruszania się do przodu tylne koło jedzie za resztą wózka i nie wywiera żadnej siły sterującej, dlatego też wózek porusza się po mniej więcej prostym torze do momentu napotkania kolejnej przeszkody. Wtedy ponownie wycofuje się i próbuje innej ścieżki.

Wszystko o przełącznikach krańcowych

Najbardziej oczywistym udoskonaleniem wózka byłby lepszy mechanizm kierowniczy. Do tego celu mógłbyś użyć kolejnego silnika z parą przełączników krańcowych. Ponieważ przełączniki krańcowe reprezentują bardzo prostą, lecz fundamentalną zasadę, zaprezentuję je tutaj szczegółowo.

Rysunek 5.99 przedstawia trzy kolejne widoki silnika z przymocowanym do niego ramieniem, które jest w stanie nacisnąć dolny lub górny przycisk. Oba z przycisków są normalnie zamknięte, ale zostaną otwarte po naciśnięciu przez ramię silnika. Są to właśnie przełączniki krańcowe. Na ogół do tego celu użyłbyś mikrostryków, podobnych do tych, które zaproponowałem do skonstruowania czujników przeszkody z przodu wózka.

Dodatkowo w obwodzie znajduje się jeszcze przekaźnik DPDT, aktywowany zwykłym przełącznikiem typu włącz/wyłącz po prawej stronie. W wózku rolę tego przełącznika pełni układ czasowy 555, dostarczając energii przekaźnikowi.

Załóżmy, że silnik rozpoczyna pracę ze swoim ramieniem skierowanym w dół (rysunek 5.99) i jest podłączony w taki sposób, że kiedy otrzyma ujemne napięcie na swoim dolnym zacisku i dodatnie na górnym, obraca się zgodnie z ruchem wskazówek zegara. Takie działanie ma miejsce po zamknięciu przełącznika i zasileniu przekaźnika DPDT. Dodatkowo napięcie z wyprowadzeń przekaźnika nie jest w stanie przedostać się przez górną diodę, ale może to zrobić przez górny przełącznik krańcowy, który jest teraz zamknięty. Ujemne napięcie nie może przedostać się przez dolny przełącznik krańcowy, ponieważ ten jest otwarty, ale ma otwartą drogę przez dolną diodę. Taki układ wprawia silnik w ruch przeciwny do ruchu wskazówek zegara. W połowie obrotu silnik otrzymuje zasilanie przez oba przełączniki krańcowe.

W końcu ramię silnika dociera do górnego przełącznika krańcowego i otwiera go. To uniemożliwia dodatkniemu napięciu dotarcie do silnika przez ten przełącznik. Jest ono również blokowane przez górną diodę. Silnik traci zasilanie i zatrzymuje się.

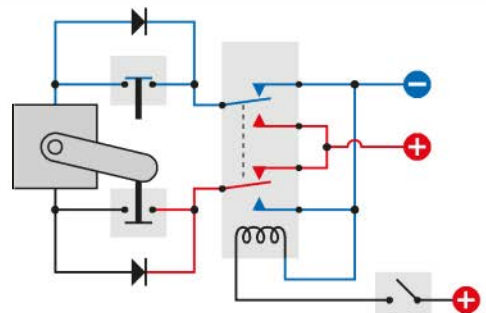
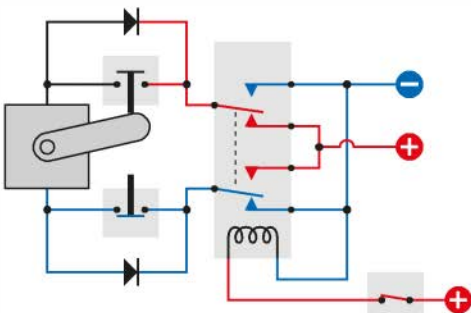
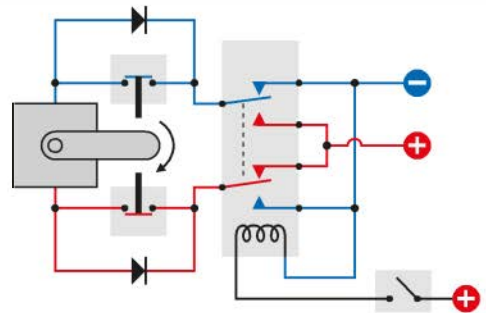
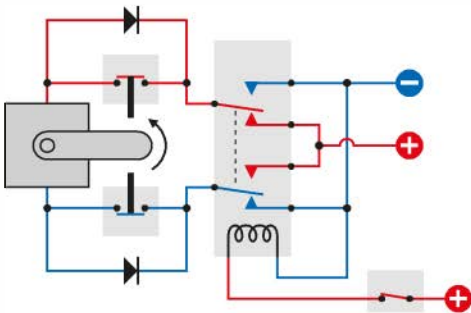
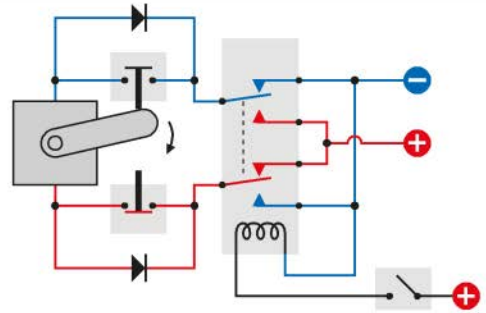
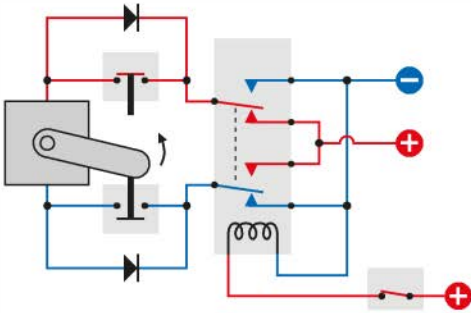
Teraz założmy, że przełącznik typu włącz/wyłącz jest otwarty, tak jak pokazuje to rysunek 5.100. Przekaźnik traci swoje zasilanie i jego styki przechodzą do stanu spoczynkowego. Napięcie docierające do silnika ma przeciwny kierunek. Ujemny potencjał przedostaje się przez górną diodę, a dodatni przez dolny przełącznik krańcowy. Silnik zaczyna pracować zgodnie z ruchem wskazówek zegara do momentu, kiedy jego ramię nie trafi w dolny przełącznik krańcowy, otwierając go i odcinając tym samym zasilanie silnika.

Przełączniki krańcowe są niezbędne, ponieważ jeśli będziesz nadal dostarczał napięcie do prostego silnika prądu stałego, który nie jest w stanie się obracać, ten będzie pobierał więcej prądu, nagrzeje się i może ostatecznie ulec spaleni.

Zaprezentowany system można z powodzeniem zastosować do kierowania wózkiem. Mimo że silnik ma tylko dwie pozycje, będą one wystarczające, aby wózek kierował się prosto do przodu lub skręcał w trakcie cofania.

W celu zmniejszenia ilości pochłanianej energii przekaźnik DPDT mógłby zostać zastąpiony przekaźnikiem zatraskowym z dwoma cewkami. Wymagałoby to przerobienia obwodu w taki sposób, aby przekaźnik przekakiwał tam i z powrotem dzięki impulsom kierowanym do jednej z jego cewek.

Wszystko o przełącznikach krańcowych (ciąg dalszy)



Rysunek 5.99. Trzy schematy przedstawiają trzy stany silnika kontrolowanego przez przełącznik DPDT i dwa przełączniki krańcowe. Po zasileniu przełącznika przez przełącznik na dole po prawej stronie, jego dolne kontakty sprawiają, że silnik pracuje przeciwnie do ruchu wskazówek zegara do momentu, kiedy zatrzyma sam siebie, otwierając swoim ramieniem górny przełącznik krańcowy

Rysunek 5.100. Kiedy przełącznik włącz/wyłącz w prawym dolnym rogu zostanie otwarty, kontakty przełącznika przechodzą w stan spoczynkowy. To powoduje, że silnik pracuje zgodnie z ruchem wskazówek zegara do momentu, kiedy jego ramię nie otworzy dolnego przełącznika krańcowego. Przełączniki krańcowe zapobiegają przegrzaniu i uszkodzeniu silnika, które może nastąpić, gdy ten jest zasilany bez możliwości kontynuowania obrotu

Wszystko o silnikach

Silnik szczotkowy prądu stałego

To jest najstarszy i najprostszy rodzaj silnika elektrycznego (jego uproszczoną konstrukcję przedstawia rysunek 5.101). Uzwojenia są przymocowane do wałka i współdziałają z nieruchomymi magnesami umieszczonymi wokół nich. Pole magnetyczne powoduje obrót wałka o mały kąt i zasilenie kolejnego uzwojenia, które powoduje dalszy obrót i zasilenie następnego uzwojenia. Cały proces powtarza się wielokrotnie. Zasilanie uzwojeń zapewniają szczotki zbudowane z miękkiego grafitu. Przewodzą one prąd w kierunku osrodka zwanego komutatorem, podzielonego na sekcje, z których każda połączona jest z innym uzwojeniem.

Jeśli chcesz zbudować prosty zmotoryzowany gadżet, taki jak miniaturowy robot lub nawet model samolotu, silnik o prostej budowie będzie dobrym rozwiązaniem ze względu na kilka zalet:

- szeroką dostępność,
- niski koszt,
- prostotę budowy,
- niezawodność,
- możliwość pracy w przeciwnym kierunku po odwróceniu zasilania.

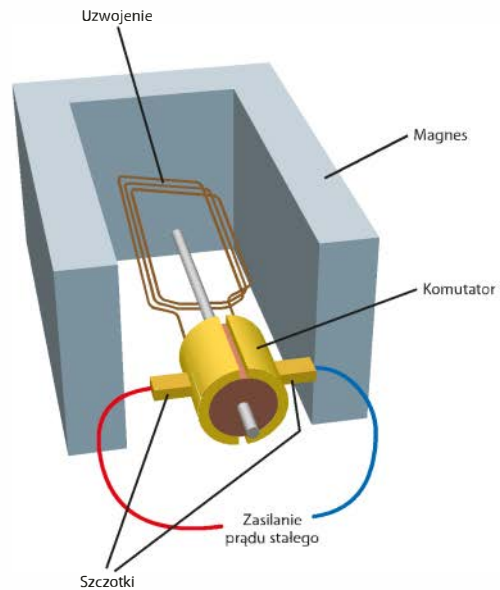
Dodatkowo silniki szczotkowe są często sprzedawane z zabudowaną przekładnią, dzięki czemu nie musisz używać własnej przekładni lub paska w celu dostosowania prędkości obrotowej. Wystarczy, że wybierzesz silnik o parametrach pasujących do Twoich potrzeb.

Silnik krokowy

Ten silnik wymaga elektronicznego układu kontrolnego, który odpowiada za obrót wału o ustalony kąt, będący wartością dyskretną. Silnik krokowy ma następujące zalety:

- precyzyjne sterowanie położeniem wału,
- precyzyjny dobór prędkości.

Silniki krokowe nadają się idealnie do urządzeń takich jak drukarka komputerowa, w której papier oraz głowica drukująca muszą przesuwać się ze ściśle określoną precyzją. Znajdują również zastosowanie w robotyce. Jeżeli robot jest dostatecznie mały i pobiera nie więcej niż 200 mA przy napięciu 12 V, możesz kontrolować go przy pomocy impulsów pochodzących z układu czasowego 555. Zasadzie działania silników krokowych przyjrzymy się bliżej podczas eksperymentu numer 33.



Rysunek 5.101. Zasada działania prostego silnika prądu stałego. Komutator przepuszcza prąd przez uzwojenie, wytwarzając pole magnetyczne, które współdziała z magnesem umieszczonym wokół wirnika. Uzwojenie obraca się razem z komutatorem aż do momentu odwrócenia zasilania. To powoduje powtórzenie procesu. Komutatory rzeczywistych silników podzielone są na wiele sekcji, które z kolei połączone są z większą liczbą uzwojeń. Zasada działania jest jednak taka sama

Wszystko o silnikach (ciąg dalszy)

Serwomechanizm

Ten rodzaj silnika jest używany w połączeniu z programowalnym mikrokontrolerem, który wysyła instrukcje pozwalające obrócić wałek silnika do określonej pozycji i następnie utrzymać go w takiej pozycji. O serwomechanizmach wspomnę podczas wprowadzenia do mikrokontrolerów, ale nie będziemy zajmować się nimi szczegółowo.

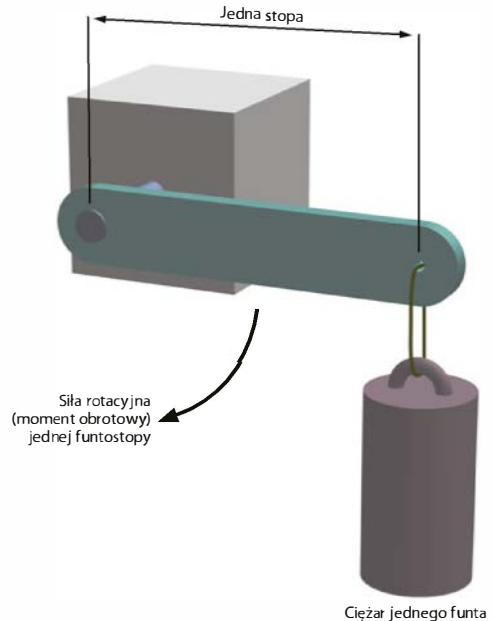
Istnieją również inne rodzaje silników, między innymi silniki prądu stałego bez szczotek (wymagają one innego rodzaju kontrolera i można je znaleźć w napędach dysków twardych i CD) i silniki prądu zmiennego (włączając w to silniki synchroniczne, których prędkość pracy jest proporcjonalna do częstotliwości napięcia zasilania — były one masowo używane w zegarach, zanim te przeszły na sterowanie cyfrowe).

W tej książce będziemy się zajmować głównie silnikami prądu stałego — szczotkowymi oraz krokowymi.

Oto, co powinieneś zapamiętać z tego eksperymentu:

- Możesz kupić proste silniki prądu stałego z zabudowaną przekładnią i prędkością odpowiadającą Twoim potrzebom. Dziesiątki sklepów internetowych sprzedają małe silniki przeznaczone do projektów związanych z robotyką.
- Kiedy odwrócisz napięcie zasilania, silnik będzie obracał się w przeciwnym kierunku.
- Przekładnik DPDT może zostać skonfigurowany w taki sposób, aby po zwarciu swoich kontaktów zmienić kierunek zasilania silnika na przeciwny.
- Do zatrzymania silnika w dwóch ustalonych pozycjach możesz wykorzystać dwa przełączniki krańcowe plus dwie diody. W każdej pozycji zatrzymania silnik nie pobiera zasilania, więc nie ma ryzyka jego spalenia.

Jakie inne projekty wykorzystujące te proste techniki jesteś w stanie sobie wyobrazić?



Moc mechaniczna

W Stanach Zjednoczonych moc obrotowa (moment obrotowy) silnika jest zwykle mierzona funtostopach lub uncjocalach. W Europie, gdzie obowiązuje system metryczny, ta wielkość wyrażana jest niutonometrach.

Funtostopa jest łatwa do zrozumienia. Wyobraź sobie dźwignię umocowaną z jednej strony na osi (rysunek 5.102). Jeżeli dźwignia ma długość jednej stopy i na jej końcu powieszisz ciężar jednego funta, siła, z jaką dźwignia zostanie przekręcona, odpowiadać będzie jednej funtostopie.

Rysunek 5.102. Siła rotacyjna wytwarzana przez silnik określana jest mianem momentu obrotowego, a jednostką używaną do jej pomiaru w Stanach Zjednoczonych jest funtostopa (lub uncjocal w przypadku małych silników). W systemie metrycznym moment obrotowy jest mierzony w niutonometrach. Moment obrotowy wytworzony przez silnik zależy od prędkości jego pracy

Grubości drutów

Jeżeli zamierzasz zasilać duże silniki lub inne komponenty, które pobierają więcej prądu niż zwykłe diody LED lub małe przekaźniki, musisz znać grubości przewodów, a w szczególności związek pomiędzy grubością przewodu a jego oznaczeniem AWG (*American Wire Gauge*). Jakiej grubości przewodu powinieneś użyć dla danego prądu?

























W sieci znajdziesz liczne tabele tego typu, ale wiele źródeł przeczy sobie nawzajem, w szczególności jeśli chodzi o natężenia prądu tolerowane przez poszczególne grubości.

Po przeprowadzeniu wielu porównań (i samodzielnym przetestowaniu niektórych próbek przewodów) stworzyłem własną tabelę (rysunek 5.103), którą polecam jako kompromis w tej sprawie. Zwróć uwagę na następujące rzeczy:

- Tabela dotyczy drutu (nie linki).
- Dla drutu w postaci linki lub przewodów cynowanych (mających srebrzysty wygląd) liczba omów na stopę będzie **rosnąć**, liczba stóp na om będzie **maleć**, podobnie jak maksymalne natężenie prądu — prawdopodobnie o około 20%.

Przy maksymalnym natężeniu przyjęto założenie, że przewód jest izolowany, co uniemożliwia mu emitowanie ciepła w takim samym stopniu, jak w przypadku gołego przewodnika. Zakładam również, że przewód chociaż częściowo znajduje się w zamknięciu (wewnątrz obudowy lub szafki). Powinieneś się spodziewać, iż przy wymienionym natężeniu prądu przewód będzie wyraźnie ciepły. Zalecałbym raczej użycie grubszego drutu zamiast testowania dopuszczalnych granic wytrzymałości podanych w tabeli.

Większość tabel tego typu podaje jedynie rezystancję danej grubości przewodu wyrażoną w omach na 1000 stóp. Poniższa tabela również podaje taką wartość, ale zawiera również przeliczenie wykonane w odwrotnym kierunku, tzn. liczbę stóp na 1 om, co pozwala uniknąć nadmiernej liczby operacji na ułamkach.

AWG		Srednica w calach	Liczba omów na 1000 stóp	Liczba stóp na om	Maksymalne natężenie (w izolacji) w amperach
0000		0,46	0,049	20 400	225
000		0,41	0,062	16 200	200
00		0,365	0,078	12 800	175
0		0,325	0,098	10 200	150
1		0,289	0,124	8 070	125
2		0,258	0,156	6 400	100
3		0,229	0,197	5 080	90
4		0,204	0,249	4 020	80
5		0,182	0,313	3 190	70
6		0,162	0,395	2 510	60
7		0,144	0,498	2 010	51
8		0,128	0,628	1 590	44
10		0,102	0,999	1 000	32
12		0,081	1,59	630	23
14		0,064	2,53	396	17
16		0,051	4,02	249	13
18		0,04	6,39	157	10
20		0,032	10,2	99	8
22		0,025	16,1	62	5
24		0,02	25,7	39	2,5
26		0,016	40,1	25	1,5
28		0,013	64,9	15	1,0
30		0,010	103,2	10	0,5

Rysunek 5.103. Amerykański standard grubości drutów (AWG) i ich właściwości

Obliczanie spadku napięcia

Powinieneś wiedzieć, jaki spadek napięcia wnie- sie do obwodu określona długość przewodu. Jeśli chcesz uzyskać maksimum mocy ze swojego silnika, powinno zależeć Ci na jak najmniejszej utracie napię- cia w prowadzących do niego przewodach.

Spadek napięcia to podchwytliwa sprawa, ponieważ zależy nie tylko od samego przewodu, ale także od tego, jak mocno obciążony jest obwód. Załóżmy, że używasz przewodu o długości około 30 metrów (100 stóp) i przekroju $0,32 \text{ mm}^2$ (22 AWG), którego rezystancja wynosi mniej więcej $1,5 \Omega$. Jeżeli podłączysz go do 12-woltowej baterii oraz diody LED połączonej szeregowo z rezystorem o sumarycznej rezystancji 1200Ω , rezystancja samego przewodu będzie pomijalnie mała. Zgodnie z prawem Ohma:

$$\text{ampery} = \text{wolty/omy}$$

zatem prąd płynący w obwodzie będzie miał zaled- wie 10 mA.

Przekształcając ten wzór, możemy napisać:

$$\text{wolty} = \text{omy} \times \text{ampery}$$

stąd przewód o rezystancji $1,5 \Omega$ powoduje spadek napięcia rzędu $1,5 \times 0,01 = 0,015 \text{ V}$.

Założmy teraz, że zasilasz silnik. Uzwojenia w jego wnętrzu stanowią raczej impedancję zamiast rezystancji, ale mierząc płynący prąd, jesteśmy w stanie ustalić faktyczną rezystancję. Przyjmijmy, że natężenie prądu wynosi 1 A. Powtarzając wyliczenie według wzoru:

$$\text{wolty} = \text{omy} \times \text{ampery}$$

otrzymujemy spadek napięcia równy $1,5 \times 1 = 1,5 \text{ V}$! Ilustruje to rysunek 5.104.

Mając świadomość tych współczynników, przygo- towałem dla Ciebie kolejną tabelę. Z przyczyn prak- tycznych ograniczyłem precyzję wyników do dwóch miejsc po przecinku.

