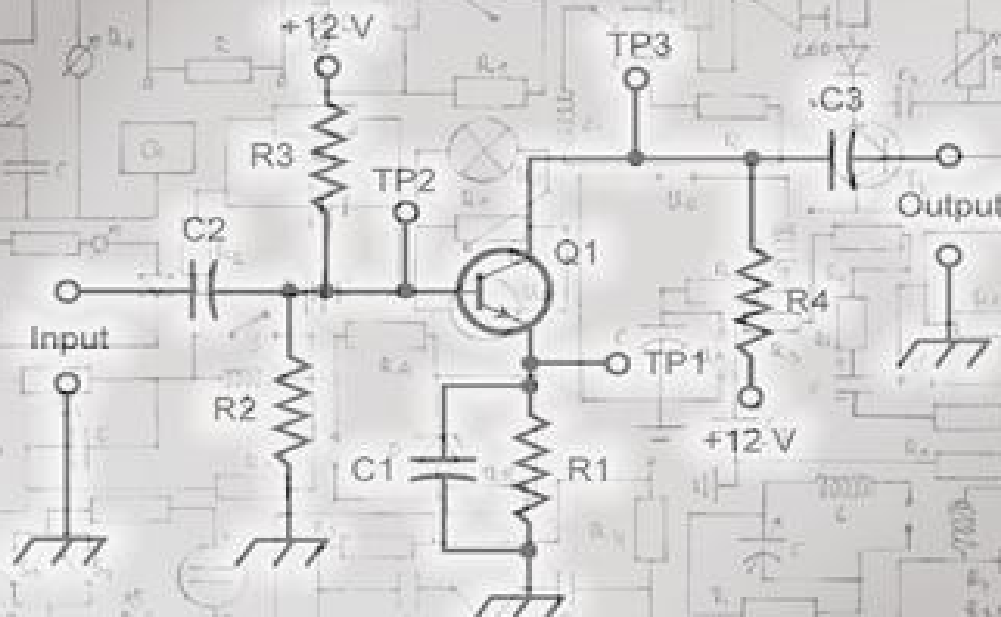


Schematy elektroniczne i elektryczne

Przewodnik dla początkujących

Stan Gibilisco



Stan Gibilisco

Schematy elektroniczne i
elektryczne

Przewodnik dla
początkujących

Wydanie III

Tytuł oryginału: Beginner's Guide to Reading Schematics,
Third Edition

Tłumaczenie: Konrad Matuk

ISBN: ePub: 978-83-246-9218-7, Mobi: 978-83-246-9219-4

Original edition copyright © 2014, 1991, 1983 by McGraw-Hill Education.

All rights reserved.

Polish edition copyright © 2014 by HELION SA. All rights reserved.

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/schele_ebook

Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

- [Poleć książkę](#)
- [Kup w wersji papierowej](#)
- [Oceń książkę](#)

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

O autorze

Stan Gibilisco napisał samodzielnie lub współtworzył ponad 50 książek dotyczących fizyki, elektroniki, matematyki oraz informatyki. Jest inżynierem elektronikiem, zajmuje się łącznością bezprzewodową, a ponadto pisuje artykuły w prasie specjalistycznej. Stowarzyszenie Bibliotek Amerykańskich nadało jego książce *McGraw-Hill Encyclopedia of Personal Computing* (1995) tytuł najlepszej fachowej publikacji („Best References of 1996”). Stan jest ponadto autorem kilku samouczków wydanych w ramach serii *DeMYSTiFieD*, a także trzech książek przeznaczonych dla studentów interesujących się matematyką (w ramach serii *Know-It-All*). Stan Gibilisco napisał również *Teach Yourself Electricity and Electronics* — książka ta stała się klasykiem w dziedzinie elektrotechniki i elektroniki.

Wstęp

Czy po złapaniu elektronicznego bakcyła podczas próby budowy lub naprawy jakiegoś układu zaczęły Cię prześladować schematy wypełnione tajemniczymi symbolami? Jeżeli ten problem Ciebie dotyczy, właśnie znalazłeś remedium!