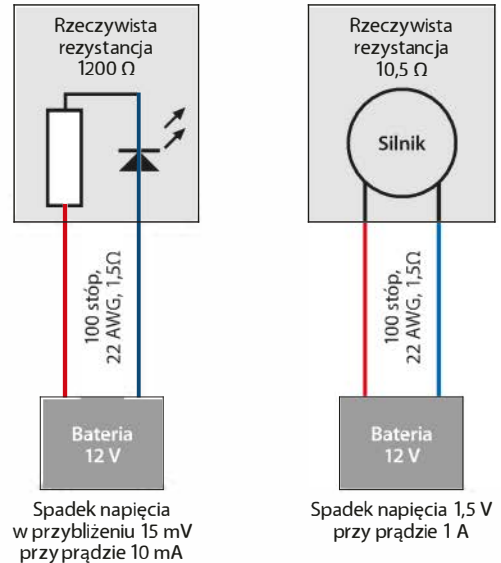
Aby użyć tej tabeli, musisz wiedzieć, ile prądu plyn- nie w Twoim obwodzie. Możesz poznać tę wartość, sumując wszystkie rezystancje, a następnie dzieląc je przez wartość napięcia zasilania lub zwyczajnie mierząc prąd miernikiem. Pamiętaj jedynie, aby jednostki pasowały do siebie (wszystko w omach, amperach i woltach lub miliomach, miliamperach i miliwoltach).

W tabeli przyjąłem arbitralnie długość przewodu równą 10 stóp. Dla swoich potrzeb będziesz musiał zmienić wartości na odpowiadające faktycznej dłu- gości przewodu. Im krótszy przewód, tym mniejsza strata. Obwód o długości 5 stóp oraz tych samych wartościach napięcia i natężenia prądu będzie powo- dował straty o połowę mniejsze od przedstawionych w tabeli. Obwód z przewodem 15 stóp i tych samych wartościach prądu i napięcia będzie powodował straty 1,5 razy większe. Zatem, aby użyć tabeli:

1. Podziel długość swojego drutu przez 10 (długość musi być wyrażona w stopach).
2. Otrzymany wynik pomnóż przez wartość z tabeli.

W tabeli przyjęto również, że napięcie zasilania wynosi 12 V. Dla innego napięcia zasilania będziesz musiał ponownie dokonać przeliczeń:

1. Podziel 12 przez napięcie, którego używasz.
2. Otrzymany wynik pomnóż przez wartość z tabeli



Rysunek 5.104. Spadek napięcia spowodowany długością uzwojenia zależy od natężenia prądu i rezystancji w obwo- dzie. Największy spadek napięcia będzie miał miejsce przy niskiej rezystancji i wysokim natężeniu prądu

Obliczanie spadku napięcia (ciąg dalszy)

Te dwa kroki można podsumować następującym wzorem:

$$\text{Procentowa strata napięcia} = P \times (12/U) \times (L/10)$$

gdzie **P** to wartość z tabeli, **U** to napięcie zasilania, a **L** długość przewodu.

Tabela przedstawia procentowy spadek napięcia w obwodzie zawierającym przewód o długości 10 stóp, zasilanym 12-woltowym źródłem zasilania.

Grubość przewodu AWG	Natężenie prądu [A]									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	0,08	0,17	0,25	0,33	0,42	0,5	0,58	0,67	0,75	0,83
12	0,13	0,27	0,4	0,53	0,66	0,8	0,93	1,1	1,2	1,3
14	0,21	0,42	0,63	0,84	1,1	1,3	1,4	1,5	1,9	2,1
16	0,33	0,67	1	1,3	1,7	2	2,3	2,7	3	3,4
18	0,53	1,1	1,6	2,1	2,7	3,2	3,7	4,3	4,8	5,3
20	0,85	1,7	2,6	3,4	4,3	5,1	6	6,8	7,7	8,5
22	1,3	2,7	4	5,4	6,7	8,1	9,4	11	12	13
24	2,1	4,3	6,4	8,6	11	13	15	17	19	21
26	3,4	6,8	10	14	17	20	24	27	31	34
28	5,4	11	16	22	27	32	38	43	49	54
30	8,6	17	26	34	43	52	60	69	77	86

Pamiętaj, że w przypadku drutu w postaci linki lub drutu powlekanego cyną rezystancja przewodu będzie wyższa, a to spowoduje większy procentowy spadek napięcia.

Eksperyment 33: Ruch krokowy

Nadeszła pora na zbudowanie czegoś bardziej skomplikowanego: wózka, który orientuje się na podstawie źródła światła. Przekażę Ci wszystkie informacje potrzebne do tego, abyś mógł zacząć, ale tym razem nie będę podawał wyczerpujących szczegółów aż do samego końca. Chciałbym, żebyś wyrobił w sobie nawyk samodzielnego wypracowywania detali, poprawiania istniejących projektów i w końcu samodzielnego wymyślania rozwiązań.

Potrzebne będą:

- układy czasowe 555, liczba: 8,
- liniowe trymery 2 kΩ, liczba: 8,
- diody LED, liczba: 4; jeśli masz już dość łączenia diod z rezystorami w celu ich ochrony przed nadmiernym prądem w obwodzie zasilanym napięciem 12 V, rozważ zakup diod 12-woltowych (takich jak Chicago Miniature 606-4302H1-12V), które mają zabudowany w sobie odpowiedni rezystor; schemat na rysunku 5.108 zakłada jednak, że używasz zwykłej diody LED o napięciu 2 lub 2,5 V,
- silnik krokowy, unipolarny, 4-fazowy, 12-woltowy; Parallax 27964 lub podobny konsumujący maksymalnie 100 mA, liczba: 2,
- fotorezystory, najlepiej w przedziale od 500 do 3000 Ω, liczba: 2,

- układy Darlingtona ULN2001A lub ULN2003A firmy STMicroelectronics, liczba: 2,
- liczniki ósemkowe lub dziesiętne CMOS, liczba: 2,
- rezystory i kondensatory o różnych wartościach.

Co kryje się w środku Twojego silnika

Wskazałem unipolarny, czterofazowy silnik zasilany napięciem 12 V, ponieważ jest to typ bardzo powszechny. Przykładowy silnik tego typu pokazany został na rysunku 5.105. Jeżeli nie znajdziesz modelu wymienionego na liście, możesz spokojnie zakupić dowolny inny pasujący do przedstawionego opisu. Słowo „unipolarny” oznacza, że nie musisz przełączać źródła zasilania z dodatniego na ujemne i odwrotnie, aby zmusić silnik do pracy. „Czterofazowy” oznacza, że impulsy poruszające silnikiem muszą być przekazywane w sekwencji przez cztery oddzielne przewody. Silnik będzie zasilany bezpośrednio z układów czasowych 555, dlatego im mniej mocy konsumują, tym lepiej.

Zacznijmy od przyłożenia napięcia do silnika bez używania po drodze żadnych innych komponentów. Najprawdopodobniej z silnika będzie wystawać wiązka pięciu przewodów z odizolowanymi i ocynowanymi końcami, co ułatwi wetknięcie ich w płytkę prototypową (patrz rysunek 5.106). Zapoznaj się z kartą katalogową swojego silnika. Powinieneś się przekonać, że cztery z tych przewodów służą do dostarczenia energii i obrócenia go o kolejny krok, natomiast piąty jest przewodem wspólnym. Częsta konfiguracja takiego silnika polega na podłączeniu wspólnego przewodu do dodatniego napięcia zasilania, podczas gdy do pozostałych czterech przewodów przykładają się kolejno napięcia ujemne, aby dokonać kolejnego obrotu.

Z karty katalogowej dowiesz się, w jakiej kolejności należy przykładać napięcie do przewodów. W najgorszym przypadku można odgadnąć tę sekwencję metodą prób i błędów. Silnik krokowy jest tolerancyjny — nie spalisz go, o ile będziesz przykładat prawidłowe napięcie.

Żeby przekonać się, co dokładnie robi silnik, przyklej kawałek taśmy klejącej na końcu wału. Następnie przyłóż kolejno ujemne napięcie do każdego z przewodów, wtykając w odpowiednie miejsce ujemny przewód zasilający. Powinieneś zaobserwować małe ruchy wałka.

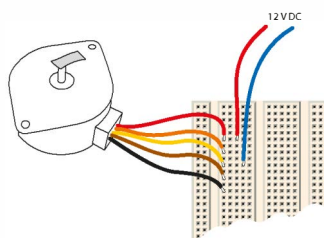
Wewnątrz silnika znajdują się uzwojenia i magnesy, ale funkcjonują one inaczej niż w zwykłym silniku prądu stałego. Możesz spróbować wyobrazić sobie tę konfigurację, przyglądając się schematowi pokazanemu na rysunku 5.107. Za każdym razem, kiedy przyłożysz napięcie do innego uzwojenia, czarna ćwiartka wałka przemieszcza się tak, aby skierować się w kierunku tego rdzenia. W rzeczywistości silnik obraca się o mniej niż 90 stopni pomiędzy jednym rdzeniem a drugim, ale ten przybliżony model pozwala zrozumieć ogólną zasadę działania. Dokładniejsze wyjaśnienie znajdziesz w sekcji „Teoria. Wewnątrz silnika krokowego”.

Pamiętaj, że każda część silnika podłączona do zasilania pobiera moc, nawet jeśli nie wykonuje żadnej pracy. W przeciwieństwie do zwykłego silnika prądu stałego, silnik krokowy przez większość czasu nie wykonuje żadnego zadania. Kiedy przyłożysz napięcie do innego przewodu, następuje obrót do zadanej pozycji i powrót do bezczynności.

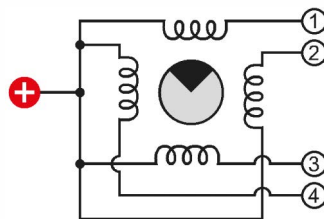
Uzwojenie wewnątrz cewki utrzymuje wałek w danej pozycji, natomiast moc pobierana przez silnik jest rozpraszana w formie ciepła. Nagrzewanie się silnika w trakcie pracy jest normalnym zjawiskiem. Problem pojawi się, gdy zasilisz silnik z baterii i zapomnisz, że jest on cały czas podłączony — bateria szybko się wyczerpie.



Rysunek 5.105. Typowy silnik krokowy. Wał obraca się w krokach po pojawieniu się ujemnego impulsu kolejno na każdym z czterech przewodów. Piąty przewód stanowi wspólny dodatni biegun zasilania



Rysunek 5.106. Najprostszy test silnika krokowego polega na przykładaniu ręcznie napięcia do każdego z czterech przewodów kontrolujących jego ruch i obserwowanie kawałka taśmy klejącej przyklejonego na szczycie wałka. Ten kawałek taśmy ułatwia zauważenie ruchu silnika

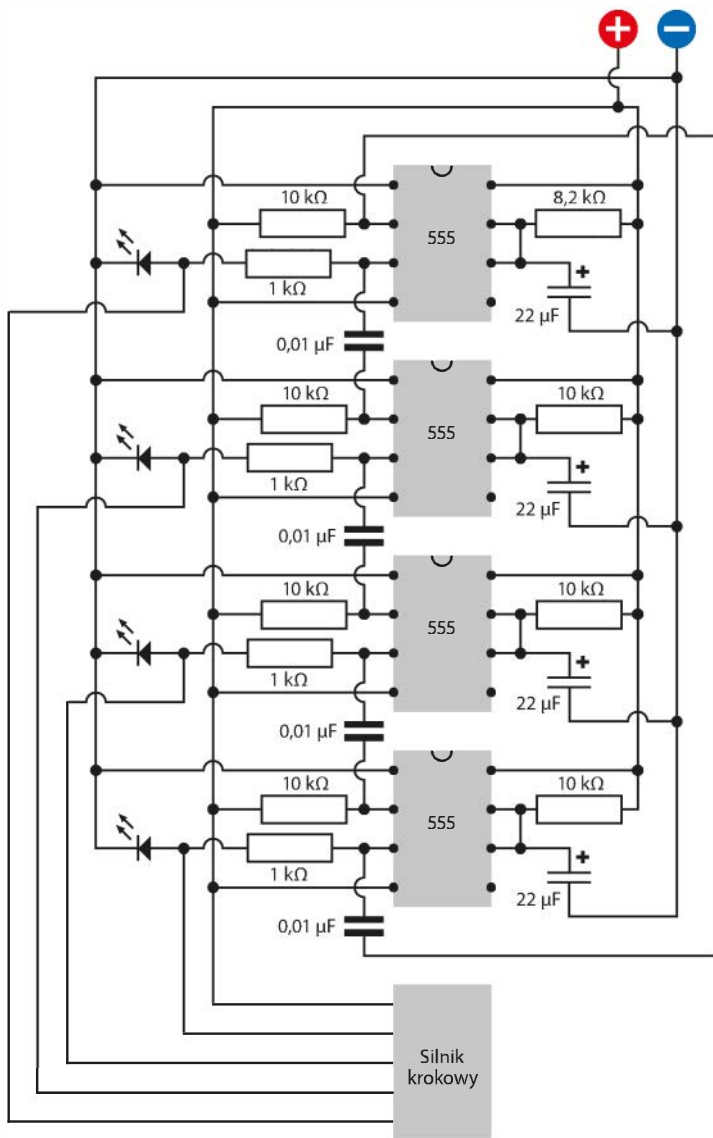


Rysunek 5.107. Ten bardzo uproszczony schemat pozwala wyobrazić sobie sposób działania silnika krokowego. W rzeczywistości niemal wszystkie silniki obracają się o mniej niż 90 stopni w odpowiedzi na każdy impuls

Szybka demonstracja

Potrafisz już sprawdzić, czy silnik działa, ale jak faktycznie wprawić go w ruch? Musisz w dosyć szybki sposób wystać impulsy kolejno do każdego z czterech przewodów i powtarzać tę sekwencję w kółko. Jeśli po drodze będziesz mógł jeszcze regulować prędkość impulsów, tym lepiej. Myślę, że prostą demonstrację można przeprowadzić, używając czterech układów czasowych 555 pracujących w trybie monostabilnym, z których każdy będzie pobudzał swojego sąsiada.

To, co mam na myśli, pokazuje schemat na rysunku 5.108. Wygląda on bardziej skomplikowanie niż faktyczna implementacja. Każdy układ czasowy ma wokół siebie taki sam zestaw części, zatem po stworzeniu pierwszego modułu wystarczy zrobić jego trzy kopie.



Rysunek 5.108. Bardzo prosty i szybki w konstrukcji układ kontrolujący silnik krokowy, wykorzystujący cztery układy czasowe 555, z których każdy pracuje w trybie monostabilnym i wyzwała swojego sąsiada

Do podciągnięcia wejścia każdego układu 555 użyłem rezystorów $10\text{ k}\Omega$ — dzięki temu wszystkie układy znajdują się w stanie spoczynkowym. Pomiedzy wyjściem jednego układu a wejściem kolejnego znajdują się kondensatory $0,01\ \mu\text{F}$ zapewniające izolację elektryczną. Przekazują one jedynie „szpilkę” napięcia, kiedy dany układ czasowy kończy swój cykl włączenia i jego wyjście przechodzi w stan niski, powodując wyzwolenie następnego układu w szeregu.

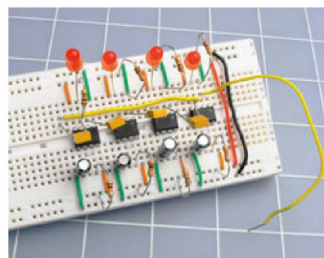
Rezystory $10\text{ k}\Omega$ i kondensatory $22\ \mu\text{F}$ po prawej stronie służą do generowania cykli trwających około jednej czwartej sekundy — wyjątkiem jest układ na samej górze, z rezystorem stałej czasowej równym $8,2\text{ k}\Omega$. Wynika to stąd, iż po zasileniu obwodu wszystkie układy czasowe będą czekać na wyzwolenie przez swojego sąsiada. Może dojść do sytuacji, w której układy 2 i 4 lub 1 i 3 zadziałają jednocześnie. To ryzyko można zminimalizować, skracając czas cyklu jednego z nich.

Diody LED zostały dołączone jedynie po to, aby móc naocznie sprawdzić, co się dzieje w obwodzie. Bez nich mógłbyś popełnić błąd w połączeniach, doprowadzając na przykład do obracania się silnika w przód i w tył bez świadomości, dlaczego tak się dzieje. Początkowo możesz uruchomić swój obwód jedynie z podłączonymi diodami i upewnić się, że działa poprawnie (płytkę prototypowa przed podłączeniem silnika pokazana została na rysunku 5.109). Następnie dołącz silnik, wpinając jego przewody do płytki i tworząc połączenia z wyjściami (pinami numer 3) układów czasowych. Patrz rysunek 5.110.

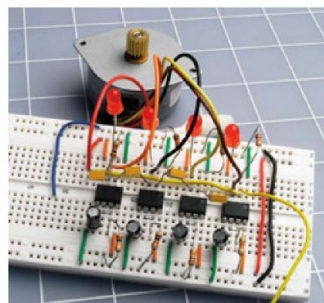
Podłącz zasilanie. Powinieneś zobaczyć silnik obracający się krokowo zgodnie z zapalającymi się diodami LED. Jeżeli sekwencja zapalania się diod LED jest niestabilna:

1. Podłącz przewód bezpośrednio z wejścia (pinu numer 2) najwyższej położonego układu czasowego do dodatniego źródła zasilania i poczekaj, aż wszystkie układy „uspokoją się”.
2. Rozpocznij sekwencję od początku, odłączając ten przewód lub (jeśli okaże się to niezbędne) dotykając nim na moment ujemnego źródła zasilania, co spowoduje wyzwolenie pierwszego układu.

Przeglądając się uważnie, być może zauważyłeś, że wspólny przewód silnika jest podłączony do dodatniego napięcia zasilania. Stąd wniosek, że kiedy układ czasowy wyzwala swój impuls, dodatnie napięcie nie zasila bezpośrednio silnika. **Niskie** wyjścia trzech układów czasowych, które **nie** reagują w danej chwili, pobierają prąd z silnika. Wygląda na to, że silnik nie ma problemu z tą konfiguracją. Żeby to zrozumieć, potrzebujesz odrobiny wiedzy teoretycznej.



Rysunek 5.109. Wyjścia czterech układów czasowych są podłączone do diod LED, dzięki czemu można przetestować poprawne działanie układu. Luźny żółty przewód po prawej stronie łączy się z pinem numer 2 pierwszego układu czasowego. Dotknij nim dodatniego źródła zasilania, aby wyzerować wszystkie układy czasowe, a następnie (jeśli będzie to potrzebne) utwórz na chwilę połączenie z ujemnym źródłem zasilania, aby zacząć od początku całą sekwencję pracy



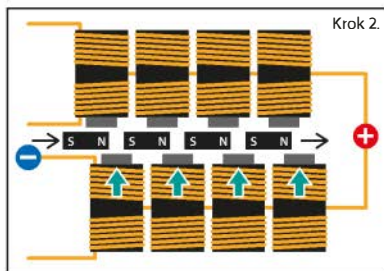
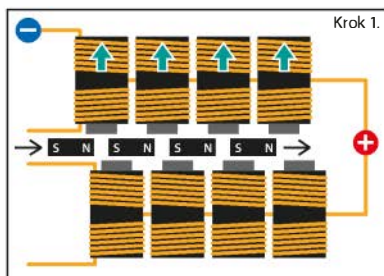
Rysunek 5.110. Po przetestowaniu obwodu można dołożyć silnik, podłączając jego przewody kontrolne do czterech wyjść układów czasowych

Wewnątrz silnika krokowego

Zaglądnij na stronę Wikipedii poświęconą silnikom krokowym, powinieneś znaleźć bardzo ładną animację przedstawiającą ząbkowany wirnik z czterema uzwojeniami wokół niego. Być może kiedyś silniki krokowe były konstruowane w ten sposób, ale to już przeszłość.

Wyobraź sobie dwa poziome rzędy cewek. Pomiędzy nimi znajduje się seria magnesów, które mogą poruszać się w lewo lub w prawo (rysunki 5.111 i 5.112). Każda cewka składa się z dwóch uzwojeń, ustawionych w przeciwnych kierunkach. Powoduje to, że prąd płynący przez jedno z uzwojeń wytwarza siłę skierowaną ku górze, a prąd w drugim uzwojeniu siłę skierowaną ku dołowi. Uzwojenia połączone są w sposób równoległy, dzięki czemu włączają się i wyłączają jednocześnie.

W kroku numer 1 ujemne zasilanie dostarcza energię górnym uzwojeniom cewek, co powoduje powstanie siły magnetycznej skierowanej ku górze. Zaznaczylem tę siłę strzałkami w kolorze seledynowym (dzięki temu nie pomylisz ich z oznaczeniami wskazującymi kierunek przepływu prądu). Ta siła przyciąga północne bieguny magnesów i odpycha południowe.



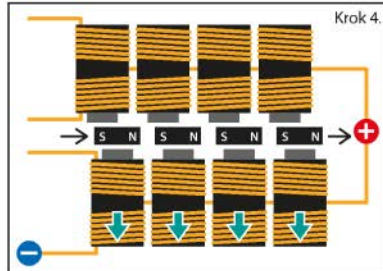
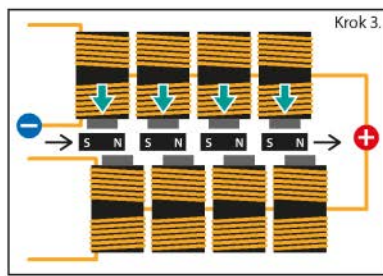
Rysunek 5.111. Dwa pierwsze kroki wirnika silnika krokowego (pokazanego jako seria magnesów z oznaczonymi biegunami) poruszającego się w wyniku impulsów wytwarzanych przez elektromagnesy

Jeśli zatem magnesy znajdują się w pozycji pokazanej na rysunku dla kroku pierwszego, będą chciały przemieścić się o jeden krok w prawo.

To sprawi, że znajdą się na pozycji pokazanej w kroku drugim. Teraz zasilane są górne uzwojenia dolnych cewek, co ponownie powoduje powstanie siły skierowanej ku górze i przyciąganie biegunów północnych i odpychanie południowych.

Magnesy przemieszczają się do pozycji pokazanej w kroku numer 3. W następnej kolejności zasilane są dolne uzwojenia górnych cewek. Powstaje siła skierowana ku dołowi, odpychająca bieguny północne i przyciągająca południowe. Magnesy mogą poruszać się dalej.

Docierają do miejsca pokazanego w kroku numer 4. Jako ostatnie zasilone zostają dolne uzwojenia dolnych cewek. Wytworzona siła skierowana jest ku dołowi i dalej przyciągane są bieguny południowe, a odpychane północne. Magnesy przesuwają się ostatni raz w prawo i docierają do miejsca pokazanego w kroku pierwszym. Teraz cały proces może zostać powtórzony od nowa.



Rysunek 5.112. Po wykonaniu dwóch kolejnych kroków silnik znajdzie się w pozycji, od której zaczął w kroku pierwszym, pokazanym na rysunku 5.111

Wewnątrz silnika krokowego

W rzeczywistości magnesy nie są odizolowane od siebie. Poszczególne strefy wirnika są namagnesowane na przemian południowo i północnie. Zamiast wielu cewek są jedynie cztery uzwojenia biegnące wokół wszystkich rdzeni magnetycznych. Zasada działania pozostaje niezmienna. Całe rozwiązanie pokazuje rysunek 3D (5.114), natomiast fotografia z rysunku 5.115 pozwala zobaczyć, co znalazłem po rozebraniu typowego silnika krokowego.

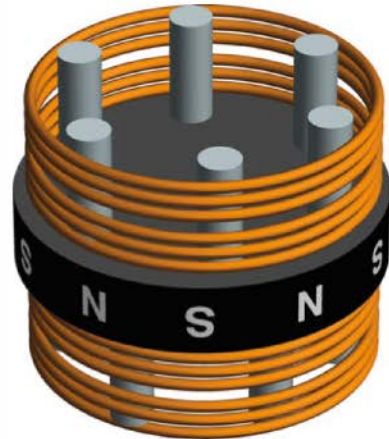
Pamiętaj, że kiedy sterujemy tym urządzeniem za pomocą zestawu układów czasowych 555, nie tylko ograniczamy się do podłączenia jednego z przewodów do potencjału ujemnego, pozostawiając pozostałe „w powietrzu”. W dowolnym momencie trzy z układów czasowych mają ujemny potencjał, a czwarty dodatni. Widać to na ostatnim diagramie z rysunku 5.112.

Założmy, że przewód na górze ma potencjał dodatni, a pozostałe trzy ujemny (rysunek 5.113). Dodatnie napięcie nie ma żadnego wpływu na urządzenie, ponieważ jest zbalansowane przez dodatni potencjał na drugim końcu cewek. Dwa ujemne potencjały dołączone do dolnego zestawu cewek tworzą takie same siły, które znoszą siebie wzajemnie (marnując przy tym trochę energii). Ostateczne działanie odpowiada temu z kroku numer 3.

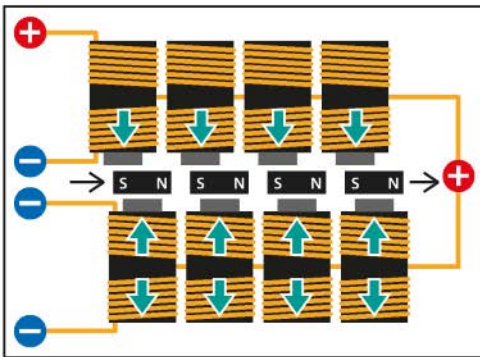
Jeżeli odłączysz całkowicie wspólny przewód, używając silnika krokowego z układami czasowymi 555, ten powinien dalej działać, ponieważ jeden z układów

dostarcza dodatnie zasilanie, podczas gdy inne mają potencjał ujemny. Taki sposób użytkowania silnika jest wręcz bardziej ekonomiczny.

Rysunki 5.114 i 5.115 pozwolą Ci lepiej wyobrazić sobie wewnętrzną budowę silnika krokowego.



Rysunek 5.114. Ten rysunek 3D pozwala lepiej wyobrazić sobie wewnętrzną budowę silnika krokowego. Miedziane cewki oraz szare cylindry są nieruchome. Między nimi porusza się czarny cylindryczny obiekt



Rysunek 5.113. Układy czasowe sterujące silnikiem krokowym aktywują poszczególne uzwojenia, pobierając z nich prąd. Mniej więcej tak wyglądają procesy zachodzące wewnątrz silnika. Nie jest to zbyt efektywny sposób wykonywania pracy



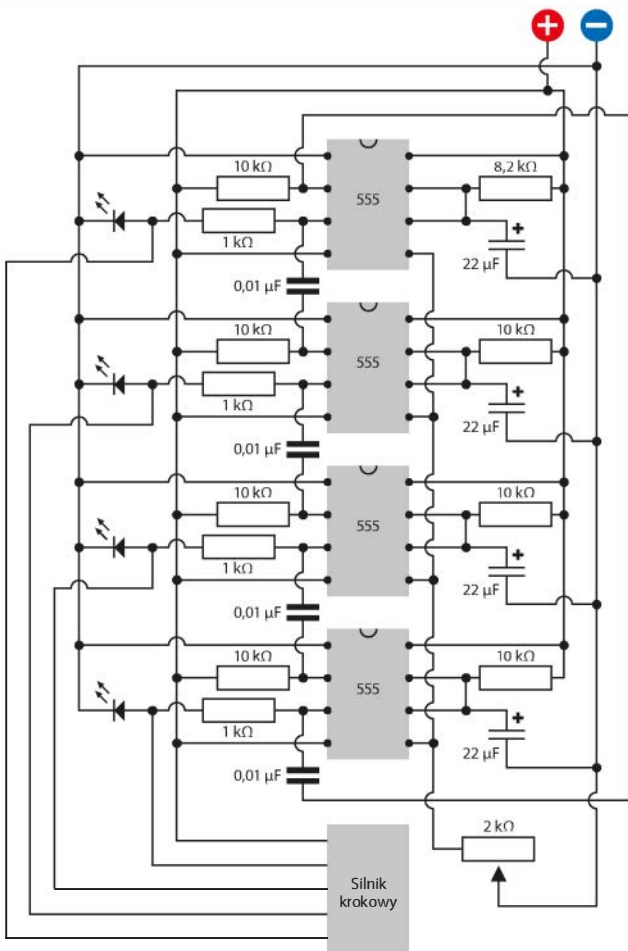
Rysunek 5.115. Oto, co można znaleźć po rozebraniu silnika krokowego. Po lewej stronie wirnik silnika z namagnetyzowaną wstęgą umieszczoną na okrągłym dysku — całość przymocowana do dolnej części obudowy. Po prawej stronie górna część obudowy z wymontowaną cewką. W rzeczywistości cewka składa się z dwóch uzwojeń nawiniętych w przeciwnym kierunku. Wystające małe pręty są namagnetyzowane i wywierają siłę na wirnik

Kontrola prędkości

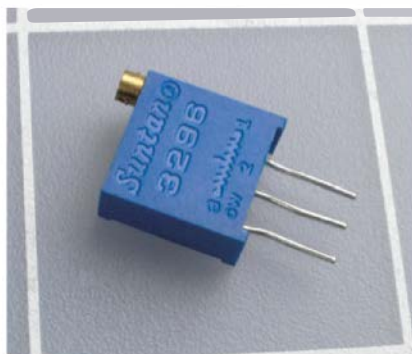
Jeżeli jesteś wyjątkowo wnikliwym obserwatorem, zauważyłeś zapewne, że pozostawiłem niepodpięte piny numer 5 wszystkich układów czasowych sterujących silnikiem na schemacie z rysunku 5.108. Pin numer 5 powinien być uziemiony przez kondensator w celu uniknięcia wychwytywania przypadkowych potencjałów, które mogłyby wpłynąć na dokładność układu.

Pozostawiłem te piny bez podpięcia, ponieważ mam pewien plan w związku z nimi. Zmiana prędkości działania układu jest dokładnie tym, czego potrzebujemy do sterowania szybkością silnika krokowego.

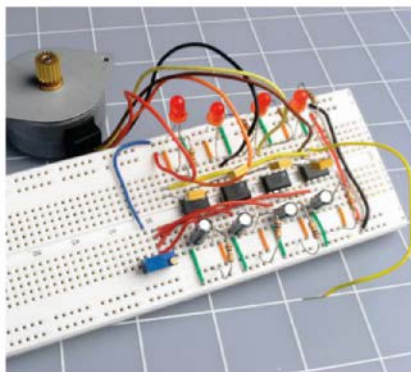
Jeśli połączysz razem wszystkie piny numer 5 układów czasowych, tak jak pokazuje to rysunek 5.116, a następnie umieścisz trymer 2 k Ω (widoczny na rysunku 5.117) między nimi a ujemnym źródłem zasilania, będziesz mógł przyspieszać pracę układu przez zmniejszanie jego rezystancji. Rysunek 5.118 pokazuje układ zmontowany na płytce prototypowej. Kiedy rezystancja spadnie poniżej 150 Ω , wszystko przestaje działać. Diody LED gasną, ponieważ obniżyłeś napięcie na pinie numer 5 poniżej poziomu, który układ 555 uznaje za akceptowalny.



Rysunek 5.116. Piny numer 5 układów czasowych 555 zostały zwarte i podłączone do potencjometru, który reguluje rezystancję pomiędzy nimi a ujemną stroną zasilania. W ten sposób można sterować szybkością pracy układu



Rysunek 5.117. Zbliżenie trymera z wyprowadzzeniami rozstawionymi co jedną dziesiątą cala, które umożliwiają wstawienie go do płytki prototypowej. Mosiężna śruba na szczycie obudowy porusza umieszczoną w środku przekładnię ślimakową, umożliwiając precyzyjne dobranie rezystancji elementu



Rysunek 5.118. Trymer dodany do układu w celu kontrolowania prędkości silnika

Początkowo zaproponowałem prędkość jednego kroku na jedną czwartą sekundy. Dzięki temu mogłeś zobaczyć, co się dzieje z silnikiem. W praktyce taka wolna praca nie będzie Ci potrzebna, możesz więc podnieść ogólny zakres prędkości. Usunąć kondensatory 22 μF wyznaczające stałą czasową i zastąpić je innymi, o wartości na przykład 4,7 μF lub mniejszej. Teraz regulacja trymera zapewnia użyteczny zakres prędkości.

Dodawanie autonomii

W tej chwili obwód robi dokładnie to, czego się od niego oczekuje. Następny krok to uczynienie go autonomicznym, czyli mówiąc inaczej, stworzenie iluzji samodzielnego podejmowania decyzji. Myślę o podmianie trymera na fotorezystor. Rezystancja fotorezystora kadmowo-siarczkowego jest największa, kiedy jest ciemno, i najmniejsza, kiedy świeci światło.

Problem z fotorezystorami polega na tym, że nie są one tak powszechnie dostępne, jak inne komponenty elektroniczne. Na przykład w serwisie *pl.mouse.com* nie można znaleźć praktycznie żadnych komponentów tego typu. Wynika to częściowo z małej użyteczności wyszukiwarki na tej stronie, a także braku orientacji tego sklepu na potrzeby hobbyistów. Musisz przeprowadzić samodzielne poszukiwania. Przejdź do wyszukiwarki Google i wpisz słowo **fotorezystor** lub **fotorezystor sklep**, a znajdziesz całą masę sklepów oferujących tego typu części w rozsądnej cenie.

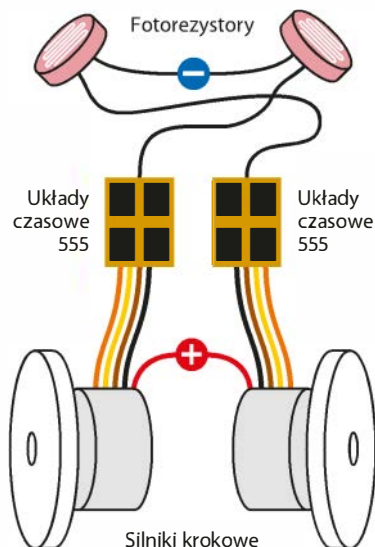
Ponieważ fotorezystory mają podobną tendencję do pojawiania się na rynku i równie szybkiego znikania z niego co silniki prądu stałego, nie będę przytaczał żadnych konkretnych numerów części. Możesz kupić dowolny model cechujący się odpowiednią rezystancją minimalną (w jasnym świetle) i rezystancją maksymalną (w ciemności). Dobrym wyborem byłaby część o rezystancji w przedziale od 500 do 3000 Ω . Jeżeli wszystkie, jakie jesteś w stanie znaleźć, mają rezystancję minimalną powyżej 500 Ω , możesz rozważyć połączenie ich równolegle.

Przygotowanie robota poszukującego światła

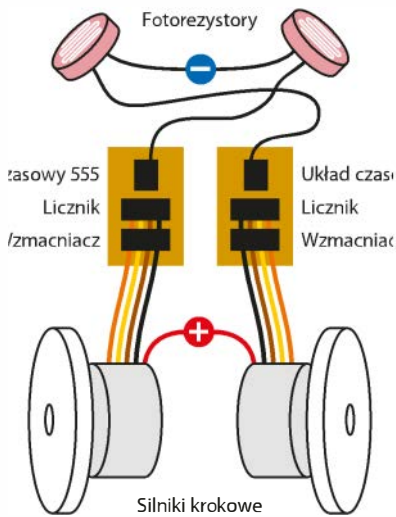
Dlaczego miałbyś kontrolować szybkość silnika krokowego za pomocą fotorezystora? Ponieważ naszym celem jest zbudowanie maszyny poruszającej się w kierunku źródła światła.

Sam pomysł jest bardzo prosty: użyjemy dwóch silników krokowych napędzających jedno z kół wózka. Prędkość tych silników będzie kontrolowana przez fotorezystory. Kiedy fotorezystor po prawej wychwyci większą ilość światła, jego rezystancja spadnie, powodując przyspieszenie pracy układów czasowych znajdujących się po lewej stronie i tym samym przyspieszenie obrotów koła po tej stronie. W ten sposób wózek zakręci w kierunku światła. Całą koncepcję ilustruje rysunek 5.119.

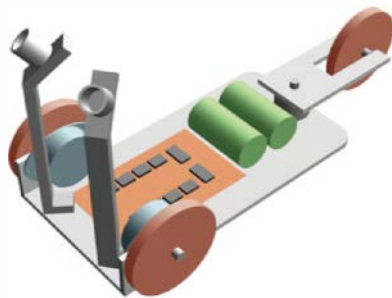
Zanim zabierzesz się do tworzenia połączeń wokół kolejnych układów czasowych, być może rozważysz bardziej odpowiedni komponent do tego celu. ULN2001A i ULN2003A są układami scalonymi zawierającymi wzmacniacze Darlingtona, zaprojektowane specjalnie w celu dostarczania prądu do elementów indukcyjnych, takich jak solenoidy, przekaźniki i (tak, dobrze zgadłeś) silniki. Każda kość ma siedem wejść, które wymagają bardzo niewielkiego prądu, i siedem wyjść, z których każde jest w stanie dostarczyć prąd rzędu 500 mA. Wejścia są kompatybilne z układami typu TTL i CMOS (2001 ma większą tolerancję napięć w porównaniu do 2003A), a każdy kanał wewnątrz kości funkcjonuje jako inwerter — kiedy wejście przechodzi w stan wysoki, wyjście ma stan niski i pobiera prąd. Jest to dokładnie to, czego potrzebujemy w przypadku naszego silnika krokowego, który posiada wspólne dodatnie połączenie.



Rysunek 5.119. Jeśli dwa fotorezystory będą kontrolować szybkość pracy zestawu układów czasowych 555, różnica w szybkości pracy tych zestawów będzie powodować skręcanie wózka w kierunku źródła światła



Rysunek 5.120. Bardziej wydajny sposób sterowania polega na kontrolowaniu każdego z pary silników krokowych przez pojedynczy układ czasowy połączony z licznikiem i wzmacniaczem (na przykład w postaci kolekcji wzmacniaczy Darlingotna) wysyłającym impulsy do uzwojenia. Podstawowa zasada działania pozostaje niezmienną



Rysunek 5.121. Ten trójwymiarowy rysunek przedstawia możliwą konstrukcję wózka poszukującego światła z dwoma fotorezystorami w małych kloszach ograniczających reakcję na światło

ULN2001A jest jedynie wzmacniaczem, dlatego musisz go poprzedzić licznikiem zliczającym od 1 do 4 (modulo 4). Jeżeli masz już zmontowane układy czasowe 555, możesz pozostać przy nich lub zastąpić je dowolnym licznikiem CMOS pracującym ósemkowo lub dziesiętnie, który wysyła impulsy przez zestaw swoich pinów wyjściowych. Użyj wyjścia z piątego w kolejności pinu jako sygnału przeniesienia, który spowoduje wyzerowanie licznika. Proponuję, aby był to licznik CMOS, głównie ze względu na jego możliwość pracy przy zasilaniu 12 V. W ten sposób będziesz mógł go zasilić z tego samego źródła, z którego korzysta silnik krokowy.

Po przejściu na liczniki CMOS nadal będziesz potrzebował pary układów czasowych 555 wytwarzających impulsy przeznaczone do zliczania. Układy czasowe będą pracowały swobodnie w trybie astabilnym, z prędkością kontrolowaną przez fotorezystory. Całą konfigurację pokazuje rysunek 5.120.

Ostatnim elementem, którego będziesz potrzebował, jest 12-woltowa bateria. Możesz użyć 8 baterii typu AA, ale uważam, że bardziej rozsądnym rozwiązaniem będzie zakup akumulatora z możliwością ładowania ze źródła, takiego jak www.superrobot.pl.

Po zmontowaniu wszystkiego w całość powinieneś przekonać się, że Twój robot-wózek umieszczony w pomieszczeniu, w którym panuje półmrok, będzie się kierował w stronę jasnego, skupionego słupa światła pochodzącego z latarki. W celu uzyskania lepszego wyniku możesz spróbować umieścić każdy z fotorezystorów w małym kloszu. Chodzi o uzyskanie sytuacji, w której fotorezystor odbiera znacznie więcej światła, kiedy skierowany jest w stronę światła, niż w sytuacji, kiedy stoi odwrócony od niego. Wizualizację tego pomysłu pokazuje rysunek 5.121.

Inny pomysł to takie skonfigurowanie wózka, aby uciekał od światła zamiast kierowania się w jego stronę. Czy potrafisz wyobrazić sobie sposób realizacji tego zadania?

Jeszcze jedna myśl: jeśli użyjesz fotorezystorów na podczerwień, będziesz mógł kontrolować wózek przy użyciu strumienia światła pochodzącego z diody LED na podczerwień w pomieszczeniu, gdzie panuje normalne oświetlenie. Jeśli zaprosisz przyjaciół i wyposażysz ich w nadajniki podczerwieni, będziecie mogli doprowadzić do sytuacji, w której wózek „biega” od jednej osoby do drugiej, jak posłuszny piesek.

W tym momencie przerywamy przygodę z robotyką. Jeśli temat okazał się interesujący, zachęcam Cię do dalszego szperania w sieci. Istnieje całe mnóstwo robotów w formie zestawów do samodzielnego montażu, chociaż ja uważam, że większą frajdę daje samodzielne wymyślanie i konstruowanie.

Pozostało nam już tylko jedno wprowadzenie — tym razem chodzi o urządzenie, które powinno uczynić Twoje życie łatwiejszym, chociaż ono samo jest o wiele bardziej skomplikowane od wszystkich konstrukcji, z jakimi miałeś do czynienia w tej książce.

Eksperyment 34: Połączenie sprzętu z oprogramowaniem

Przez całą książkę w myśl postawionego celu — **nauki przez odkrywanie** — prosiłem Cię, abys zaczął od przeprowadzenia eksperymentu, a następnie wprowadzałem wszelkie zasady i wzory związane z wykonanym projektem. Teraz muszę odwrócić ten schemat, ponieważ następny eksperyment wymaga tak wiele przygotowań, że jedynym słusznym podejściem jest poinformowanie Cię, czego możesz się spodziewać, zanim przystąpisz do działania.

Zamierzamy wejść w rzeczywistość mikrokontrolerów, często określanych skrótem MCU (ang. *micro controller unit*). Mikrokontrolery zawierają własną pamięć typu flash, która przechowuje stworzony przez Ciebie program. Pamięć flash przypomina tę, którą możesz spotkać w przenośnym odtwarzaczu muzyki lub karcie pamięci wkładanej do aparatu fotograficznego. Nie wymaga ona zasilania. Kość mikrokontrolera posiada również własny procesor wykonujący instrukcje programu, a także pamięć RAM, do której trafiają wyniki bieżących obliczeń, i ROM, gdzie zawarte są informacje odnośnie sposobu wykonywania zadań takich jak wykrywanie wejściowych stanów napięcia i ich zamiana na postać cyfrową do użytku wewnętrznego. Kontroler zawiera również bardzo dokładny oscylator, który pozwala mu śledzić upływ czasu. Wszystko razem daje mikroskopijny komputer, który można kupić już za kilkadziesiąt złotych.

Załóżmy, że masz małą szklarnię, w której temperatura nie może nigdy spaść poniżej zera. Montujesz w środku czujnik temperatury oraz dwa różne źródła ciepła. Chcesz, aby pierwsze z nich włączyło się, kiedy temperatura spadnie poniżej 3°C. Jeśli to urządzenie jest uszkodzone, po spadku temperatury poniżej zera powinien włączyć się drugi (zapasowy) grzejnik.

Zaprogramowanie mikrokontrolera do wykonania tego celu jest bardzo proste. Mógłbyś nawet rozszerzyć to działanie o dodatkowe funkcje, takie jak drugi czujnik temperatury, na wypadek gdyby pierwszy z nich nie zadziałał. Mikrokontroler mógłby na przykład użyć wartości tego czujnika, który dostarcza niższej wartości.