Znajomość symboli stosowanych w elektronice sprawi, że nie będziesz czuł zakłopotania ani strachu podczas pracy z układami. Nie porzucaj swoich zainteresowań tylko dlatego, że napotkałeś jakieś niezrozumiałe symbole. Można to porównać do sportowca porzucającego swoją ulubioną dyscyplinę z powodu strachu przed bólem związanym z treningami. Wtedy właśnie pomocny jest trener. Dzięki jego pomocy trening może stać się niemalże bezbolesny. Dobrze narysowane i opisane schematy pomogą Ci podczas budowy lub naprawy sprzętu elektronicznego.

Schematy można porównać do mapy sieci dróg, po których przemieszczają się elektrony. Pomagają one zrozumieć istotę działania prostych obwodów, a także odnaleźć się podczas pracy z bardziej złożonymi urządzeniami lub systemami. Gdy opanujesz już symbole i oznaczenia, czytanie schematów będzie tak proste jak korzystanie z atlasu podczas planowania podróży.

Niniejsza książka zawiera wszystkie informacje niezbędne do analizy układów elektronicznych. Dzięki tym wiadomościom możesz rozpocząć swoją przygodę z elektroniką niezależnie od tego, czy jesteś zainteresowany projektowaniem układów, czy ich naprawą i konserwacją. W książce wyjaśniono zasady tworzenia schematów i to, do jakich elementów układu odnoszą się stosowane na nich

symbole. Podczas lektury będziesz mieć również szansę na przeprowadzenie pewnych eksperymentów przy użyciu schematów!

Lektura tej książki zapewni Ci solidne podstawy do dalszego rozwoju i zgłębiania wybranej przez Ciebie dziedziny związanej z elektroniką niezależnie od tego, czy będzie to coś tak prostego jak krótkofalarstwo, czy bardzo zaawansowanego jak technologia biomedyczna, komunikacja kosmiczna czy mechatronika.

Jeżeli masz jakiegokolwiek sugestie dotyczące kolejnych wydań tej książki, to możesz skontaktować się ze mną. Adres mojej poczty elektronicznej znajdziesz na stronie www.sciencewriter.net.

Co najważniejsze — miłej lektury!

Stan Gibilisco

Rozdział 1. Czym jest schemat?

W elektronice i elektrotechnice wyróżniamy trzy rodzaje schematów: blokowy, ideowy i wykonawczy. Każdy z wymienionych schematów stosuje się w innym celu.

1. Schemat blokowy pokazuje w sposób ogólnikowy połączenia pomiędzy obwodami dyskretnymi urządzenia. Każdy obwód jest reprezentowany przez „blok” o kształcie kwadratu lub innej figury. Linie poprowadzone pomiędzy tymi elementami (mogą być zakończone strzałkami) symbolizują zależności pomiędzy obwodami.
2. Schemat ideowy (często nazywany po prostu schematem) zawiera symboliczne oznaczenia wszystkich podzespołów znajdujących się w danym obwodzie. Niniejsza książka dotyczy głównie schematów tego typu.
3. Schemat wykonawczy, zwany również schematem poglądowym, ilustruje elementy obwodu zainstalowane w płytce lub podstawie montażowej. Pozwala on na szybkie znalezienie i zidentyfikowanie podzespołów, które chcesz sprawdzić lub wymienić.

Diagnostując nieznaną obwód elektroniczny, najpierw będziesz chciał przeanalizować jego schemat blokowy — pozwoli to na zlokalizowanie miejsca, w którym znajduje się źródło usterki. Następnie będziesz mógł skorzystać ze schematu ideowego (lub jego części) i odnaleźć uszkodzony element, a także określić to, jak jest on połączony z pozostałymi elementami obwodu. Schemat wykonawczy

pozwole Ci na określenie miejsca, w którym fizycznie znajduje się uszkodzony podzespół. Teraz będziesz mógł przystąpić do testowania lub wymiany poszukiwanego elementu obwodu.