Innym zastosowaniem mikrokontrolera może być w miarę rozbudowany system bezpieczeństwa. Układ mógłby monitorować stan różnorodnych czujników antywłamaniowych i na ich podstawie podejmować rozmaite zaprogramowane wcześniej działania, włączając w to oczekiwanie określonej ilości czasu przed przejściem do kolejnego kroku programu.

Wiele mikrokontrolerów ma wbudowane dodatkowe funkcje, takie jak zdolność sterowania serwomechanizmami, które w odpowiedzi na strumień impulsów obracają się o określony kąt. Serwomechanizmy są powszechnie stosowane w modelach statków, samolotów i robotów sterowanych zdalnie.

Być może zastanawiasz się teraz, dlaczego od początku nie używaliśmy mikrokontrolerów, skoro potrafią one realizować tak różnorodne zadania. Dlaczego poświęciłem masę czasu na opisywanie alarmu antywłamaniowego zbudowanego z wielu elementów dyskretnych, które można byłoby zastąpić pojedynczą kością?

Na pytanie są trzy odpowiedzi:

1. Mikrokontrolery programowalne nie są całkowicie uniwersalne. Do porozumiewania się ze światem zewnętrznym potrzebują innych komponentów, takich jak tranzystory, przekaźniki, czujniki i wzmacniacze. Musisz znać zasadę ich działania, aby móc wykorzystać je w sposób inteligentny.
2. Mikrokontrolery wprowadzają własną klasę problemów i błędów związanych z użyciem oprogramowania jako dodatku do sprzętu. Więcej na ten temat powiemy później.
3. Mikrokontrolery posiadają swoje ograniczenia — najbardziej oczywistymi są wymóg zasilania regulowanym napięciem 5 V i brak możliwości operowania na dużych prądach przez piny układu. Ich użycie wymaga również poznania języka programowania (który różni się w zależności od marki układu). Wprowadzenie programu do kości mikrokontrolera związane jest z koniecznością posiadania odpowiedniego sprzętu pozwalającego podłączyć ją do komputera i załadować do jej wnętrza odpowiednie dane — to zadanie nie jest trywialne.

Podczas tego eksperymentu dowiesz się, jak napisać program dla małego i prostego mikrokontrolera programowalnego, a następnie przenieść go do wnętrza kości i zobaczyć w działaniu.

Początki układów programowalnych

W fabrykach i laboratoriach wiele procedur przeprowadza się na zasadzie wielokrotnych powtórzeń. Czujnik przepływu może kontrolować element grzejny, a czujnik ruchu może dostosowywać prędkość silnika. Do przeprowadzania tego typu rutynowych procedur doskonale nadają się mikrokontrolery.

Firma o nazwie General Instrument wprowadziła w roku 1976 pierwszą serię mikrokontrolerów programowalnych, określając je skrótem PIC (ang. *Programmable Intelligent Computer* lub *Programmable Interface Controller* — w zależności od tego, które źródło jest bardziej wiarygodne). General Instrument sprzedał następnie tę markę firmie Microchip Technology, która posiada ją do dziś.

Skrót „PIC” jest zastrzeżonym znakiem towarowym, ale czasem używa się go w pojęciu ogólnym, podobnie do „taśmy szkockiej”. W tej książce wybrałem kontrolery bazujące na architekturze PIC. Są one licencjonowane przez firmę z Wielkiej Brytanii o nazwie Revolution Education Ltd., która nazywa swoją linię kości PICAXE (nazwa nie ma żadnego logicznego znaczenia, za to bardzo ładnie brzmi).

Lubię te mikrokontrolery, ponieważ powstały one pierwotnie w celach edukacyjnych i są bardzo łatwe w użyciu. Kosztują niewiele, a niektóre z nich posiadają naprawdę bogatą funkcjonalność. Pomimo ich dziwnej nazwy uważam, że nadają się najlepiej do wprowadzenia w podstawowe koncepcje mikrokontrolerów programowalnych.

Kiedy skończysz bawić się kośćmi PICAXE i będziesz chciał dalej zajmować się mikrokontrolerami, proponuję układy BASIC Stamp (używające podobnego języka, ale wzbogaconego o bardziej funkcjonalne komendy) oraz bardzo popularne układy Arduino (będące nowszymi projektami z bardzo bogatą funkcjonalnością, ale wymagające poznania odmiany języka C). Więcej na ich temat powiem w dalszej części książki.

Pod adresem <http://en.wikipedia.org/wiki/PICAXE> znajdziesz doskonałe wprowadzenie — w języku angielskim — do różnorodnych cech tego mikrokontrolera. Szczercze mówiąc, jest ono bardziej przejrzyste od tego, które znajdziesz na stronie PICAXE.

Zaopatrzenie

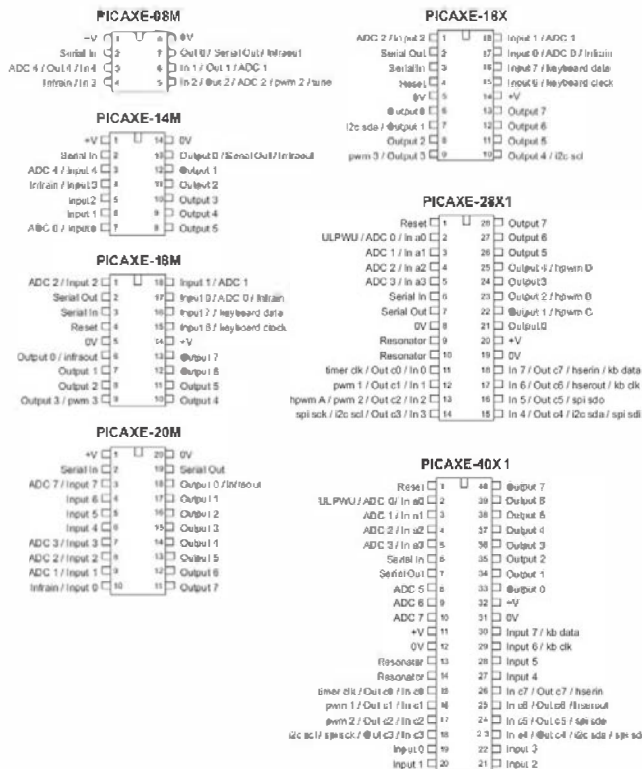
Niektóre z układów PICAXE zostały przedstawione na rysunku 5.122. Pokażę Ci, jak użyć najmniejszego z nich — 08M — kosztującego około 15 złotych i tańszego od wszelkich innych mikrokontrolerów, jakie udało mi się znaleźć. Ta kość ma jedynie 256 bajtów pamięci przeznaczonej na program (nie gigabajtów, nie megabajtów, nie kilobajtów, tylko 256 bajtów!). Zdziwisz się jednak, jak wiele możliwości daje tak mała przestrzeń. Na rysunku 5.123 widać układ 08M w zbliżeniu. Dla bezpieczeństwa jego nóżki zostały wpięte w kawałek pianki przewodzącej.

Na liście dystrybutorów PICAXE (www.picaxe.com/Distributors) nie ma słowa o Polsce, dlatego dostanie kości tego typu może nie być łatwe. Producent poleca zakup w sklepie internetowym www.techsupplies.co.uk, gdzie kość 08M kosztuje około dwóch funtów.

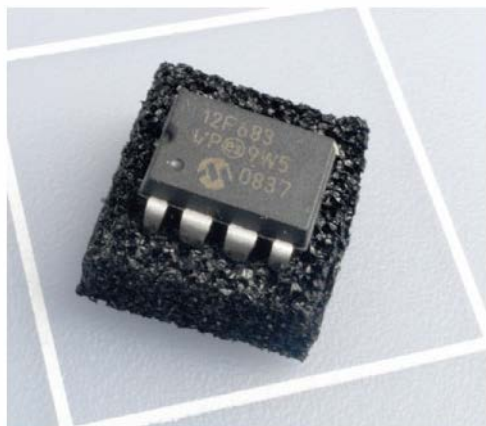
Niektórzy dystrybutorzy sprzedają również zestawy startowe, takie jak przedstawiony na rysunku 5.124 (być może ze względu na to, że sama kość jest tak tania, iż nie można na niej zbyt dużo zarobić)²². Do naszych celów wystarczy, jeśli kupisz samą kość (proponuję kupić dwie sztuki, na wypadek gdyby jedna z nich uległa uszkodzeniu, na przykład w wyniku zasilania w odwrotnym kierunku).

Należy zacząć od napisania instrukcji dla swojej kości na komputerze, a następnie przesać je do pamięci kości za pomocą kabla. Musisz zatem kupić odpowiedni kabel i zaopatrzyć się w oprogramowanie niezbędne do stworzenia kodu.

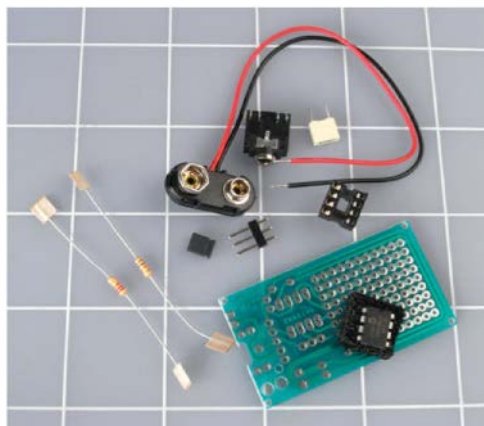
²² Zestaw tego typu można kupić na przykład w europejskim oddziale sklepu www.roboshop.com/eu — *przyj. tłum.*



Rysunek 5.122. Strona z katalogu PICAXE pokazuje niektóre z dostępnych kości. Układy zbudowane w celach edukacyjnych okazały się dobrym narzędziem do prototypowania



Rysunek 5.123. Kość zamówiona u jednego z dystrybutorów na terenie Stanów Zjednoczonych została dostarczona w opakowaniu z kawałkiem pianki przewodzącej. Układ ma wymiary odpowiadające układowi czasowemu 555, ale w środku znajduje się miniaturowy komputer



Rysunek 5.124. Typowy zestaw startowy PICAXE zawiera płytkę drukowaną, której raczej nie będziesz potrzebował, a także inne części, bez których można się obejść. Jedyne niezbędnym elementem z tego zestawu jest 3,5-milimetrowe gniazdo typu jack (czarny obiekt mniej więcej w środku zdjęcia)



Rysunek 5.125. Kabel USB przeznaczony do współpracy z układami PICAXE poprzez gniazdo jack 3,5 mm. Wtyczki nie należy wtykać do żadnych urządzeń audio. Kabel służy do nawiązania połączenia szeregowego z komputerem i przesłania kodu programu do kości

Do kości PICAXE można wykorzystać kabel szeregowy, ale nie polecam tego rozwiązania. Stary standard komunikacji szeregowej między komputerami — RS-232 — wychodzi już z użytku, a świadomy tego producent chipów oferuje kabel USB (zawierający konwerter na standard szeregowy wewnątrz wtyczki). Kabel USB jest odrobinę tańszy, prostszy, a jednocześnie kompatybilny z komputerami firmy Apple. Kabel tego typu możesz kupić w sklepie www.techsupplies.co.uk jako część o nazwie AXE027 (w niektórych sklepach kabel ten może być również oznaczony numerem PGM-08312). Kabel został pokazany na rysunku 5.125.

Odpowiednim narzędziem do napisania programu i wysłania go kablem do kości jest PICAXE Programming Editor. Ten edytor występuje jedynie w wersji przeznaczony dla Windows. Użytkownicy systemów operacyjnych MacOS i Linux mogą ściągnąć program o nazwie AXEpad (mniej funkcjonalny, ale spełniający podstawowe oczekiwania). Programy można ściągnąć ze strony www.picaxe.com/Software.

Ponieważ producent układów PICAXE użył wtyczki jack w swoim kablu USB, będziesz potrzebował gniazda tego typu z wyprowadzeniami umożliwiającymi lutowanie (na przykład część o numerze FC68131w sklepie www.tme.eu). Liczba: 1. Patrz rysunek 5.126.

Co ciekawe, najdroższą częścią z całej listy jest kabel USB (ze względu na elektronikę ukrytą w środku).



Rysunek 5.126. Zbliżenie 3,5-milimetrowego gniazda jack stereo używanego do przesyłania danych poprzez kabel USB

Instalacja i konfiguracja oprogramowania

Teraz musisz przejść przez fazę konfiguracji środowiska. Nie ma sposobu, aby uniknąć tego kroku. Twoim zadaniem będzie:

1. Zainstalowanie sterownika, dzięki któremu Twój komputer będzie rozpoznawał kabel USB przeznaczony do komunikacji z chipem.
2. Zainstalowanie aplikacji do programowania (w przypadku Windows będzie to Programming Editor, w przypadku Linuxa lub maca AXEpad), dzięki której będziesz mógł napisać program, a następnie załadować go do kości.
3. Zamontowanie kości PICAXE na płytce prototypowej i dodanie gniazda, przez które „splywać” będzie oprogramowanie.

Powyższe kroki są wyjaśnione w kolejnych sekcjach.

Sterownik USB

Wejść na stronę PICAXE (www.picaxe.com) i wybierz opcję *Software*. Możesz także użyć funkcji wyszukiwania, wpisując na przykład frazę **USB driver**.

Przewiń stronę do sekcji ze sterownikami (*Drivers*). Szukaj nagłówka „AXE027 USB Cable Driver”. Mimo ikonki przedstawiającej wszystkie obsługiwane systemy operacyjne przycisk *Download* w tym miejscu powoduje pobranie jedynie wersji dla Windows. Aby ściągnąć sterownik dla innego systemu, kliknij w nagłówek. Zostaniesz przeniesiony na stronę poświęconą wyłącznie temu sterownikowi. W zakładce *Downloads* znajdziesz pliki do ściągnięcia dla innych systemów operacyjnych. Kliknij w przycisk odpowiedni dla Twojego komputera i wskaż miejsce, gdzie chcesz zapisać program — powinno być to miejsce, które odnajdziesz bez problemu (na przykład pulpit komputera).

Pobrany plik ma formę archiwum ZIP. Musisz go rozpakować. Jeżeli używasz Windows, kliknij prawym przyciskiem na ikonke i wybierz polecenie *Rozpakuj wszystko*. Wśród rozpakowanych plików znajdziesz instrukcję instalacji w formacie PDF. Instrukcję dla wszystkich obsługiwanych systemów operacyjnych znaleźć można również pod adresem www.picaxe.com/docs/AXE027.pdf.

Uważaj, aby przez pomyłkę nie ściągnąć sterownika dla adaptera USB-port szeregowy (USB010). Ten adapter jest czymś zupełnie innym.

Oto kilka rad, które pozwolą uniknąć niepotrzebnego zdenerwowania podczas instalowania sterownika:

1. Pamiętaj, że kabel USB zawiera w środku elektronikę. Nie jest to zwykły kawałek przewodu, ale urządzenie zaprojektowane do współpracy z chipem PICAXE. **Nie próbuj używać go do innych celów.**
2. Wepnij kabel, **zanim** zaczniesz instalować sterownik, ponieważ Twój komputer będzie musiał sprawdzić, czy sterownik pasuje do niego.
3. Nie podłączaj końcówki PICAXE do drugiego końca kabla **przed** pomyślnym zainstalowaniem sterownika.
4. Każdy port USB w Twoim komputerze ma niezależny identyfikator. Wybierz dowolny port, podpinając kabel pierwszy raz, a następnie **używaj wyłącznie tego portu**. W przeciwnym razie będziesz musiał powtarzać proces instalowania kabla.
5. Mając na uwadze punkt numer 4, powinieneś unikać używania kabla poprzez zewnętrzny hub USB.
6. Kabel symuluje zachowanie portu szeregowego, stąd też mikrokontroler PICAXE „ma wrażenie” komunikacji z takim portem. Porty szeregowy są oznaczane jako COM1, COM2, COM3 lub COM4. Instalator sterownika wybierze jeden z takich portów dla Ciebie. Później będziesz musiał wiedzieć, który z nich to jest. Pomoc w przeprowadzeniu tego procesu znajdziesz w dokumencie PDF. Tego kroku nie można, niestety, pominąć.

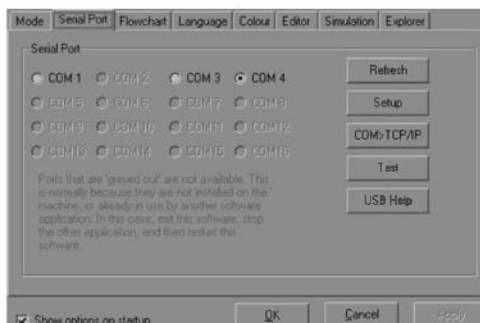
PICAXE Programming Editor

Jeśli dotarłeś tutaj, jesteś gotowy do dużego kroku w przód, który jest znacznie łatwiejszy od instalowania sterownika. Potrzebujesz aplikacji o nazwie PICAXE Programming Editor, dostępnej za darmo w sekcji oprogramowania (tam, gdzie znalazłeś sterownik USB). Jeżeli używasz maca lub Linuxa, będzie Ci potrzebny AXEpad — edytor dostępny na tej samej stronie.

Pobranie i instalacja programu powinny przebiec łatwo i bezboleśnie. Po pomyślnej instalacji powinieneś znaleźć ikonkę ze skrótem do programu na swoim pulpicie. Kliknij ją dwukrotnie, a następnie otwórz okno opcji programu (*View|Options*) — rysunek 5.127 — i kliknij w zakładkę *Serial Port*. Powinieneś zobaczyć dialog przypominający ten z rysunku 5.128. Upewnij się, że Programming Editor ma ustawiony ten sam port COM, który wybrałeś podczas instalacji sterownika. W przeciwnym wypadku edytor nie będzie wiedział, gdzie powinien szukać Twojej końcówki PICAXE.



Rysunek 5.127. Zrzut ekranowy okna opcji programu PICAXE Programming Editor, którego musisz użyć do wskazania typu układu, jaki będziesz programował (w naszym przypadku — 08M)



Rysunek 5.128. Kolejny zrzut ekranowy okna opcji programu przedstawia ustawianie portu szeregowego. Tutaj musisz wskazać numer portu, który wybrałeś podczas instalacji sterownika

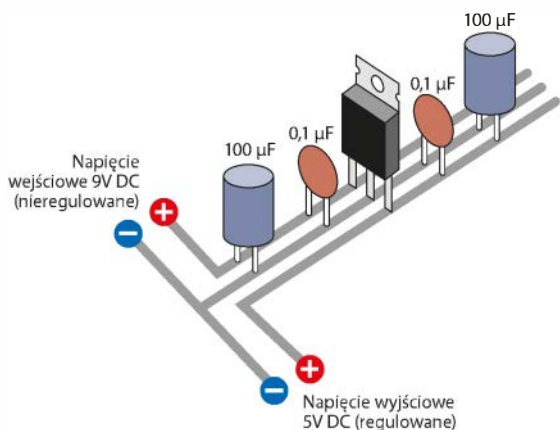
Na razie nie masz zbyt dużo radości z zabawy mikroprocesorami, ale przeszedłeś przez proces przygotowania oprogramowania. Ostatni krok do osiągnięcia pełnej gotowości to montaż kości PICAXE i odpowiedniego gniazda w płytce prototypowej.

Przygotowanie sprzętu

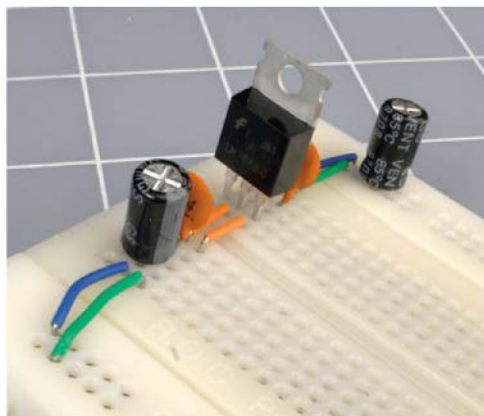
Kość PICAXE 08M przypomina wyglądem układ czasowy 555. Inne chipy z tej rodziny mają większą liczbę pinów i więcej funkcji. Podobnie do układów logicznych, których używaliśmy wcześniej, PICAXE 08M wymaga regulowanego napięcia 5 V. Inżynierowie PICAXE są dosyć stanowczy pod względem ochrony układu przed szpilkami napięcia. Chcą, abyś użył dwóch kondensatorów (100 μF i 0,1 μF) po każdej stronie regulatora napięcia LM7805. Wygląda to na lekką przesadę, ale z drugiej strony, wymiana uszkodzonego mikrokontrolera PICAXE jest nieco bardziej kosztowna od wymiany na przykład układu czasowego 555. Nie pójdziesz zwyczajnie do sklepu po kolejny egzemplarz. Zróbmy zatem na wszelki wypadek to, czego oczekuje od nas producent, i skonfigurujmy płytkę prototypową zgodnie z rysunkami 5.129 i 5.130.

Jeśli chodzi o samą kość, zauważ, że piny dodatniego i ujemnego zasilania są umieszczone dokładnie na odwrót w porównaniu do pinów o tej samej funkcji w układzie czasowym 555, dlatego zachowaj czujność!

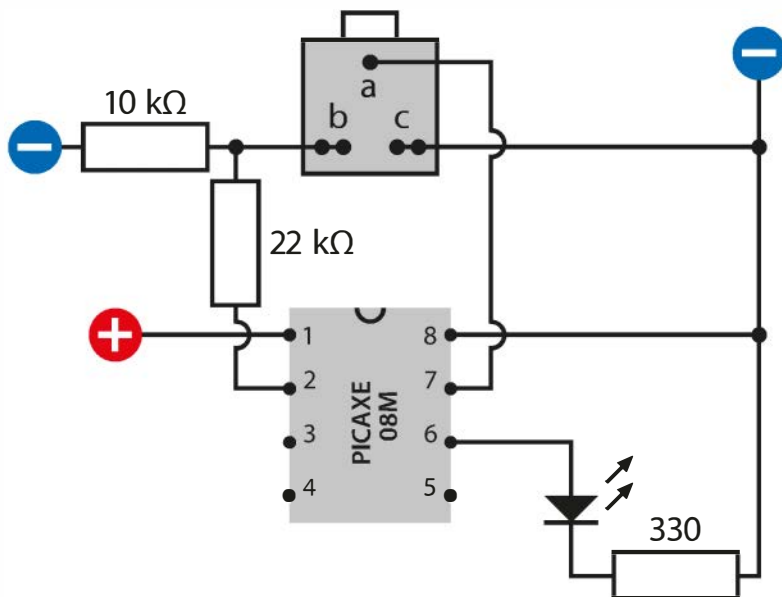
Przygotuj obwód zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku 5.131. Zauważ, że gniazdo jack stereo leży na swojej tylnej ścianie, ponieważ moim zdaniem w taki sposób musisz go użyć podczas montażu na płytce prototypowej. Gniazdo można próbować wetknąć w płytkę (rozstaw wyprowadzeń powinien pasować), ale kiedy będziesz wkładał do środka wtyczkę, przyłożona siła spowoduje uniesienie gniazda i prawdopodobną utratę kontaktu elektrycznego ze ścieżkami płytki. Lepszym rozwiązaniem będzie przylutowanie przewodów do wyprowadzeń i wetknięcie ich drugich końców w płytkę. Patrz rysunek 5.133.



Rysunek 5.129. Dokumentacja układu PICAXE wskazuje konieczność użycia kondensatorów 100 μF i 0,1 μF po wejściowej i wyjściowej stronie regulatora 5-woltowego. Komponenty te mogą być umieszczone w płytce prototypowej, tak jak pokazuje to rysunek



Rysunek 5.130. Rzeczywisty wygląd komponentów odpowiedzialnych za regulację napięcia po umieszczeniu ich w płytce prototypowej. Dostarczają one regulowane napięcie 5 V (dodatnie i ujemne) wzdłuż każdej ze stron płytki



Rysunek 5.131. Schemat obwodu testowego układu PICAXE 08M z widocznym spodem gniazda jack stereo, a także kluczowymi rezystorami 10 kΩ i 22 kΩ podłączonymi do pinu wejściowego i diodą LED sygnalizującą stan wyjściowy układu

Zwracam uwagę, iż podręczniki PICAXE stosują inną konwencję oznaczeń. Staralem się jednak zachować ten sam sposób opisywania elementów wtyczki i gniazda — identyfikowanych na rysunku literami a, b i c.

Jedna drobna uwaga na temat gniazda, które dotychczas jest w zestawie zawierającym mikrokontroler PICAXE: zazwyczaj posiada ono **dwie** pary kontaktów dla połączeń opisanych w podręczniku oraz na schemacie z rysunku 5.131 literami b i c. Kiedy będziesz tworzył połączenie lutowane, powinno ono obejmować **oba** kontakty w każdej parze (patrz rysunek 5.132).

Pamiętaj, że mikrokontroler PICAXE musi być zasilany napięciem 5 V, a regulator napięcia dostarczy taką wartość tylko, jeśli zostanie zasilony napięciem o kilka woltów wyższym. Jeśli użyjesz 9 V, regulator będzie miał zapewniony komfort pracy pod względem emitowanego ciepła.

Rezystory 22 kΩ i 10 kΩ są niezbędne — dlatego tak jest, dowiesz się z sekcji zatytułowanej „Rezystory podciągające pin numer 2”. Mój schemat zawiera również diodę LED i rezystor 330 Ω, ale te części są potrzebne tylko chwilowo do przeprowadzenia naszego testu.

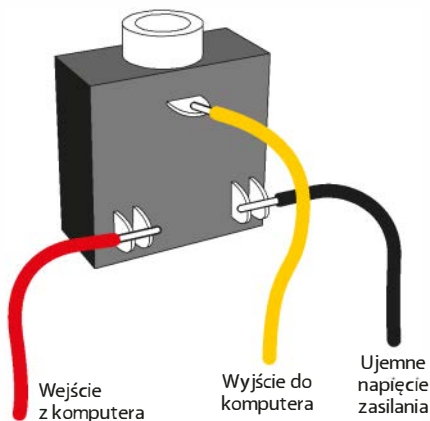


Rezystory podciągające pin numer 2

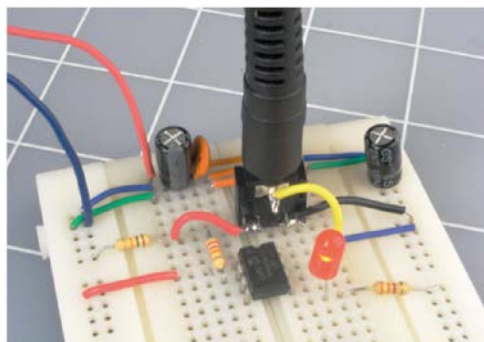
Nigdy nie zapominaj o dołączeniu rezystorów 22 kΩ i 10 kΩ w konfiguracji przedstawionej na schemacie z rysunku 5.131. Ich zadaniem jest dostarczenie właściwego napięcia do połączenia szeregowego, a kiedy używasz PICAXE, samodzielnie ustalają odpowiedni potencjał na pinie numer 2.

Gdyby pin numer dwa był niepodłączony („wisi w powietrzu”), mógłby przechwytywać losowe wahania napięcia, które chip interpretowałby błędnie jako nowy program lub inne instrukcje. W efekcie zachowanie układu byłoby nieprzewidywalne.

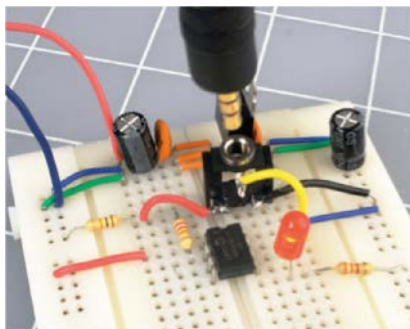
Rezystory 22 kΩ i 10 kΩ należy traktować jako komponenty na stałe związane z mikrokontrolerem PICAXE niezależnie od tego, czy w danej chwili jest on podłączony do komputera, czy też nie.



Rysunek 5.132. Prawidłowe podłączenie przewodów do gniazda jack ma kluczowe znaczenie. Lutując przewody do wyprowadzeń gniazda, zadбай o to, aby przewody dotykały obu blaszek każdego z wyprowadzeń



Rysunek 5.133. Układ testowy zmontowany na płytce prototypowej z wtyczką kabla USB wtykniętą w gniazdo. Mikrokontroler PICAXE jest gotowy do pobrania programu, który zacznie natychmiast wykonywać



Rysunek 5.134. Po wpisaniu programu do kości można wyciągnąć wtyczkę. Program będzie kontynuował wykonanie, powodując miganie diody

Sprawdzenie połączenia

Kiedy będziesz chciał zaprogramować lub przeprogramować mikrokontroler, wykonaj uważnie poniższe kroki:

1. Wetknij wtyczkę USB kabla PICAXE do tego samego portu USB, którego używałeś wcześniej.
2. Uruchom Programming Editor (lub AXEpad, jeśli używasz systemów Max OS lub Linux).
3. W ustawieniach edytora (dostępnych przez menu *View | Options*) sprawdź, czy używa on prawidłowego portu COM oraz czy jest przygotowany do pracy z chipem 08M.
4. Wetknij wtyczkę jack stereo do gniazda stereo umieszczonego na płytce prototypowej. Patrz rysunki 5.133 i 5.134.
5. Sprawdź poprawność połączeń, a następnie podłącz zasilanie do płytki prototypowej.
6. Kliknij przycisk *Program* w edytorze, aby aplikacja rozpoczęła poszukiwanie chipu PICAXE.

Co zrobić w przypadku problemów?

Zacznij od wyciągnięcia wtyczki kabla USB z gniazda umieszczonego na płytce prototypowej, pozostawiając drugi koniec kabla podłączony do komputera. Ustaw swój miernik na pomiar napięcia stałego (DC) i dotknij końcówkami pomiarowymi sekcji b i c na wtyczce (patrz rysunek 5.135). Teraz kliknij ponownie przycisk *Program*. Na mierniku powinieneś zobaczyć przez krótką chwilę napięcie 5 V wychodzące z komputera i docierające do końca kabla.

Jeśli wykryłeś to napięcie, oprogramowanie jest zainstalowane poprawnie i działa zgodnie z oczekiwaniami. Problem musi występować gdzieś na płytce prototypowej. Może to być problem z samym chipem lub jego okablowaniem.

Jeśli nie wykryłeś napięcia na wtyczce, prawdopodobnie program został zainstalowany błędnie lub szuka na niewłaściwym porcie. Spróbuj go odinstalować i zainstalować ponownie.

Twój pierwszy program

Dotarliśmy do chwili, kiedy możesz stworzyć swój pierwszy program. Wpisz następujący kod w oknie edytora:

```
main:
  high 1
  pause 1000
  low 1
  pause 1000
  goto main
```

Nie zapomnij umieścić dwukropka po słowie `main` w pierwszym wierszu (patrz rysunek 5.136). Wcięcia można utworzyć, naciskając klawisz `Tab`. Ich jedynym zadaniem jest poprawienie czytelności programu. Aplikacja ignoruje ich obecność.



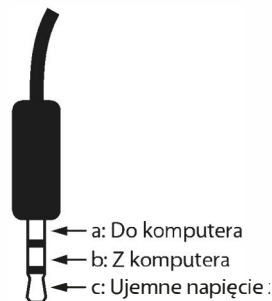
Rysunek 5.136. Zrzut ekranowy przedstawiający pierwszy program wyświetlany w oknie aplikacji Programming Editor (na komputerze z systemem operacyjnym Windows)

Kliknij przycisk `Program`, aby załadować program do kości. Natychmiast po załadowaniu programu chip powinien zacząć zapalać diodę LED na jedną sekundę, a następnie wyłączać ją na kolejną sekundę. Kroki potrzebne do zaprogramowania mikrokontrolera przedstawia rysunek 5.137.

Teraz zobaczysz coś ciekawego: odłącz kabel USB od płytki. Obwód powinien nadal działać, powodując miganie diody LED.

Odłącz zasilanie od płytki prototypowej i poczekaj minutę lub dwie, aby kondensatory straciły swój ładunek. Podłącz z powrotem zasilanie — chip wznowi pracę i dioda zacznie ponownie migać.

Załadowany przez Ciebie program pozostanie w pamięci kości i będzie uruchamiany za każdym razem, kiedy przyłożysz do niej zasilanie.



Rysunek 5.135. Wtyczka jack stereo na końcu kabla USB służącego do ładowania programu może zostać wykorzystana do wykrycia miejsca błędu. Po podłączeniu końcówek pomiarowych miernika ustawionego na pomiar napięcia stałego do sekcji `b` i `c` możesz sprawdzić, czy Programming Editor wysłał dane przez połączenie szeregowo

Napisz program,
używając edytora
PICAXE



Kliknij przycisk
Program,
aby wysłać go do
mikrokontrolera



Chip PICAXE
rozpoczyna
wykonywanie
programu



Możesz teraz
odłączyć wtyczkę
jack stereo

Rysunek 5.137. Cztery kroki potrzebne do stworzenia i uruchomienia programu przez mikrokontroler PICAXE

Program nie używa numerów pinów będących ich fizycznymi pozycjami w obudowie mikrokontrolera, ale wartości, które ja określam mianem „logicznych numerów pinów”. Fizyczne piny odpowiadające numerom pinów logicznych przedstawia rysunek 5.138. Rysunek 5.139 opisuje ich dodatkowe funkcje. Pin numer zero umieściłem dodatkowo w nawiasach, aby zaznaczyć, że jego głównym zadaniem jest wysyłanie danych do komputera poprzez kabel USB. Może on służyć również jako pin wyjściowy, ale dopiero po odłączeniu kabla USB. Bardzo łatwo można zapomnieć o tym szczególe — z tego też powodu nie używam tego pinu do innych celów.

Analiza programu

Przyjrzyjmy się programowi, który napisałeś. Pierwszy wiersz identyfikuje sekcję programu — tutaj mamy tylko jedną sekcję, więc nazywamy ją zwyczajowo main (główna). Każde słowo zakończone dwukropkiem staje się nazwą sekcji programu:

```
main:
```

Drugi wiersz nakazuje wystawienie stanu wysokiego na wyjściowym pinie logicznym numer 1:

```
high 1
```

Trzeci wiersz programu nakazuje odczekać 1000 milisekund, czyli jedną sekundę:

```
pause 1000
```

Czwarty wiersz nakazuje zmienić stan logiczny pinu numer 1 z powrotem na niski:

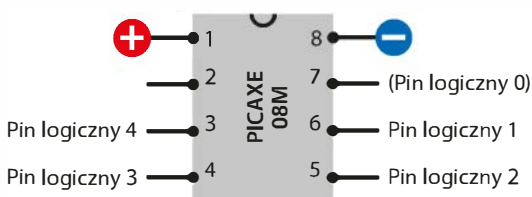
```
low 1
```

Piąty wiersz ponownie zatrzymuje wykonanie na 1000 milisekund:

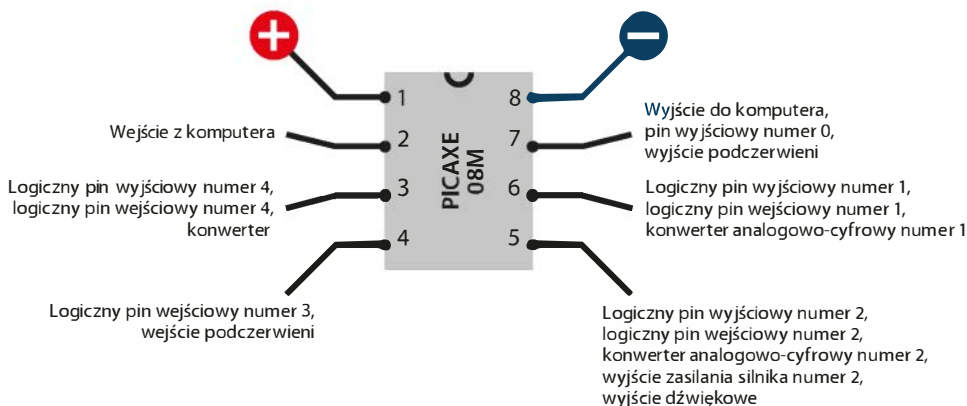
```
pause 1000
```

Ostatni wiersz wymusza powrót do początku sekcji main programu:

```
goto main
```



Rysunek 5.138. Tradycyjne numery pinów kości PICAXE są niezgodne ze sposobem ich numerowania w języku programowania PICAXE. W celu uniknięcia nieporozumień dokumentacja określa te piny mianem „logicznych” w miejscach opisujących programowanie mikrokontrolera



Rysunek 5.139. Niektóre z pinów kości PICAXE 08M realizują wielorakie funkcje, które można wybrać poprzez odpowiednie instrukcje programu

Edycja

Co zrobić, jeśli chcesz zmienić program? Nie ma problemu! Zmodyfikuj jeden lub więcej wierszy kodu w edytorze — możesz na przykład zmienić wartość 1000 na 100. (Komenda `pause` może przyjąć wartość sięgającą 65536). Nie używaj w programie separatorów części tysięcznych.

Wepnij kabel USB ponownie w gniazdo na płytce i kliknij przycisk *Program*. Nowa wersja programu zostanie wprowadzona do mikrokontrolera, nadpisując wersję istniejącą.

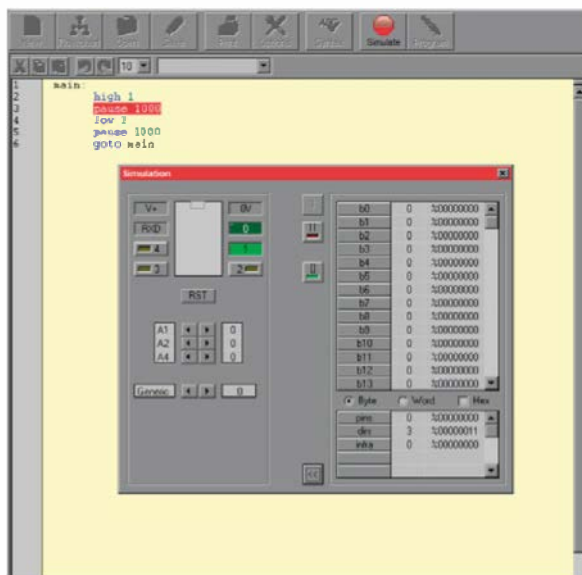
Jeżeli chcesz zachować program na przyszłość, zapisz go na dysku twardym, używając polecenia w menu *File*. Pliki z programami otrzymują rozszerzenie `.bas`, ponieważ kod używany przez narzędzia PICAXE jest wariantem języka BASIC.

Symulacja

Jeżeli zrobisz zwykłą literówkę w kodzie, Programming Editor znajdzie ją i uniemożliwi wysłanie programu do urządzenia. Będziesz musiał sam znaleźć wadliwy wiersz i naprawić go.

Nawet jeśli program jest napisany bez błędów składniowych, warto przeprowadzić jego symulację przed wysłaniem go do chipu. Możesz to zrobić, klikając przycisk *Simulate* na pasku narzędzi edytora. Otwarte zostanie nowe okno, z diagramem przypominającym fizyczny wygląd chipu wraz ze stanem jego pinów. (Zwracam uwagę, że przy bardzo krótkich komendach `pause` symulator nie będzie w stanie nadążyć czasowo z wykonaniem programu). Zrzut ekranowy okna symulatora przedstawia rysunek 5.140.

Wszystkie komendy oraz ich prawidłową składnię znajdziesz w drugiej części dokumentacji PICAXE. Dokument ten znajdziesz pod adresem www.picaxe.com/docs/picaxe_manual1.pdf.



Rysunek 5.140. Zrzut ekranowy okna symulatora, które można tworzyć w edytorze przed wysłaniem programu do chipu. Po lewej stronie wyświetlane są stany poszczególnych pinów, a po prawej wartości zmiennych

Pętle

Oto kolejna rzecz, którą chciałbym, abyś wypróbował. Przepisz poniższy kod i prześlij go do swojego mikrokontrolera:

```
main:
  for b0 = 1 to 5
    high 1
    pause 200
    low 1
    pause 200
  next
  wait 2
  goto main
```

b0 jest literą, za którą znajduje się cyfra zero, a nie literą b i literą O. Dodatkowe wcięcia służą ponownie lepszemu zrozumieniu kodu. Cztery wiersze kodu zaczynające się od `high 1` i kończące na `pause 200` będą powtarzane, dlatego dobrze jest przedstawić je w formie bloku kodu.

Obserwuj uważnie to, co się dzieje z diodą LED podczas wykonania programu. Powinna ona mignąć szybko 5 razy, a następnie zgasnąć na dwie sekundy. Po tym czasie cały proces zacznie się od nowa serią pięciu mignięć. Właśnie dodałeś **pętlę** do swojego programu. Pętli używasz, kiedy chcesz, aby wybrany fragment programu został wykonany więcej niż jeden raz.

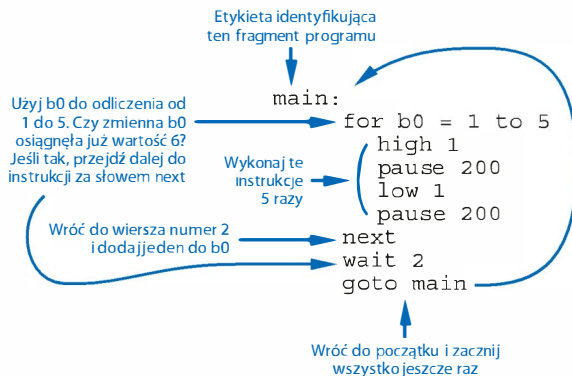


Rysunek 5.141. Żeby zrozumieć działanie programu, wyobraź sobie zmienną jako pudełko, które w środku przechowuje liczbę, a na zewnątrz ma przyklejoną swoją nazwę

b0 to **zmienna**. Możesz ją traktować jak małe pudełko z pamięcią i własną nazwą — b0 — przyklejoną z boku (patrz rysunek 5.141). To konkretne pudełko może przechowywać liczbę od 0 do 255. Pętla rozpoczyna się od polecenia umieszczenia w pudełku liczby 1, później wykonują się pozostałe instrukcje aż do momentu, kiedy słowo `next` spowoduje powrót procesora do pierwszego wiersza pętli i dodanie kolejnej jedynek do zmiennej b0. Jeśli b0 ma wartość 5 lub mniejszą, pętla powtarza się. Jeżeli b0 ma wartość 6, pętla wykonała się pięć razy i dobiegła końca, a mikrokontroler przechodzi do wyrażenia `wait 2` znajdującego zaraz za `next`. Cały program z opisem działania przedstawiony został na rysunku 5.142.

`wait` jest komendą mierzoną w całych sekundach, zatem `wait 2` oznacza oczekiwanie dwóch sekund. Ostatni wiersz kodu — `goto main` — rozpoczyna całą procedurę od nowa.

Jeśli pomyślnie wykonalesz test z miganiem diody, nadeszła pora wykonania kolejnego kroku i zatrudnienia mikrokontrolera do bardziej użytecznej pracy.