Schemat blokowy

Schemat blokowy usprawnia pracę ze schematami ideowymi. Ułatwia on porównywanie obwodów i zrozumienie zależności zachodzących pomiędzy nimi. Każdy blok symbolizuje jakiś obwód i zawiera słowny opis symbolizowanych elementów. Etykiety te nie zawierają szczegółowych schematów budowy danych obwodów. Schemat blokowy przedstawia funkcje poszczególnych obwodów, a nie ich budowę. Po przeanalizowaniu schematu blokowego i zrozumieniu ogólnej zasady działania urządzenia w celu uzyskania bardziej szczegółowych danych możesz zajrzeć do schematu ideowego.

Przeanalizuj dwa poniższe przykłady zastosowania schematów blokowych.

Wyobraź sobie, że chcesz zaprojektować urządzenie elektroniczne, które będzie wykonywać jakieś określone zadanie. Pracę możesz ułatwić, tworząc schemat blokowy zawierający wszystkie niezbędne obwody. Teraz wystarczy, żebyś zaprojektował schemat każdego z obwodów symbolizowanych przez bloki. Zastępując kolejne bloki schematami poszczególnych obwodów, stworzysz schemat całego urządzenia.

Schematy blokowe mogą się przydać również w innej sytuacji. Wyobraź sobie, że dysponujesz bardzo złożonym schematem, który chcesz zastosować w celu zdiagnozowania przyczyny niewłaściwego funkcjonowania danego urządzenia. Schemat zawiera wszystkie elementy

układu, a więc określenie źródła problemu może być problematyczne. Schemat blokowy pomógłby zrozumieć funkcjonowanie poszczególnych obwodów urządzenia. Po skorzystaniu ze schematu blokowego i określeniu obwodu, w którym może potencjalnie kryć się usterka, możesz wrócić do analizowania bardziej szczegółowego schematu ideowego.

Schemat ideowy

Schemat ideowy pełni rolę mapy przedstawiającej wszystkie elementy obwodu, a także połączenia pomiędzy nimi. Słownik języka polskiego definiuje hasło **schemat** jako „ogólny szkic lub plan czegoś”. Tak więc schematem można nazwać również rysunki ilustrujące zależności związane nie tylko z elektrotechniką lub elektroniką.

W większości samochodów odnajdziemy pewien przedmiot, który można nazwać schematem — mapę. Oczywiście jest to dość specyficzny schemat. Może on ilustrować sieć dróg na terenie miasta, gminy lub całego województwa. Mapa, podobnie jak schemat obwodu elektrycznego, przedstawia elementy ilustrowanego układu. Użytkownicy samochodów często tworzą własne mapy zawierające potrzebne dla nich informacje wyjęte z ogólnej mapy danego obszaru. Schemat obwodu elektrycznego przedstawia podzespoły oraz połączenia pomiędzy nimi. Dzięki nim technik jest w stanie ekstrapolować komponenty i połączenia podczas testowania, wykrywania usterek i naprawy prostych obwodów, złożonych urządzeń lub skomplikowanych systemów.

Wyobraź sobie, że jedziesz samochodem z punktu A do punktu B. Na mapie masz przedstawione wszystkie miasta i miejscowości znajdujące się pomiędzy tymi punktami. W podobny sposób można rozumieć schemat układu: możesz

na nim odnaleźć wszystkie elementy znajdujące się pomiędzy punktami A i B układu elektronicznego. Z map oraz schematów można odczytać również inne informacje. Kierowcy przydaje się wiele innych informacji poza listą miast położonych na danym odcinku drogi. Tak naprawdę mógłbyś wykonać listę miast i innych punktów charakterystycznych trasy. Wtedy mógłbyś obejść się bez mapy. W podobny sposób możemy sporządzić listę podzespołów znajdujących się w danym obwodzie elektrycznym, np.:

- rezystor 120 Ω ,
- rezystor 1000 Ω ,
- tranzystor *pn*p,
- kondensator 0,47 μ F,
- drut do przyłączania o długości 60 cm,
- ogniwo o napięciu 1,5 V,
- przełącznik.

Tak naprawdę taka lista nie da nam żadnej praktycznej informacji na temat obwodu. Wiemy, jakie komponenty przydadzą nam się do budowy takiego układu, ale nie wiemy, co mamy zbudować. Podzespoły wymienione na liście można połączyć na wiele sposobów — masz możliwość zbudowania dwóch, a nawet trzech obwodów o różnych charakterystykach.

Schemat musi przedstawiać nie tylko elementy niezbędne do zbudowania danego obwodu, ale także połączenia pomiędzy nimi. Mapa samochodowa pokazuje drogi pomiędzy miastami, a także inne szlaki, takie jak ulice czy autostrady. Drogi lokalne są na niej oznaczone w inny sposób niż czteropasmowa droga szybkiego ruchu. Po pewnym czasie użytkowania mapy będziesz pamiętał, jakie

linie symbolizują poszczególne typy dróg. Podobnie w schemacie obwodu elektronicznego różne linie symbolizują ścieżki, połączenia kablowe, ekrany i połączenia bezprzewodowe. Linie te symbolizują połączenia pomiędzy elementami obwodu.

Symbolika stosowana na schematach

Schemat ideowy przedstawia obwód elektryczny za pomocą **symboli**. Na mapie w roli symboli przedstawiających drogi zastosowano linie. Gruba linia symbolizująca autostradę A2 nie oddaje faktycznego wyglądu autostrady. Jednakże użytkownikowi mapy wystarczy wiedza o tym, że dana linia symbolizuje autostradę A2. Gdyby mapy dokładnie oddawały wygląd dróg, to musiałyby być takich rozmiarów, że nie mieściłyby się w samochodowych schowkach, a ich używanie byłoby praktycznie niemożliwe.

Dobra mapa zawiera legendę wyjaśniającą słownie zastosowane symbole. Jeżeli wiesz, że mały rysunek samolotu symbolizuje lotnisko, to za każdym razem, gdy go zobaczysz na mapie, będziesz wiedzieć, że właśnie w tym miejscu na mapie zaznaczono lotnisko. Graficzne oznaczenia na mapie symbolizują obiekty znajdujące się faktycznie na danym obszarze, takie jak np. port lotniczy położony poza miastem.

Dobra mapa samochodowa zawiera wiele różnych symboli. Symbole powinny być zaprojektowane tak, aby były jasne i logiczne. Na przykład logiczne jest, że widząc na mapie rysunek małego samolotu, człowiek powinien domyślać się, że w tym miejscu jest coś związanego z samolotami. Dokładne wyjaśnianie takiego symbolu nie jest więc konieczne.

Wskazówka

Poprzednia edycja tej książki pochodzi z roku 1991. Od tego czasu przenośne komputery i internet ewoluowały tak, że powstały mapy przedstawiające rzeczywisty wygląd dróg i autostrad. Istnieją serwisy, które przedstawiają zdjęcia satelitarne lub lotnicze dróg, a niektóre zawierają nawet zdjęcia wykonane przez samochody jadące daną drogą. Przykładem takich map są *Mapy Google*. Nie są one wydane na papierze. Za pomocą komputera lub tabletu połączonych z internetem możesz oglądać interesujący Cię fragment mapy, która jest ciągle ulepszana.

Jeżeli autor mapy zamiast samolotu zastosowałby symbol butelki piwa, to osoba, która nie zapoznała się z legendą, mogłaby pomyśleć, że w tym miejscu znajduje się bar lub sklep z alkoholem. Na mapie trzeba umieścić wiele różnych symboli, a więc autor mapy ma nie lada wyzwanie, aby wszystkie zastosowane symbole były logiczne.

Stosując samą logikę, trudno jest stworzyć schemat czegoś naprawdę skomplikowanego, takiego jak układ elektroniczny. Kółko jest figurą, na bazie której oparto symbole tranzystora, diody LED, lampy próżniowej i gniazda ściennego. Dodatkowe elementy umieszczone w kółko mówią nam o tym, z jakim podzespołem mamy akurat do czynienia. Tranzystor jest aktywnym urządzeniem mogącym wytworzyć sygnał o wyższej wartości od sygnału wejściowego. Podobnie możemy zdefiniować lampę próżniową, ale już nie gniazdko lub diodę LED.