Rysunek 5.142. Komentarze w kolorze niebieskim wyjaśniają, jakie operacje program (po prawej) każe wykonać mikrokontrolerowi

Podstawowe parametry PICAXE

Oto kilka najbardziej użytecznych parametrów PICAXE:

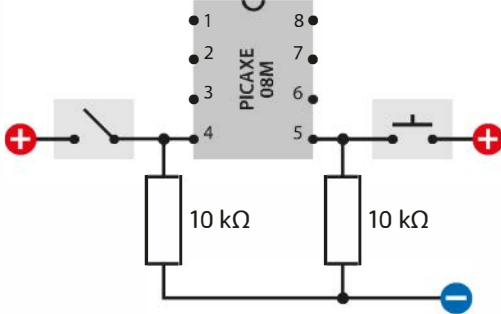
- Mikrokontrolery PICAXE wymagają regulowanego napięcia 5 V.
- Wejścia i wyjścia układów PICAXE są kompatybilne z układami logicznymi zasilanymi napięciem 5 V. Możesz podłączać je bezpośrednio.
- Każdy pin kości PICAXE może być źródłem lub odbiornikiem prądu o maksymalnej wartości 20 mA. Cały chip może dostarczyć do 90 mA. Oznacza to, że bezpośrednio z tego układu możesz zasilac diody LED, głośniczek piezoelektryczny (pobierający bardzo mały prąd) lub tranzystor.
- Do wzmocnienia sygnału wyjściowego z mikrokontrolera PICAXE możesz wykorzystać układ taki jak ULN2001A (zestaw wzmacniaczy Darlingtona). Pozwoli to na sterowanie na przykład przekaźnikami lub silnikami.
- Chip wykonuje każdy wiersz kodu w czasie mniej więcej 0,1 milisekundy.
- Pamięć układu 08M pozwala na umieszczenie około 80 wierszy kodu. Inne kości PICAXE mają więcej pamięci.
- Mikrokontroler PICAXE posiada 14 zmiennych o nazwach od b0 do b13. Litera b oznacza bajt (ang. *byte*), ponieważ każda zmienna zajmuje jeden bajt pamięci i w związku z tym może przechowywać wartości od 0 do 255.
- W zmiennych nie można przechowywać wartości ujemnych ani ułamkowych.
- Do dyspozycji masz również siedem zmiennych dwubajtowych o nazwach od w0 do w6. Litera „w” oznacza angielskie słowo *word*. Każda z tych zmiennych może przechowywać wartość od 0 do 65535.
- Zmienne b dzielą tę samą pamięć, co zmienne w. Stąd:
 - b0 i b1 używają tych samych bajtów pamięci co w0;

- b2 i b3 używają tych samych bajtów pamięci co w1;
- b4 i b5 używają tych samych bajtów pamięci co w2;
- b6 i b7 używają tych samych bajtów pamięci co w3;
- b8 i b9 używają tych samych bajtów pamięci co w4;
- b10 i b11 używają tych samych bajtów pamięci co w5;
- b12 i b13 używają tych samych bajtów pamięci co w6;
- b14 i b15 używają tych samych bajtów pamięci co w7.

Jeżeli użyjesz zmiennej w0, nie używaj b0 lub b1. Jeżeli użyjesz zmiennej b6, nie używaj zmiennej w3 itd.

- Wartości zmiennych są przechowywane w pamięci RAM i przestają istnieć w chwili odcięcia zasilania.
- Program przechowywany jest w pamięci nieulotnej i pozostaje nienaruszony po odcięciu zasilania.
- Zgodnie ze specyfikacją producenta pamięć nieulotną można nadpisać około 100 000 razy.
- Jeżeli do pinu wejściowego chcesz podłączyć przełącznik lub przycisk, powinieneś dołożyć również rezystor podciągający 10 kΩ podłączony do ujemnego źródła zasilania. Jego zadaniem będzie utrzymywanie niskiego stanu wejściowego, kiedy przełącznik jest otwarty. Sposób użycia rezystorów podciągających razem z przełącznikami lub przyciskami SPST został pokazany na rysunku 5.143.
- W przypadku chipu 08M możesz zastosować zmienną rezystancję pomiędzy pinami logicznymi 1, 2 lub 4 i ujemnym źródłem zasilania. Układ jest w stanie zmierzyć tę rezystancję i „zdecydować”, co zrobić. Ta cecha znana jest pod nazwą konwertera analogowo-cyfrowego — zajmiemy się nią w naszym następnym eksperymencie.

Podstawowe parametry PICAXE (ciąg dalszy)



Rysunek 5.143. Mikrokontroler PICAXE jest w stanie zareagować na stan przycisku lub przełącznika podłączonego do pinu realizującego wejście układu. Niezbędne jest podłączenie takiego pinu przez rezystor $10\text{ k}\Omega$ do ujemnego źródła zasilania w celu ustalenia na nim stanu niskiego, kiedy przełącznik jest otwarty. W przeciwnym wypadku mikrokontroler może zachować się w sposób nieprzewidywalny

Eksperyment 35: Zetknięcie z rzeczywistością

Często mikrokontrolery używane są do pomiaru pewnej wartości i reagowania na jej wielkość w ściśle określony sposób. Mogą mierzyć temperaturę i podnosić alarm, kiedy jej wartość spadnie zbyt mocno, tak jak miało to miejsce w przykładzie, który podałem wcześniej.

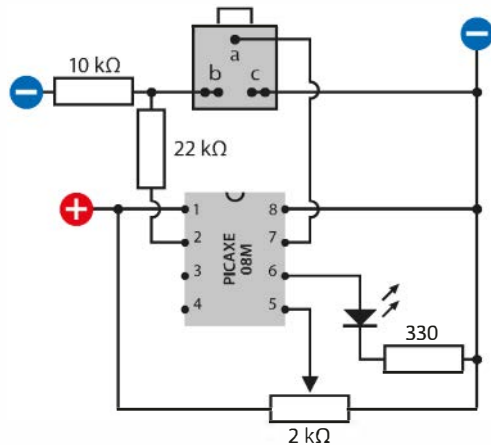
Układ 08M ma wbudowane trzy konwertery analogowo-cyfrowe (ang. *analog-to-digital converter*, ADC), dostępne poprzez piny logiczne 1, 2 i 4 (patrz rysunek 5.139). Najlepiej wykorzystać je, ustalając ich potencjał gdzieś pomiędzy 0 a 5 V. W tym eksperymencie pokażę, jak możesz wykalibrować odpowiedź mikrokontrolera.

Potrzebne będą:

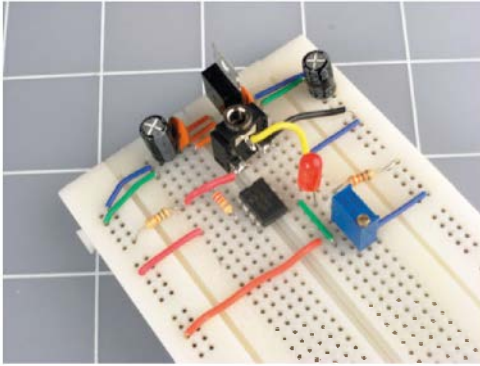
- trymer $2\text{ k}\Omega$, liczba: 1,
- chip PICAXE 08M oraz kabel USB i gniazdo do jego podłączenia, liczba: po jednej sztuce.

Procedura

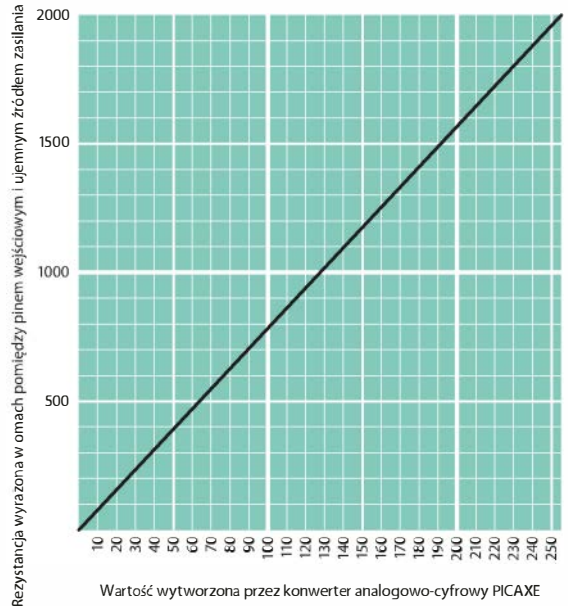
Weź ten sam potencjometr, którego użyłeś w eksperymencie numer 32, i podepnij jego środkowe wyprowadzenie do pinu logicznego numer 2 kości 08M (czyli do pinu fizycznego numer 5). Pozostałe dwa wyprowadzenia trymera powinny zostać podłączone do dodatniego i ujemnego źródła zasilania. Zatem, w zależności od ustawienia trymera, pin ten będzie podłączony bezpośrednio do dodatniego źródła zasilania (na jednym końcu skali trymera), bezpośrednio do ujemnego źródła zasilania (na drugim końcu skali) lub gdzieś w środku. Zmodyfikowany schemat został pokazany na rysunku 5.144, a na rysunku 5.145 widać ten układ wykonany na płytce prototypowej.



Rysunek 5.144. Schemat narysowany zgodnie ze sposobem montażu na płytce prototypowej pokazuje, w jaki sposób potencjometr $2\text{ k}\Omega$ może zostać użyty do modyfikacji napięcia na jednym z pinów mikrokontrolera PICAXE zdolnym do konwersji sygnału analogowego na wartość cyfrową



Rysunek 5.145. Trymer dodany do obwodu zbudowanego w poprzednim eksperymencie na płytce prototypowej



Rysunek 5.146. Kiedy podłączysz konwerter analogowo-cyfrowy do potencjometru $2\text{ k}\Omega$ rozpiętego pomiędzy napięciem o takiej samej wartości, jaka zasilą mikrokontroler, przekonasz się, że rezystancja pomiędzy pinem wejściowym i masą generuje serię wartości cyfrowych pokazanych na wykresie. Istotna jest wartość potencjometru ($2\text{ k}\Omega$) oraz wartość napięcia zasilania (wynosząca dokładnie 5 V)

Teraz potrzebujemy programu, który powie chipowi, co powinien robić. Wybierz polecenie utworzenia nowego dokumentu w edytorze. Twój kod powinien wyglądać następująco:

```
main:
  readadc 2,b0
  debug b0
  goto main
```

Komenda `readadc 2, b0` oznacza „przeczytaj wartość wejściową na pinie logicznym numer 2, przekonwertuj ją na postać cyfrową i zapisz wynik w zmiennej `b0`”.

Polecenie `debug b0` nakazuje chipowi przejście do trybu debuggowania programu. W tym trybie kość będzie informować Programming Editor poprzez kabel USB o wartościach wszystkich zmiennych w trakcie działania programu. Stan zmiennych wyświetlany jest w oknie debuggowania.

Wyślij program do kości. Po jego uruchomieniu w edytorze powinno pojawić się okno ze zmiennymi. Zaczynj kręcić trymerem, obserwując jednocześnie wartość zmiennej `b0`. Powinieneś wiedzieć, że jej wartość się zmienia.

Możesz stworzyć wykres pokazujący związek pomiędzy rezystancją (mierzoną między pinem logicznym numer 2 i masą) a wartością zmiennej `b0`. Wystarczy, że wypniesz trymer z płytki, zmierzysz jego rezystancję, a następnie zwiększysz ją, powiedzmy, o $200\ \Omega$, wstawisz do płytki i ponownie odczytasz wartość `b0`.

Przypomina to pracę laboratoryjną, ale kalibrowanie sprzętu zawsze wygląda w ten sposób — tak czy inaczej, postanowiłem wykonać tę pracę za Ciebie. Wykres jest widoczny na rysunku 5.146. Możesz również przyjrzeć się surowym wartościom w tabeli 5.1. Byłem mile zaskoczony, widząc, że mikrokontroler reaguje bardzo precyzyjnie w sposób liniowy na napięcie wejściowe lub — mówiąc inaczej — ma postać prostej kreski.

Tabela 5.1. Wartości pomiarów wykonanych przy użyciu kości PICAXE 08M

Rezystancja (w omach) pomiędzy pinem konwertera analogowo-cyfrowego a ujemnym źródłem zasilania	Wartość cyfrowa odpowiadająca rezystancji
2000	255
1900	243
1800	230
1700	218
1600	205
1500	192
1400	179
1300	166
1200	154
1100	141
1000	128
900	115
800	102
700	90
600	77
500	64
400	51
300	38
200	26
100	13
0	0

Teraz możemy zmodyfikować program tak, aby przetworzył w jakiś sposób odczytaną wartość:

```
main:
  readadc 2,b0
  let w1 = 5 * b0
  high 1
  pause w1
  low 1
  pause w1
  goto main
```

Przyjrzyj się temu listingowi. Zaczynamy od pobrania wartości do zmiennej `b0` i w następnym wierszu wykonujemy operację arytmetyczną z jej użyciem. Gwiazdka oznacza mnożenie. Całe wyrażenie oznacza zatem: „Weź aktualną wartość w `b0`, pomnóż ją przez 5, a następnie wyślij wynik tej operacji do zmiennej `w1`”. Musimy użyć zmiennej dwubajtowej, ponieważ kiedy pomnożymy wartość `b0` przez 5, możemy otrzymać wynik większy niż 255 — zbyt duży, aby zmieścić się w zmiennej typu `byte`.

W końcu bierzemy wartość `w1` i używamy jej jako argumentu komendy `pause` (wcześniej używaliśmy pewnej wartości stałej). Nasze polecenie brzmi: „Zatrzymaj się na tyle milisekund, ile aktualnie odczytasz ze zmiennej `w1`”.

Zatem oprogramowanie sprawdza zmieniającą się wartość rezystancji, zamienia ją na liczbę i używa jej do dostosowania prędkości migania diody LED.

Wróć na chwilę do wymagań stawianych przed wózkiem napędzanym przez silniki krokowe. Miał on sprawdzać wartość dwóch fotorezystorów i dostosowywać odpowiednio prędkość każdego z silników. Patrząc na powyższy program, można powiedzieć, że jest to krok w tym kierunku. Mikrokontroler może mierzyć napięcie na jednym pinie i zmieniać częstotliwość sygnału na innym. Gdybyś miał dwa chipy PICAXE, mógłbyś podłączyć każdy z nich do fotorezystora i silnika. Przy takiej konfiguracji dostosowanie pracy wózka sprowadzałoby się do edycji drugiego wiersza programu, w którym wartość `w1` — używana w poleceniu `pause`, określającym liczbę impulsów na sekundę — jest wyliczana na podstawie wartości `b0`. Zamiast mnożyć przez 5, mógłbyś mnożyć na przykład przez 7 lub dowolną inną liczbę zapewniającą zachowanie, którego oczekujesz. Nasuwa się tutaj bardzo ważna konkluzja: **wielką zaletą kości programowalnej jest możliwość kalibracji bezpośrednio w kodzie.**

Ponieważ PICAXE 08M ma więcej niż jeden przetwornik analogowo-cyfrowy oraz trzy piny realizujące wyjście układu, być może zastanawiasz się, czy dałoby się użyć jednej kości do kontrolowania obu silników w odpowiedzi na sygnał wejściowy pochodzący z dwóch czujników. Problem polega na tym, że trzy piny wyjściowe kości 08M mają jednocześnie funkcję trzech wejść przetworników. Lepszym rozwiązaniem będzie zakupienie jednego z bardziej zaawansowanych układów PICAXE — na przykład 18M — który dysponuje większą liczbą pinów do wyboru. Używa on tego samego zestawu podstawowych instrukcji i jest niewiele droższy.

Proponuję również, abyś zjrzał do dokumentacji PICAXE i znalazł w niej komendę `pwmout`. Jej nazwa jest skrótem wyrażenia *pulse-width modulation output* (modulacja szerokości impulsu wyjściowego). Możesz ją traktować jako sygnał zasilania silnika. Jest ona przeznaczona do pracy z silnikami krokowymi i ustala częstotliwość wyjściową impulsów, które będą kontynuowane w czasie, gdy chip będzie wykonywał kolejne instrukcje programu.

PODSTAWY

Dodatkowe cechy

Kompletny przewodnik po chipie 08M wymagałby oddzielnej książki i oczywiście takie książki już istnieją (poszukaj słowa „picaxe” w sekcji sklepu www.amazon.com poświęconej książkom). W swoim wprowadzeniu do mikrokontrolerów ograniczę się do podsumowania listy dodatkowych cech, pozostawiając Tobie dalsze poszukiwania. Potem zaproponuję jeszcze jeden, ostatni już eksperyment.

Przerwania

PICAXE 08M pozwala na ustawienie jednego „przerwania”. Ten mechanizm nakazuje chipowi zapamiętanie, że jeśli nastąpi określone zdarzenie — może to być zamknięcie obwodu przełącznika i dostarczenie napięcia do określonego pinu — powinien przerwać aktualnie wykonywaną operację i odpowiedzieć na przerwanie.

Dodatkowe cechy (ciąg dalszy)

Podczerwień

Jeden z pinów kości PICAXE 08M może zostać użyty do odbioru sygnałów w podczerwieni z urządzenia przypominającego pilota TV, które możesz zakupić w tym samym sklepie, w którym zaopatrzyłeś się w mikrokontroler. Podłączając czujnik podczerwieni do mikrokontrolera, możesz wysyłać do niego polecenia w sposób zdalny. Ta cecha została zaprojektowana właśnie po to, aby umożliwić budowanie zdalnie sterowanych robotów.

Serwomechanizmy

Każdy układ PICAXE posiada przynajmniej jeden pin przeznaczony do wysyłania strumienia impulsów kontrolujących działanie typowego serwomechanizmu. W przypadku kości 08M jest to pin logiczny numer 2. Szerokość każdego impulsu decyduje o tym, jak daleko serwomechanizm powinien obrócić się od swojej pozycji centralnej przed zatrzymaniem. Taki strumień impulsów mógłby wystać układ czasowy 555, ale mikrokontroler pozwala na łatwiejszą realizację tego zadania. Poszukaj w sieci informacji na temat serwomechanizmów, które są szczególnie przydatne w takich rozwiązaniach jak układy sterujące pojazdami, zmieniające położenie kłap w modelach samolotów czy roboty z ruchomymi ramionami.

Muzyka

PICAXE posiada na pokładzie generator dźwięków, który można programować przy pomocy polecenia `tune` do odtwarzania dźwięków.

Wejście i wyjście alfanumeryczne

W chipach 20X2, 28X1, 28X2 oraz 40X1 i 40X2 jest dostępna komenda `kb i n`. Do tych kości możesz podłączyć standardową klawiaturę komputerową i umożliwić odczytywanie naciśniętych klawiszy. Możesz również podłączyć do nich wyświetlacze alfanumeryczne. Realizacja tych zadań nie należy jednak do łatwych. Dla przykładu, aby stwierdzić, jaki klawisz został naciśnięty na klawiaturze, Twój program musi posiadać listę kodów szesnastkowych odpowiadających poszczególnym klawiszom.

Generowanie liczb pseudolosowych

Dzięki wbudowanemu algorytmowi wszystkie modele kości PICAXE potrafią generować liczby pseudolosowe. Jeżeli poprosisz użytkownika o zainicjalizowanie generatora przez naciśnięcie przycisku, będziesz mógł zmierzyć czas, jaki zajęła ta operacja, i użyć go do inicjalizacji generatora. W ten sposób generowane sekwencje liczb będą mniej powtarzalne.

Więcej dowiesz się z podręcznika pod adresem www.picaxe.com/docs/picaxe_manual1.pdf.

Eksperyment 36: Ulepszona wersja zamka szyfrowego

Zamek szyfrowy, który opisałem podczas eksperymentu numer 20, nadaje się bardzo dobrze do realizacji z pomocą mikrokontrolera, ponieważ jego zachowanie jest bardzo podobne do działania programu komputerowego. Zamierzam pokazać, jak przeprojektować ten układ, aby używał kości PICAXE 08M. Tobie pozostawiam rozważenie możliwości konwersji innych projektów z tej książki w taki sposób, aby korzystały z mikrokontrolera.

Potrzebne będą:

- ten sam typ klawiatury i przekaźnika, jakie polecałem dla eksperymentu numer 20,
- tranzystor lub wzmacniacz w układzie Darlingtona do wzmocnienia sygnału wyjściowego z mikrokontrolera PICAXE — do sterownia przekaźnikiem.

Wprowadzenie danych przez użytkownika

Każdy z pinów we wejściowych mikrokontrolera PICAXE może wykryć zamknięcie obwodu przełącznika. Problem polega na tym, że masz do dyspozycji jedynie trzy piny, które mogą pełnić taką funkcję. Do obsłużenia 10 wejść potrzebowałbyś znacznie większej ilości PICAXE. Jak zatem podłączyć 10-przyciskową klawiaturę do układu 08M?

Moja sugestia: podłącz do każdego klawisza rezystor o innej wartości. W ten sposób każdy z przycisków będzie wytwarzał inne napięcie na wejściu przetwornika analogowo-cyfrowego. Następnie skorzystaj z możliwości przetworzenia napięcia na konkretną wartość cyfrową i użyj tablicy możliwych wartości do sprawdzenia, który z przycisków został naciśnięty. Nie jest to być może najbardziej eleganckie rozwiązanie, ale działa!

Klawiaturę możesz podłączyć w sposób pokazany na rysunku 5.147. Tak jak w poprzednim eksperymencie przycisk gwiazdki dostarcza zasilanie do obwodu, a krzyżyk przełącza przełącznik do poprzedniej pozycji i przerywa zasilanie komputera.

Prąd płynie przez zestaw rezystorów, począwszy od pierwszego o wartości 500 Ω . Ponieważ jest to wartość niestandardowa, będziesz musiał zbudować ją, łącząc kilka rezystorów szeregowo lub używając trymera. Dalej, każdy przycisk jest odseparowany od swojego sąsiada rezystorem 100 Ω . Ostatni rezystor jest odseparowany od ujemnego źródła zasilania rezystorem 600 Ω — ponownie jest to wartość niestandardowa, dlatego będziesz musiał użyć trymera.

Zsumuj wartości wszystkich rezystancji, a otrzymasz 2 k Ω , czyli zakres, jaki PICAXE chce, abyśmy używali. Naciskając przycisk, „wpinasz” się w łańcuch rezystancji. Przycisk 9 przykładła rezystancję 900 Ω pomiędzy pin przetwornika a masę, przycisk 6700 Ω , przycisk 3800 Ω itd. (Możesz zmienić tę organizację, tak aby rezystancja rosła w bardziej logiczny sposób. Ten problem pozostawiam Tobie. Ja wybrałem sposób ułożenia, który pozwala w najprostszy sposób przedstawić schemat klawiatury).

Za każdym razem, kiedy naciskasz przycisk, „wytwarzasz” inną rezystancję pomiędzy pinem przetwornika analogowo-cyfrowego i masą. Być może wydaje Ci się, że naciśnięcie na przykład przycisku numer 3 wstawia w obwód rezystancję 600 Ω . To jednak nie takie proste, ponieważ musiałem jeszcze dodać rezystor 2 k Ω (w lewym górnym rogu schematu z rysunku 5.147). W ten sposób na wejściu przetwornika panuje zawsze pewne napięcie, nawet jeśli żaden przycisk nie jest naciśnięty. Gdybym tego nie zrobił, wejście przetwornika „pływałoby”, wytwarzając losowe wartości. Tabela 5.2 pokazuje wartości wytwarzane przez każdy z przycisków. Ponieważ Twoje rezystancje oraz źródło zasilania mogą się różnić, tabela zawiera również kolumnę z dopuszczalnym zakresem wartości.

Tabela 5.2. Wartości wytwarzane przez naciśnięcie poszczególnych przycisków klawiatury

Przycisk	Wartość	Zakres
3	108	100–114
6	120	115–126
9	132	127–137
2	143	138–148
5	153	149–158
8	163	159–168
0	173	169–178
1	183	179–187
4	192	188–196
7	202	197–208

Załóżmy, że wspólne wyprowadzenie swojej klawiatury podłączyłeś do konwertera analogowo-cyfrowego na pinie numer 2. Przy takiej konfiguracji możesz napisać następujący program:

```
getkey:
  readadc 2,b0
  let b1 = 3
  if b0 < 115 then finish
  readadc 2,b0
  let b1 = 6
  if b0 < 127 then finish
  readadc 2,b0
  let b1 = 9
  if b0 < 138 then finish
  readadc 2,b0
  let b1 = 2
  if b0 < 149 then finish
  readadc 2,b0
  let b1 = 5
  if b0 < 159 then finish
  readadc 2,b0
  let b1 = 8
  if b0 < 169 then finish
  readadc 2,b0
  let b1 = 0
  if b0 < 179 then finish
  readadc 2,b0
  let b1 = 1
  if b0 < 188 then finish
  readadc 2,b0
  let b1 = 4
  if b0 < 197 then finish
  readadc 2,b0
  let b1 = 7
  if b0 < 210 then finish
  goto getkey
finish:
  readadc 2,b0
  if b0 < 250 then finish
  return
```

Co oznacza słowo return na końcu? Dojdziemy do tego za chwilę. Zacznę od wytłumaczenia pozostałej części programu.

W zmiennej b0 łąduje wartość dostarczona przez konwerter analogowo-cyfrowy podłączony do klawiatury. Program musi teraz wywnioskować, do jakiego klawisza pasuje jej wartość. Wynik tego wnioskowania (wartość między 0 a 9) zostanie zapisany w innej zmiennej — b1.

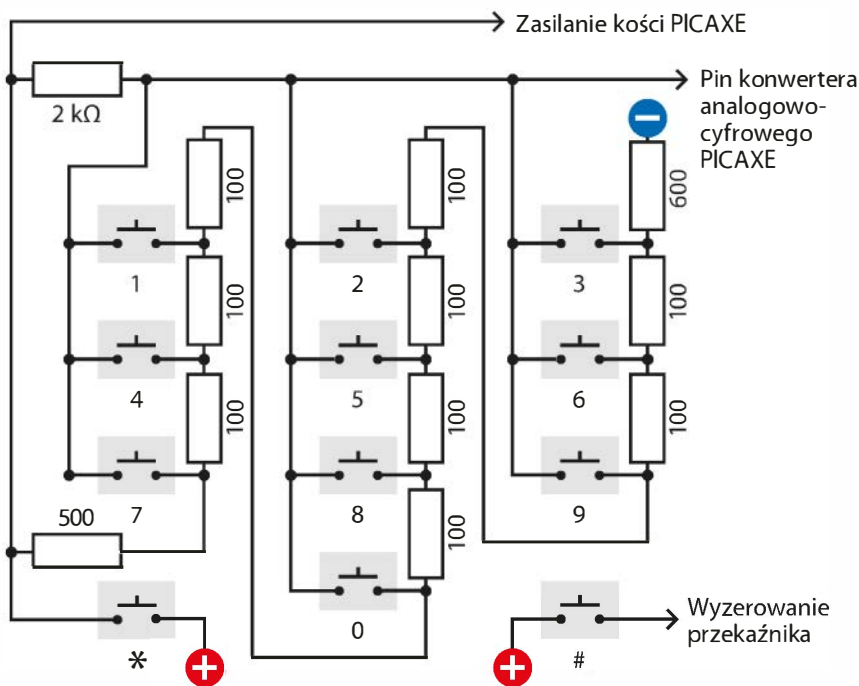
Program zaczyna pracę od przypisania wartości 3 do zmiennej b1. Następnie sprawdza, czy b0 jest poniżej wartości 115. Jeśli tak, wartość jest w akceptowanym przedziale i program może przejść do sekcji fi ni sh. Jeśli jednak zmienna b0 jest równa 115 lub większa, mikrokontroler będzie kontynuował program, przechodząc do następnego wiersza, w którym podejmowana jest kolejna próba „odgadnięcia”, jaki przycisk został naciśnięty. Do b0 przypisywana jest wartość 6, po czym wykonywane jest kolejne wyrażenie warunkowe itd. Jeżeli odczytana wartość nie spełni żadnego warunku, oznacza to, że nie naciśnięto żadnego klawisza i cała procedura get key powtarza się od nowa. Na końcu wykonywana jest procedura fi ni sh do momentu, kiedy użytkownik nie puści klawisza.

Jeżeli znasz język BASIC, zastanawiasz się zapewne, dlaczego ten kod jest tak rozbudowany. Dlaczego nie zapisaliśmy warunków w sposób następujący:

```
if b0 > 114 and b0 < 127 then b1 = 6
```

Odpowiedź jest bardzo prosta: PICAXE BASIC nie posiada możliwości konstruowania takich warunków, a wyrażenie if-then musi kończyć się skokiem do wskazanej sekcji programu. To wymusza taką, a nie inną postać kodu.

Jeżeli nie posiadasz żadnego doświadczenia w programowaniu, powyższy kod może wydawać się nieco skomplikowany i być może niezrozumiały. Jest ku temu powód — przechodzisz przyspieszony kurs programowania bez jakiegokolwiek wstępu teoretycznego. Pewną pomoc w zrozumieniu kodu niesie sam Programming Editor, a w szczególności jego narzędzie do symulacji kodu. Zanim będziesz mógł jednak z niego skorzystać, musisz poprzedzić właściwy kod procedurą kontrolną (umieszczoną nad właściwym kodem programu). Przykład takiej procedury znajdziesz na rysunku 5.148.



Rysunek 5.147. Prosty i szybki sposób podłączenia klawiatury (bazujący na szeregowym połączeniu rezystorów o całkowitej rezystancji 2 kΩ) umożliwiający wysłanie znaków do mikrokontrolera PICAXE. Naciśnięcie przycisku powoduje podłączenie pinu konwertera analogowo-cyfrowego gdzieś w środku drabinki rezystorów. Rezystancja wykrywana przez pin wejściowy może zostać przetworzona na postać cyfrową i posłużyć do określenia, który z przycisków został naciśnięty

Dla zamka szyfrowego wybrałem poprzednio arbitralnie kombinację 7-4-1. Dla takiej kombinacji główna część programu ma postać:

```
main:
  low 1
  gosub getkey
  if b1<>7 then main
  gosub getkey
  if b1<>4 then main
  gosub getkey
  if b1<>1 then main
  high 1
end
```

Symbol <> oznacza nierówność. Stąd czwarty wiersz brzmi „jeśli b1 jest różne od 7”.

Jeśli użytkownik wprowadza liczby w prawidłowej kolejności, wartością b1 powinno być 7. Jeśli tak nie jest, wpisana została błędna wartość i wyrażenie *if-then* powoduje przejście punktu wykonania programu na sam początek. Takie samo zdarzenie będzie mieć miejsce za każdym razem, kiedy użytkownik popełni błąd i wpisze w dowolnym momencie liczbę niezgodną z sekwencją 7-4-1. Właśnie w taki sposób skonfigurowana została wersja eksperymentu działająca wyłącznie sprzętowo.

Co oznacza słowo *gosub*? Jest to polecenie przejścia do procedury (ang. *go to subroutine*). Procedura to dowolna sekwencja instrukcji programu kończąca się poleceniem *return*. Zatem *gosub getkey* mówi mikrokontrolerowi, aby zaznaczył miejsce bieżącego wywołania w programie, a następnie przeszedł do sekcji kodu nazwanej *getkey*: i zaczął ją wykonywać do momentu napotkania słowa *return*, które spowoduje powrót do miejsca, z którego nastąpiło wywołanie tej procedury.

Mikrokontroler działa w ten sposób do momentu napotkania słowa *end*. Zakończenie programu poleceniem *end* jest niezbędne, ponieważ w przeciwnym wypadku układ kontynuowałby wykonanie, wchodząc do procedury (*end* to uniemożliwia). Zrzut ekranowy z kompletnym listingiem programu został przedstawiony na rysunku 5.148.

Czy to już wszystko? Tak! Jeżeli wpiszesz kod dokładnie w takiej postaci, jaką tutaj pokazałem, powinieneś być w stanie uruchomić go w trybie symulacji. W oknie symulacji kliknij prawą strzałkę obok pinu logicznego numer 2, aby zwiększyć jego wartość. Za każdym razem, kiedy przekażesz jedną z wartości w procedurze *getkey*, powinieneś zobaczyć na ekranie zmianę wartości b1.

To wszystko, czego potrzebujesz, aby zrealizować funkcjonalność zamka szyfrowego. Podczas wykonywania programu mikrokontroler czeka na wpisanie prawidłowej kombinacji i jeśli taką otrzyma, wysyła sygnał o stanie wysokim na pin logiczny numer 1; w przeciwnym wypadku pin ten pozostaje w stanie niskim.

Jedynym dodatkowym elementem, jakiego potrzebujesz, jest tranzystor lub bramka logiczna CMOS pomiędzy pinem logicznym numer 1 a przełącznikiem, który odblokowuje komputer. Jeden z tych komponentów jest niezbędny, ponieważ sam kontroler nie jest w stanie dostarczyć prądu o wystarczająco dużym natężeniu, aby móc samodzielnie sterować przełącznikiem.

Umieszczenie całej procedury weryfikacji kodu wewnątrz chipu nie tylko upraszcza obwód, ale oferuje również dodatkową zaletę: możliwość zmiany tajnego kodu przez modyfikację programu i wgranie jego nowszej wersji do pamięci mikrokontrolera.

```

1  main:
2  low 1
3  output getkey
4  if bit0? then main
5  swapw getkey
6  if bit0? then main
7  output getkey
8  if bit0? then main
9  high 1
10
11
12  gntkey:
13  readadc 2,b0
14  let b1 = 3
15  if b0<315 then finjeh
16  readadc 2,b0
17  let b1 = 4
18  if b0<127 then finjeh
19  readadc 2,b0
20  let b1 = 9
21  if b0<118 then finjeh
22  readadc 2,b0
23  let b1 = 2
24  if b0<109 then finjeh
25  readadc 2,b0
26  let b1 = 5
27  if b0<359 then finjeh
28  readadc 2,b0
29  let b1 = 0
30  if b0<168 then finjeh
31  readadc 2,b0
32  let b1 = 0
33  if b0<179 then finjeh
34  readadc 2,b0
35  let b1 = 1
36  if b0<108 then finjeh
37  readadc 2,b0
38  let b1 = 4
39  if b0<197 then finjeh
40  readadc 2,b0
41  let b1 = 7
42  if b0<210 then finjeh
43  goto gntkey
44
45  finish:
46  readadc 2,b0
47  if b0<250 then finjeh
48  return

```

Rysunek 5.148. Zrzut ekranowy z kompletnym listin-giem programu odczytującego kombinację trzech kła-wiszy, który stanowi część zamka szyfrowego. Jeżeli sekwencja znaków jest prawidłowa, mikrokontrol-ler PICAXE wysyła stan wysoki przez jeden ze swoich pinów. W przypadku błędnego kodu cała procedura powtarzana jest od początku

PODSTAWY

Ograniczenia mikrokontrolerów

Układy PICAXE mają swoje wady. Już same wymaga-nia odnośnie napięcia zasilania stanowią duże ogra-niczenie w porównaniu do wolności, jaką pod tym względem oferuje na przykład układ czasowy 555.

Mogę bardzo szybko zbudować prototyp, wstawiając układ czasowy 555 do płytki prototypowej i konfigu-rując go niezbędnymi rezystorami i kondensatorami. W przypadku mikrokontrolera muszę dodać jeszcze gniazdo do wprowadzania programu, podłączyć swój komputer, napisać program i wysłać go do kości.

Niektóre osoby nie lubią pisać oprogramowania lub zwyczajnie nie potrafią osiągnąć stanu umysłu potrzebnego do efektywnego pisania kodu — prefe-rują ręczny proces budowania urządzenia.

Inni wolą podejście odwrotne. Wszystko sprowadza się do osobistych preferencji, ale jest jedna rzecz, która nie ulega wątpliwości: programy komputerowe często zawierają błędy, które mogą pozostać w ukry-ciu przez długie tygodnie lub miesiące.

Dla przykładu, PICAXE nie chroni przed błędami pole-gającymi na przypisaniu wartości przekraczającej

dozwolony zakres danej zmiennej. Załóżmy, że $b1 = 200$ i $b2 = 60$, a Twój program każe wykonać nastę-pującą operację:

```
let b3 = b1+b2
```

Wynikiem powinno być 260, ale zmienna o typie byte może pomieścić wartość do 255. Jaki zatem będzie wynik? Przekonasz się, że $b3$ ma wartość równą 4 — bez jakiegokolwiek ostrzeżenia lub wyjaśnienia. Jest to przykład błędu przepełnienia, którego nie da się w pro-sły sposób uniknąć ze względu na możliwość jego wystąpienia w czasie działania programu, kiedy poja-wiają się czynniki zewnętrzne będące poza naszą kontro-lą. Kod programu wygląda dobrze, Programming Edi-tor nie znajduje w nim żadnych błędów składniowych, podczas symulacji wszystko działa zgodnie z oczekiwa-niami. Dopiero w warunkach rzeczywistych, po tygo-dniach lub miesiącach pracy, nieoczekiwane warunki doprowadzają do przepełnienia, a ponieważ wtedy pro-gram znajduje się już wewnątrz kości, odkrycie, co dokładnie poszło źle, może nie być takie proste.

Oprogramowanie ma swoje problemy. Sprzęt ma swoje zalety.

Wyprawa w nieznane

Jeżeli poświęcisz swój czas i przeprowadzisz samodzielnie większość z projektów zawartych w tej książce, masz za sobą bardzo intensywne wprowadzenie do najbardziej fundamentalnych obszarów elektroniki.

Jakie tematy ominęły Cię po drodze? Oto kilka obszarów, które stoją przed Tobą otworem do samodzielnego poznawania. Jak zwykle po więcej informacji odsyłam do sieci.

Podejście, które przyjąłem — pozbawione formalizmów i oparte na nauce przez odkrywanie — jest ubogie pod względem wiedzy teoretycznej. Unikałem wprowadzania rachunku matematycznego, którego należy się spodziewać na niemal każdym kursie poświęconym elektronice. Jeżeli masz zacięcie matematyczne, możesz wykorzystać je do znacznie lepszego zrozumienia przyczyn funkcjonowania obwodów w określony sposób.

Nie zajmowaliśmy się prawie w ogóle architekturą komputerów, włączając w to analizę kodu binarnego, nie zbudowaliśmy sumatora, który stanowi dobry przykład demonstrujący działanie komputerów na zupełnie fundamentalnym poziomie. Być może powinieneś zbudować taki układ samodzielnie.

Nie przedstawiłem Ci fascynujących i jednocześnie zagadkowych właściwości prądu zmiennego. Tutaj również wszechobecna jest matematyka. Tematem samym w sobie jest prąd o wysokiej częstotliwości.

Z powodów wyjaśnianych już wcześniej unikałem stosowania układów scalonych montowanych powierzchniowo. Nic nie stoi jednak na przeszkodzie, abyś Ty zbadał ten obszar przy relatywnie niskim nakładzie finansowym, szczególnie jeśli interesuje Cię budowa urządzeń o miniaturowych rozmiarach. Być może jest to przyszłość elektroniki w wydaniu hobbystycznym, więc jeśli zamierzasz zajmować się budową obwodów, prędzej czy później będziesz musiał zacząć korzystać z tej technologii.

Nie było słowa na temat lamp próżniowych, ponieważ w tej chwili mają one jedynie znaczenie jako element historii elektroniki. Jest w nich jednak coś pięknego, szczególnie jeśli zostaną zamknięte w pięknej, stylowej obudowie. W rękach doświadczonego rzemieślnika wzmacniacze i radia lampowe mogą stać się dziełem sztuki.

Nie pokazałem Ci, w jaki sposób wytrawiać własne płytki drukowane. Realizacją takich projektów zajmują się jedynie wybrane osoby, a sam proces wymaga stworzenia bardzo dokładnych rysunków przy użyciu odpowiedniego oprogramowania. Jeżeli dysponujesz takimi zasobami, możesz spróbować wyprodukować własne obwody drukowane. Niewykluczone, że będzie to pierwszy krok w kierunku masowej produkcji Twoich układów elektronicznych.

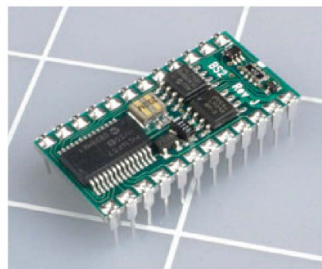
W pełni pominąłem zagadnienie elektrostatyki. Wyładowania przy wysokich napięciach nie mają szczególnych zastosowań praktycznych i wiążą się z nimi pewne zagrożenia, ale z drugiej strony stanowią spektakularne zjawisko, a informacje na temat budowy odpowiednich urządzeń są dostępne w sieci. Może warto spróbować.

Inne mikrokontrolery

Jeśli szukasz komponentów o większych możliwościach, oczywistym wyborem po PICAXE jest BASIC Stamp. Nazwa tego mikrokontrolera ma związek z jego pierwotnym wyglądem, przypominającym znaczek pocztowy (ang. *postage stamp*). BASIC Stamp ma bogatszą składnię języka i obsługuje więcej urządzeń peryferyjnych (włączając w to ekrany graficzne oraz małą klawiaturę zaprojektowaną specjalnie na potrzeby kontrolera). Kontroler BASIC Stamp pokazany został na rysunku 5.149.

Wadą tego mikrokontrolera jest wyższa cena samego chipu, jak i współpracujących z nim urządzeń w porównaniu do świata PICAXE, a także bardziej skomplikowany proces wpisywania programu do pamięci układu.

Jednym z nowych urządzeń w świecie mikrokontrolerów, cechujących się zarówno dużym stopniem zaawansowania, jak i bogatą funkcjonalnością, jest Arduino. Wymaga ono umiejętności programowania w języku C, którego zrozumienie nie jest takie proste, a jego składnia w bardzo niewielu miejscach przypomina składnię BASIC-a stosowaną w mikrokontrolerach PICAXE i BASIC Stamp. Z drugiej strony, C jest językiem dominującym w świecie komputerów, zatem poznanie go może okazać się przydatne, a Arduino oferuje naprawdę zadziwiające możliwości. Jego duża popularność zapewnia bogaty zasób oprogramowania, dokumentacji, poświęconych mu forów internetowych, a także całą rzeszę hobbystów gotowych pomóc Ci we wszelkich problemach. Doskonałe wprowadzenie do tematu Arduino stanowią dwie wspomniane już wcześniej książki: *Getting Started with Arduino* i *Making Things Talk*.



Rysunek 5.149. Mikrokontroler BASIC Stamp zbudowany jest z układów scalonych montowanych powierzchniowo na płytce z pinami o rozstawie jednej dziesiątej cala, pozwalającymi na wstawienie go do płytki prototypowej lub perforowanej. Język BASIC używany przez tę kość jest podobny do języka używanego w układach PICAXE, ale posiada o wiele więcej rozszerzeń. BASIC Stamp nadaje się do współpracy z wieloma urządzeniami peryferyjnymi, takimi jak wyświetlacze alfanumeryczne i matrycowe

Zakończenie

Uważam, że celem książki stanowiącej wprowadzenie do danego zagadnienia jest umożliwienie poznania całego wachlarza dostępnych możliwości, a następnie pozostawieni Tobie decyzji, którą ze ścieżek chcesz podążać dalej. Elektronika jest idealnym hobby dla osób, które lubią realizować samodzielne projekty, ponieważ niemal każde zastosowanie — poczynając od robotyki, przez sterowane radiowo modele samolotów, telekomunikację, aż po urządzenia programowalne — można odkrywać w zaciszu własnego domu i przy ograniczonych zasobach.

Mam nadzieję, że odkrywanie dalej samodzielnie tajników elektroniki w dziedzinie, która zainteresowała Cię najbardziej, będzie dla Ciebie satysfakcjonującym doświadczeniem, a przede wszystkim zajęciem sprawiającym dużo radości.