Kółko z umieszczonymi w środku symbolami elektrod było przez wiele lat stosowane jako symbol lampy próżniowej.

Tranzystory powstały po to, by zastąpić lampy, a więc ich symbol również jest oparty na kółku, w którym umieszczono symbole elektrod. Elementy znajdujące się wewnątrz tranzystora różnią się od tych znajdujących w lampie, a więc też i symbole elektrod tych podzespołów są różne. Tranzystory pełnią podobną rolę jak lampy próżniowe, a więc logiczne jest to, że mają podobne symbole.

Niestety w przypadku symboliki stosowanej na schematach ideowych nie możemy się posłużyć tylko logiką, tak jak miało to miejsce w przypadku map drogowych. Kółko może być elementem składowym symbolu podzespołu, który w żaden sposób nie przypomina tranzystora lub lampy elektronowej. Na przykład diodę LED możemy przedstawić jako okrąg zawierający w środku symbol diody otoczony z zewnątrz strzałkami. Dioda LED nie jest ani tranzystorem, ani lampą próżniową. Różnicę tę podkreśla symbol elektrody. Okrąg zastosowano również w symbolu gniazdka ściennego, które zdecydowanie różni się od lampy, tranzystora i diody LED. Jednakże symbol gniazdka oparty jest na okręgu tak jak symbole trzech wymienionych wcześniej podzespołów. Więcej na temat symboli stosowanych na schematach ideowych dowiesz się podczas lektury rozdziału 3.

Połączenia pomiędzy podzespołami przedstawionymi na schemacie

W naszych dalszych rozważaniach przyjrzymy się bliżej tranzystorowi *pnp*. Jest to element trójelektrodowy. Istnieje wiele różnych tranzystorów *pnp*, jednakże zawsze są one przedstawiane za pomocą tego samego symbolu. Tranzystory *pnp* są stosowane w wielu różnych obwodach. Dobry schemat przedstawia sposób montażu tranzystora w obwodzie i połączenia go z innymi elementami układu tak,

aby pracował on poprawnie. Tranzystor może pełnić rolę przełącznika, wzmacniacza, generatora drgań lub układu dopasowywania energetycznego. Tranzystor może pełnić jedną z wymienionych funkcji. Jeżeli tranzystor został zastosowany w danym obwodzie w roli wzmacniacza, nie możesz niestety powiedzieć, że pełni on jedynie taką funkcję. Tranzystor może być wyjęty z tego obwodu i wstawiony do innego, w którym pełniłby rolę „serca” generatora drgań.

Wskazówka

Znając rodzaj podzespołu, nie można określić jego roli w danym układzie. Informację tę można uzyskać w wyniku wnikliwej analizy schematu całego obwodu. Rolę tranzystora trudno jest określić, oglądając dany układ. Potrzebny jest Ci przewodnik. Takim przewodnikiem jest schemat ideowy, który przedstawia wszystkie połączenia pomiędzy wszystkimi elementami układu.

Założmy, że chcesz dojechać z Białegostoku do Gdańska. Nawet jeżeli przejechałeś tę trasę kilkakrotnie, to prawdopodobnie nie pamiętasz wszystkich dróg, po których jechałeś, i miasteczek, przez które przejeżdżałeś. Atlas samochodowy przedstawi Ci tę trasę — nie musisz uczyć się jej na pamięć, możesz zajrzeć do niego w dowolnym momencie. Mapa pozwala Ci zaplanować całą podróż, nie ogranicza Cię do planowania przejazdów pomiędzy poszczególnymi miejscowościami znajdującymi się na trasie. Schemat ideowy podczas pracy nad obwodem pełni podobną rolę do mapy podczas podróży.

Wróćmy do przykładu podróży z Białegostoku do Gdańska. Wyobraź sobie, że zapamiętałeś całą trasę, ale jedna z tras szybkiego ruchu jest w remoncie, co zmusza Cię do

pojechania inną trasą. Objechanie remontu bez mapy byłoby zadaniem trudnym do zrealizowania. Nie będziesz potrafił określić tego, która z dróg jest najlepsza, która będzie biec najbliższej znanej Ci drogi i w końcu doprowadzi Cię do znanej trasy.

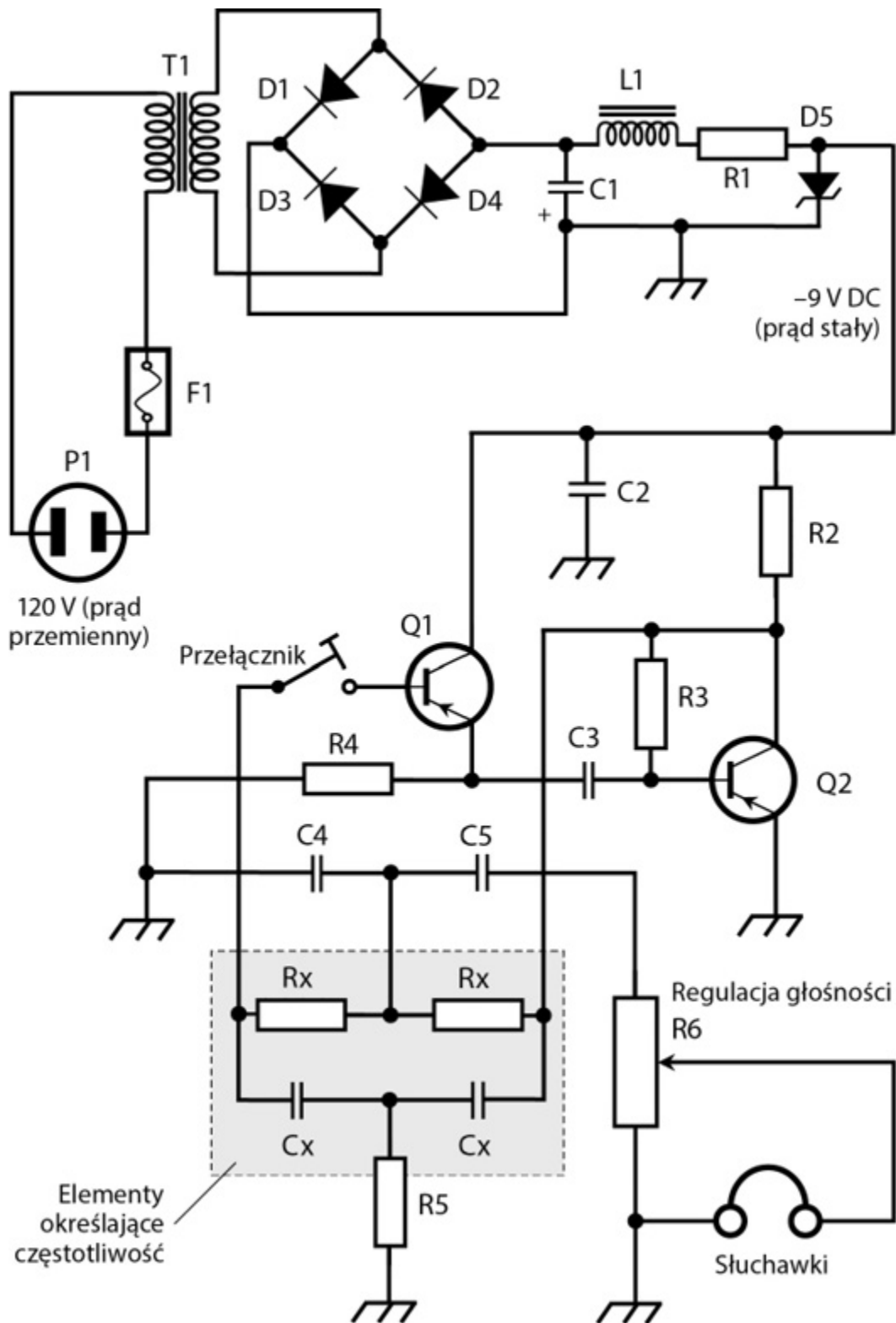
W obwodzie elektrycznym znajduje się wiele dróg i obwodnic. Czasami jedna z dróg, po której poruszają się elektrony, może ulec przerwaniu. W takiej sytuacji będziesz zmuszony do zlokalizowania takiego punktu i naprawy układu. Nawet jeżeli widząc układ, potrafisz sobie wyobrazić jego schemat, to trudno będzie Ci określić miejsce w skomplikowanej sieci połączeń, w którym może występować problem. Wspominając o wyobrażeniu sobie układu, nie mam na myśli szkicowania w wyobraźni jego schematu, a orientowanie się w połączeniach wykonanych pomiędzy poszczególnymi podzespołami znajdującymi się w układzie.