Producenci i sprzedawcy dostępni w internecie

A

Ten dodatek zawiera adresy stron internetowych firm produkujących lub sprzedających części oraz narzędzia. Pierwsza tabela zawiera adresy firm operujących głównie w Stanach Zjednoczonych, chociaż są wśród nich również firmy działające na rynku europejskim, włączając w to Polskę. Druga tabela dotyczy wyłącznie firm, których produkty można zakupić osobiście lub poprzez internet i odebrać na terenie Polski. Obie tabele (A.1 i A.2) składają się z trzech kolumn: nazwy zwyczajowej (czasem powiązanej z konkretnym produktem), pełnej nazwy firmy i adresu internetowego.

Tabela A.1. Producenci i dostawcy sprzętu elektronicznego

Nazwa potoczna	Właściwa nazwa firmy lub korporacji	Adres internetowy
3M	Minnesota Mining and Manufacturing Co.	<i>solutions.3mpoland.pl</i>
Ace Hardware	Ace Hardware Corporation	<i>www.acehardware.com</i>
Akro-Mils	Myers Industries Inc.	<i>www.akro-mils.com</i>
Alcoswitch	oddział Tyco Electronics Corporation	<i>www.te.com/catalog/menu/pl/18025</i>
All Electronics	All Electronics Corporation	<i>www.allelectronics.com</i>
All Spectrum Electronics	All Spectrum Electronics	<i>www.allspectrum.com</i>
All-Battery.com	Tenergy Corporation	<i>www.all-battery.com</i>
Alpha potentiometers	Alpha Products Inc.	<i>www.alphapotiometers.net</i>
ALPS pushbutton	ALPS Electric Co., Ltd.	<i>www.alps.com</i>
Amazon	Amazon.com, Inc.	<i>www.amazon.com</i>
Amprobe	Amprobe Test Tools	<i>www.amprobe.com</i>
Arduino	brak osobowości prawnej	<i>www.arduino.cc</i>
ArtCity	ArtCity	<i>www.artcity.com</i>
AutoZone	AutoZone, Inc.	<i>www.autozone.com</i>
Avago	Avago Technologies	<i>www.avagotech.com</i>
BASIC Stamp	marka będąca własnością Parallax, Inc.	<i>www.parallax.com</i>
BI Technologies	BI Technologies Corporation	<i>www.bitechnologies.com</i>
BK Precision	B&K Precision Corp.	<i>www.bkprecision.com</i>
Bussmann fuses	Cooper Bussman, Inc.	<i>www.cooperbussmann.com</i>
C&K switch	CoActive Technologies, Inc.	<i>www.ck-components.com</i>
Chicago lighting	CML Innovative Technologies	<i>www.cml-it.com</i>
CraftAmerica	Cardinal Enterprises	<i>www.craftamerica.com</i>
Darice	Darice Inc.	<i>www.darice.com</i>
DeWalt	DeWalt Industrial Tool Company	<i>www.dewalt.com</i>
Digi-Key	Digi-Key Corporation	<i>www.digikey.com</i>

Directed switches	Directed Electronics Inc.	www.directed.com
Doctronics	Doctronics Educational Publishing	www.doctronics.co.uk
eBay	eBay Inc.	www.ebay.pl
Elenco	Elenco Electronics Inc.	www.elenco.com
Everlight	Everlight Electronic Co. Ltd.	www.everlight.com
Extech	Extech Instruments Corporation	www.extech.com
Fairchild	Fairchild Semiconductor Incorporated	www.fairchildsemi.com
FTM	FTM Incorporated	thefabricatorssource.com
Fujitsu	Fujitsu America, Inc.	www.fujitsu.com/pl
narzędzia do zdejmowania izolacji GB	Gardner Bender Inc.	www.gardnerbender.com
Hobbylinc	Hobbylinc Hobbies	www.hobbylinc.com
Home Depot	Homer TLC, Inc.	www.homedepot.com
najlepsze narzędzia do zdejmowania izolacji według autora książki	Ideal Industries Inc.	www.idealindustries.com
K&J Magnetics	K&J Magnetics Inc.	www.kjmagnetics.com
Kingbright	Kingbright Corporation	www.kingbrightusa.com
Kobiconn	<i>brak danych</i>	szukaj na www.mouser.com
KVM Tools	KVM Tools Inc.	www.kvmtools.com
Lowe's hardware	LF, LLC	www.lowes.com
Lumex	Lumex Inc.	www.lumex.com
McMaster-Carr	McMaster-Carr Supply Company	www.mcmaster.com
Megahobby	Megahobby.com	www.megahobby.com
Meter Superstore	oddział SRS Market Solutions Inc.	www.metersuperstore.com
Michaels craft stores	Michaels Stores, Inc.	www.michaelscrafts.com
Mill-Max	Mill-Max Manufacturing Corp.	www.mill-max.com
Mitutoyo	Mitutoyo America Corporation	www.mitutoyo.pl
Motorola	Motorola, Inc.	www.motorola.com/staticfiles/Consumers/CLP/PL-PL/index_PL-PL.html
Mouser electronics	Mouser Electronics, Inc.	www.mouser.com
Mueller alligator clip	Mueller Electric Company	www.muellerelectric.com
Newark	filia Premier Farnell plc	www.newark.com
przełączniki NKK	Nihon Kaiheiki Industry Co. Ltd.	www.nkkswitches.com
NXP semiconductors	NXP Semiconductors	www.nxp.com
Omron	Omron Corporation	www.omron.com
On Semiconductor	Semiconductor Components Industries, LLC	www.onsemi.com
Optek	filia TT Electronics plc	www.optekinc.com
Panasonic	Panasonic Electric Works Corporation	panasonic.net
PanaVise	Panavise Products, Inc.	www.panavise.com
Parallax	Parallax, Inc.	www.parallax.com
Pep Boys	Pep Boys-Manny, Moe and Jack	www.pepboys.com
Philips	Philips Electronics N.V.	www.philips.pl
PICAXE	Revolution Education Ltd.	www.rev-ed.co.uk
Piedmont	Plastics Piedmont Plastics, Inc.	www.piedmontplastics.com

plastikowe pudełka Plano	Plano Molding Company	www.planomolding.com
sprzęt diagnostyczny Pomona	Pomona Electronics Inc.	www.pomonaelectronics.com
RadioShack	RadioShack Corporation	www.radioshack.com
Sears	Sears Brands, LLC	www.sears.com
SparkFun Electronics	Sparkfun Electronics	www.sparkfun.com
Stanley tools	The Stanley Works	www.stanleytools.com
STMicroelectronics	STMicroelectronics Group	www.st.com
Texas Instruments	Texas Instruments Incorporated	www.ti.com/ww/pl
Tower Hobbies	Tower Hobbies	www.towerhobbies.com
Twin Industries	Twin Industries	www.twinind.com
Tyco	Tyco Electronics Corporation	www.tycoelectronics.com
Vaughan	Vaughan & Bushnell Mfg.	hammernet.com/vaughan/
Klawiatury Velleman	Velleman nv	www.velleman.eu
Vishay	Vishay Intertechnology Inc.	www.vishay.com
Wal-Mart	Wal-Mart Stores, Inc.	www.walmart.com
Weller	oddział firmy Cooper Industries, LLC	www.cooperhandtools.com/brands/weller/
X-Acto	oddział firmy Elmer's Products, Inc.	www.xacto.com
Xcelite	oddział firmy Cooper Industries, LLC	www.cooperhandtools.com/brands/xcelite/
Xytronic	Xytronic Industries Ltd.	www.xytronic-usa.com

Tabela A.2. Polskie sklepy internetowe i dystrybutorzy sprzętu

Nazwa potoczna	Właściwa nazwa firmy	Adres internetowy
Alfa Elektronika	Elfa Distrelec Sp. z o.o.	www.elfaelektronika.pl
allegro.pl	Grupa Allegro Sp. z o.o.	www.allegro.pl
centrumelektroniki.pl	Centrumelektroniki Sp. j.	www.centrumelektroniki.pl
Curver	Curver Poland Sp. z o. o.	www.curver.pl
elektronika-sklep.pl	Elektronika Elektrotechnika Sp. J. Z. Filipek J. Kaźmierski	elektronika-sklep.pl
Eltronix	Przedsiębiorstwo Elektroniczne „Eltronix.pl”	www.eltronix.pl
Farnell	Premier Farnell UK Limited	pl.farnell.com
Intercars	Intercars International-France Sp. z o.o.	www.intercars.pl
Narzędziak	PHU GABI	www.narzedziak.pl
Stanley (narzędzia)	Stanley Black & Decker Polska Sp. z o.o.	www.stanleyworks.pl
superrobot.pl	HUP Paweł Turkowiak	www.superrobot.pl
TME	Transfer Multisort Elektronik Sp. z o.o.	www.tme.eu
Tonsil	Dexon Poland Sp. z o.o.	www.e-tonsil.pl
tworzywa.com.pl	ROTOPINO.PL S.A.	www.tworzywa.com.pl

Podziękowania

Moja przygoda z magazynem „MAKE” zaczęła się, kiedy redaktor Mark Frauenfelder zaproponował mi pisanie artykułów. Jestem niezwykle wdzięczny Markowi za jego wsparcie dla mojej pracy. Dzięki niemu poznałem niezwykle uzdolniony i zmotywowany zespół „MAKE”. Gareth Branwyn zasugerował, abym rozważył możliwość napisania podręcznika wprowadzającego w świat elektroniki. Jestem mu bardzo wdzięczny za to, że zainicjował ten projekt i nadzorował go jako mój redaktor. Po napisaniu ogólnego zarysu książki, w którym wyjaśniłem swoją koncepcję „nauki przez odkrywanie”, a także związany z nią pomysł rozbrajania komponentów lub niszczenia ich w inny sposób w celach edukacyjnych, usłyszałem pamiętne słowa od wydawcy — Dale’a Dougherty’ego — „Chcę tę książkę!”. Dlatego specjalne podziękowania kieruję do niego za wiarę w moje możliwości. Równie wielce pomocną osobą był sekretarz redakcji Dan Woods.

Proces powstawania książki był szybki, prowadzony bardzo profesjonalnie i bezboleśnie. Dziękuję za to mojemu redaktorowi w wydawnictwie O’Reilly — Brianowi Jepsonowi, starszemu redaktorowi produkcyjnemu Rachel Monaghan, redaktorze technicznej Nancy Kotary, korektorze Nancy Reinhardt, indeksersce Julie Hawks, projektantowi Ronowi Bilodeau i Robertowi Romano, który ulepszył moje ilustracje. Dziękuję z głębi serca mojemu korektorowi merytorycznemu Andrew „Bunniemu” Huangowi, który dokonał szczegółowej recenzji tekstu, a jego wiedza przerasta moją. Błędy, które pozostały w książce, są błędami po mojej stronie, chociaż wolałbym zrzucić je na barki Bunniego.

Oto lista osób, którym pragnę złożyć podziękowania za pomoc w testowaniu projektów na ostatnią chwilę: Matt Mets, Becky Stern, Collin Cunningham, Marc de Vinck, Phillip Torrone, Limor Fried, John Edgar Park, John Baichtal i Jonathan Wolfe.

Na koniec pragnę wspomnieć geniusz dwóch osób: Johna Wanocka i Charlesa Geschke, założycieli firmy Adobe Systems i twórców przepięknego języka PostScript, który zrewolucjonizował proces publikacji. Nie potrafię sobie wyobrazić horroru, jaki czekałby mnie, gdyby przyszło mi skorzystać z narzędzi graficznych innego producenta. Jestem nawet skłonny stwierdzić, iż bez pomocy Photoshopa, Acrobat’a i InDesigna prawdopodobnie nie podjąłbym się tego zadania. Podziękowania należą się również firmie Canon za aparat fotograficzny 1Ds z obiektywem 100 mm do zdjęć makro, przy pomocy którego wykonałem wiele ze zdjęć w tej książce.

Cała praca została wykonana bez udziału darmowych próbek lub innych materiałów promocyjnych od producentów lub dostawców wspomnianych na łamach książki. Jedynym wyjątkiem były dwie książki z serii „MAKE”, które przeczytałem, aby upewnić się, iż nie duplikuję pracy wykonanej już przez kogoś innego.

O autorze

Charles Platt zainteresował się komputerami po otrzymaniu certyfikatu dla komputera Ohio Scientific C4P w roku 1979. Zajmował się pisaniem i sprzedażą oprogramowania za pośrednictwem poczty, a następnie uczył programowania w języku BASIC, MS-DOS-a i w końcu obsługi programów Adobe Illustrator i Photoshop. W latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku napisał pięć książek poświęconych informatyce.

Jest również autorem powieści science fiction, takich jak *The Silicon Man* (wydanej przez wydawnictwo Bantam, a później Wired Books) i *Protektor* (wydanej przez Avon Books). Przestał pisać powieści po rozpoczęciu współpracy z magazynem „Wired” w roku 1993. Kilka lat później stał się jednym z trzech starszych dziennikarzy tego czasopisma.

Charles rozpoczął pisanie artykułów do magazynu „MAKE” od jego trzeciego wydania i jest obecnie redaktorem prowadzącym magazynu. Książka Elektronika. Od praktyki do teorii jest jego pierwszą książką napisaną dla wydawnictwa Make Books. Obecne zajęcie Charlesa to projektowanie i budowa prototypów urządzeń medycznych w warsztacie położonym w odludnej części północnej Arizony.

Skorowidz

A

ABS, plastik, 269, 270
AC, 12
Ampère, André-Marie, 13
ampery, 11
AND, bramka logiczna, 187
Arduino, mikrokontroler, 317
arytmetyka binarna, 217
AXEpad, 296, 297

B

Bardeen, John, 78
Basic Stamp, mikrokontroler, 317
bateria
 czas życia, 123
 wykonanie, 32, 34
Bell, Alexander Graham, 243
binarna, arytmetyka, 217
binarny, system, 217
Boole, George, 184, 185
bramki logiczne, 186, 187
 AND, 187
 NAND, 186, 187
 NOR, 188
 NOT, 186
 OR, 188
 XNOR, 186, 189
 XOR, 189
 zasady łączenia, 195, 196
Brattain, Walter, 78

C

Camenzind, Hans, 160
cewki, 238
CMOS, 190, 191, 192

Complementary Metal Oxide
 Semiconductors, *Patrz* CMOS
cyna lutowicza, 100
czas trwania impulsu, 157
częstotliwość dźwięku, 244
 filtrowanie, 248, 249, 250,
 251, 252

D

Davies, Ray, 260
DC, 12
DeArmond, Harry, 261
debug, polecenie, 307
Dellepiane, 261
diody, 134
 LED, 16
 Zenera, 134
długość fali dźwiękowej, 244
druty, 100
 grubość, 282
Dummer, Geoffrey W. A., 152
dźwięk
 częstotliwość, 244
 długość fali dźwiękowej, 244
 fale dźwiękowe, 254, 255, 256
 przekształcenie na prąd, 244, 245
 przycinanie, 257
 tremolo, 261
 vibrato, 261
 wzmocniacz, 250, 251, 252

E

elektryczność, 33, 34

F

fala sinusoidalna, 254
fale dźwiękowe, 254, 255, 256
Faraday, Michael, 64
farady, 61
fazownik, 99
filtr
 dolnoprzepustowy, 252
 górnoprzepustowy, 252
fotorezystor, 291
Franklin, Benjamin, 35
funtostopa, 281
fuzz box, 257

G

galwanometr, 13
głośniki
 destrukcja, 242
 historia, 243
 montowanie, 87
 tweeter, 253
 woofer, 253
gratownik, 99

H

Henry, Joseph, 238

I

IC, *Patrz* układy scalone
if-then, wyrażenie, 313, 314
imadło, 99
indukcyjność, 237
induktancja, 246

integrated circuits, *Patrz* układy scalone
izolacja termokurczliwa, 101, 111
izolator, 6

J

jednostki, niespójność, 124

K

Kilby, Jack, 152
kiloom, 6
kilowaty, 31
kondensatory, 62, 63, 64
 czas ładowania, 85
 polaryzacja, 63
konus, 87
kość, *Patrz* układy scalone
krańcowe, przełączniki, 278, 279
krokowe, silniki, 280, 288, 289
kulomb, 36

L

LED, diody, 16
liczniki siedmiosegmentowe, 173
logika Boole'a, 184, 185
lutowanie, 104, 105, 109
 alternatywy, 106, 107
 błędy, 107, 108
 mity, 106
lutownice, 104
 kolbowe, 96

Ł

ładunek elektryczny, 36

M

magnesy neodymowe, 240
magnetyzm, 236
Maker Shed, 1
Marconi, 266
megaom, 6
megawaty, 31
miejsce pracy, 228, 229, 230, 232
 opisywanie pudełek, 231
 stoły robocze, 229, 232
miernik uniwersalny, 2, 3

mikrofon dynamiczny, 244
mikrokontrolery, 227, 293, 317
 Arduino, 317
 Basic Stamp, 317
 ograniczenia, 315
minimalne napięcie zadziałania, 58
moc obrotowa, jednostki, 281

N

NAND, bramka logiczna, 186, 187
napięcie, 10
 obliczanie spadku, 283, 284
 regulatory, 182
 znamionowe, 58
napięcie, 10
neodymowe, magnesy, 240
NOR, bramka logiczna, 188
NOT, bramka logiczna, 186
Noyce, Robert, 152

O

obciążki, 2
obciążalność styków, 58
obudowy, 102
odsysarka do cyny, 98
Ohm, Georg Simon, 8
Ohma, prawo, 26
omy, 6
opalarki, 98, 110
opór indukcyjny, 246
OR, bramka logiczna, 188
oscylator, 60

P

pętla, 304
PIC, 294
PICAXE, 294
 generowanie liczb pseudolosowych, 310
 muzyka, 310
 podczerwień, 310
 podstawowe parametry, 305, 306
 Programming Editor, 297
 przerwania, 309
 serwomechanizmy, 310
 sterownik USB, 296, 297
 wady, 315

wejście i wyjście alfanumeryczne, 310
 zakup, 294
piła ręczna, 99
piny, niepodłączone, 176
plastik ABS, 269, 270
płytki prototypowa, 65, 66
płytki perforowane, 116
 procedura montowania, 137, 138
płytki szybkiego montażu, 101
podstawa na lutownicę, 98
pojemność, 246
połączenia
 równoległe, 25
 szeregowe, 25
potencjometri, 18
 wnętrze, 18
prawo Ohma, 26
prąd
 pracy, 58
 stały, 12
 zmienny, 12, 248
przełączniki, 55, 56, 79
 porównanie z tranzystorami, 79
 wnętrze, 58
przełączanie, 39
przełączniki, 46, 47, 48
 dwubiegunowe, 46
 dwupozycyjne, 46
 iskwienie, 48
 jednopolizacyjne, 46
 krańcowe, 278, 279
 odbicia, 175
 pierwsze systemy, 49
przerzutniki z wejściem zegarowym, 213
przewodnik, 6
przewody pomiarowe z końcówkami zaciskowymi, 97
przewód elektryczny, konsumpcja prądu, 27
prycinanie dźwięku, 257
pwmout, komenda, 309

R

radio
 kryształowe, 262
 wykonanie, 262, 263, 264, 265
 zasada działania, 266, 267, 268
regulatory napięcia, 182

return, polecenie, 314
rezystancja, 10, 246
 pomiar, 7, 8
rezystor, 13
 odczytywanie wartości, 14, 15
rozlutowywanie, 110

S

samoindukcja, 246
schematy, 50
 symbole, 51, 52, 53, 54, 238
Scribner, Charles E., 49
serwomechanizm, 281
Shannon, Claude, 184, 185
Shockley, William, 78
Siemens, Ernst, 243
silniki, 280, 281
 krokowe, 280, 288, 289
 prądu stałego bez szczotek, 281
 prądu zmiennego, 281
 serwomechanizm, 281
 szczotkowe prądu stałego, 280
sondy, 5
 pomiarowe, 5
spadek napięcia, obliczanie,
 283, 284
SPDT, 46
SPST, 46
stała czasowa, 71, 72
statyw lutniczy, 96
stomp box, 260, 261, 262
strony katalogowe, 26, 28
suwmiarka, 99
symbole schematów, 51, 52, 53,
 54, 238
system binarny, 217
szczypce
 boczne, 2
 o wydłużonych końcówkach, 2

 o zaokrąglonych końcówkach, 2
 o znacznie wydłużonych
 końcówkach, 2
szkło powiększające, 96

Ś

śrubokręty, 98

T

taśma do odsysania cyny, 98
Thomson, J. J., 35
Transistor-Transistor Logic, *Patrz*
 TTL
 tranzystory, 76, 78, 79
 NPN, 76, 77
 PNP, 76, 77
 porównanie z przekaźnikami, 79
 prąd, 80, 81
 programowalne jednozłączowe,
 83, 84
 unipolarne, 83
tremolo, 261
TTL, 190, 191, 192
tweeter, 253

U

układ czasowy, 160
 "555", 158, 159, 160, 161, 164,
 165, 166, 176, 177
układy programowalne, 294
układy scalone, 147
 numeracja, 194
 powstanie, 152
 wybór, 148, 149
ułamki dziesiętne, 29
 dzielenie, 29
 mnożenie, 29

usterki, wyszukiwanie, 139
uziemiać, 172

V

vibrato, 261
Volta, Alessandro, 12

W

wait, komenda, 304
wariograf, 7
Watt, James, 28
waty, 31
wołty, 11, 36
woofer, 253
wyświetlacze siedmiosegmentowe,
 150, 173
wzmacniacz dźwięku, 250,
 251, 252

X

XNOR, bramka logiczna, 186, 189
XOR, bramka logiczna, 189

Z

zaciski krokodylki, 101
zasilacz, pomiar napięcia, 55
Zenera, dioda, 134
zmiana potencjałów, 20
zmienna, 304
zwarcie, 9
zwrótnice głośnikowe, 253

Ż

źródła informacji, 233, 234, 235