Schemat ideowy daje Ci obraz całego układu. Pokazuje, jak poszczególne elementy i ścieżki łączą się ze sobą. Widząc zależności pomiędzy elementami układu, jesteś w stanie zdiagnozować i rozwiązać problem związany z jego działaniem. Naprawa układu bez schematu może przypominać szukanie igły w stogu siana. Gdy szukasz wadliwego miejsca na chybił trafił, istnieje duże prawdopodobieństwo, że spowodujesz powstanie uszkodzeń kolejnych komponentów obwodu!

Nie bój się!

Przypatrz się schematowi widocznemu na rysunku 1.1. Jeżeli masz nikłe doświadczenie w pracy ze schematami, rysunek ten może wydawać Ci się bardzo skomplikowany, a określenie przepływu prądów wręcz niemożliwe. Nie bój się! Zanim skończysz lekturę tej książki, znając podstawowe prawa związane z

elektrycznością i elektroniką, będziesz dziwił się, że schemat ten kiedykolwiek Cię przeraził. Rysunek ten zostanie użyty ponownie w rozdziale 5.



Rysunek 1.1. Przykładowy schemat dość skomplikowanego obwodu. Zanim skończysz czytać tę książkę, schemat ten będzie wydawać Ci się bardzo prosty

Język symboliczny

Szczegółowe wyjaśnienie schematów ideowych dla osób dopiero zaczynających przygodę z elektroniką może być trudne. Dla ułatwienia możesz założyć, że schemat jest formą symbolicznego języka, dzięki któremu możliwe jest przedstawianie swoich pomysłów za pomocą znaków. Język polski (lub jakikolwiek inny język, którego jesteś rodzimym użytkownikiem) jest systemem, w którym zastosowano znane Ci znaki. Jest to oczywiste — czytasz tę książkę!

Każde słowo wypowiedziane w języku polskim lub dowolnym innym języku mówionym jest złożonym symbolem składającym się z mniejszych elementów zwanych **głoskami**. Na przykład słowo „stop” dla osoby nieznającej języka (np. noworodka) nie znaczy zupełnie nic. Jednakże człowiek z czasem poznaje „klucz” języka i rozumie wypowiedziane słowa. Przestają one być po prostu hałasem dobiegającym z czyichś ust. Obserwując otoczenie i słowa wypowiedziane przez osoby w nim się znajdujące, dziecko powoli zaczyna wiązać dźwięki z czynnościami. Można dojść do wniosku, że słowo „stop” jest symbolem symbolu. Słowo to może znaczyć to samo co fraza „zatrzymaj się”. Faza ta symbolizuje czynność, którą chcemy, aby ktoś wykonał.

Gdybyśmy byli w stanie porozumiewać się telepatycznie, wtedy język złożony z symboli nie byłby nam do niczego potrzebny. Myślenie przebiega o wiele szybciej od mówienia, czytania i pisania. Umysł człowieka działa w podobny sposób niezależnie od tego, czy pisze, czyta, czy mówi. Noworodek nie rozumie żadnego języka, jednakże niezależnie od miejsca urodzenia z czasem zaczyna posługiwać się językiem używanym przez osoby znajdujące się w jego otoczeniu.

Dziecko wie, kiedy jest głodne, kiedy coś je boli, kiedy jest przestraszone lub szczęśliwe. Nie potrzebuje ono żadnego języka, aby wyrazić te stany. Dlatego większość noworodków komunikuje się w ten sam sposób — głównie poprzez płacz i śmiech. Dziecko poznaje otaczające je środowisko za pomocą narządów takich jak oczy, uszy, nos i palce. Zbiera coraz więcej informacji. W tym momencie dziecko zaczyna poznawać język. Różne języki stosują różne symbole w celu nazwania tych samych rzeczy. Ludzie niezależnie od miejsca urodzenia mają w głowie te same koncepty, myślenie o symbolizujących je dźwiękach wymagałoby zbyt dużego wysiłku umysłowego.

Umysł pomaga przełożyć skomplikowane myśli na język i odwrotnie. Do podobnego procesu dochodzi w komputerze, który tłumaczy kod wykonywanego programu na serię impulsów elektrycznych. Jeżeli umysł przetwarzałby symbole milionów rzeczy, to ludzie myśleliby bardzo powoli, a dziecko, które znalazłoby się na drodze rozpędzonego samochodu, zamiast zejść z drogi, zostałoby potrącone przez samochód z powodu zbyt wolnej reakcji. Umysł sumuje wszystkie dane pochodzące z organów i przetwarza je w czasie rzeczywistym na symbole przydatne w komunikacji. Dobrym (i zwykle głośnym) tego przykładem jest krzyknienie „stop!”. Widząc dziecko schodzące z chodnika na ruchliwą jezdnię, możesz krzyknąć „stop” i wywołać tym odpowiednią reakcję w mózgu dziecka.

Nie wszystkie języki są mówione. Czy słyszałeś o języku migowym, w którym do przekazywania komunikatów używane są ręce? Jeżeli posiadasz licencję radioamatora (ja wyrobiłem swoją jeszcze w latach 60. ubiegłego wieku), zapewne słyszałeś o kodzie Morse’a, który jest zestawem znaków służących do komunikacji. Język składający się tylko z symboli widzianych przez odbiorcę nie jest tak wydajny w komunikacji międzyludzkiej jak język składający się z wypowiedzianych słów i widzianych wyrazów. Ponownie

przyjrzyjmy się symbolowi „stop”. Słowo to można wypowiadać na różne sposoby. Samo słowo posiada jakieś znaczenie, ale możemy je modyfikować za pomocą tonu, w jakim je wypowiadamy. Takiej zmiany znaczenia nie możemy wykonać na wydrukowanym tekście składającym się z liter S, T, O i P.

Ludzie mają wrodzoną umiejętność modyfikowania widzianych symboli. Dla wielu z nas kolor czerwony symbolizuje coś, na co powinniśmy zwrócić uwagę. Kolor ten jest często stosowany do wyróżnienia symboli, które widzimy. Na przykład znak drogowy „stop” jest właśnie tego koloru. Znak „ustąp pierwszeństwa” jest koloru żółtego. Kolor ten również przyciąga naszą uwagę, ale nie tak bardzo jak czerwony.

Schematy nie dają się przedstawić w formie słyszalnej. Gdy widzisz na schemacie symbol tranzystora polowego, nie słyszysz papieru ani komputera mówiącego do Ciebie „do diaska, to jest tranzystor polowy, a nie bipolarny”. Musisz samodzielnie zinterpretować widziany symbol we właściwy sposób. Jeżeli (np. z powodu nieuwważnego przyjrzenia się schematowi) w miejscu tranzystora polowego wstawisz tranzystor bipolarny, budowane przez Ciebie urządzenie nie będzie funkcjonowało prawidłowo. Taka pomyłka może nawet doprowadzić do spalenia pewnych podzespołów. Gdy już zorientujesz się i wymienisz tranzystor na właściwy, będziesz musiał sprawdzić poprawność funkcjonowania wszystkich pozostałych zastosowanych komponentów.

Wskazówka

W schematach ideowych rzadko stosuje się kolory. Zajrzyj na ostatnią stronę instrukcji obsługi Twojego amatorskiego radia. Czy znajdujący się tam schemat jest kolorowy? Założę się, że nie. Jednakże niektóre lepsze czasopisma branżowe umieszczają na swoich

łamach kolorowe schematy. Schemat znajdujący się w instrukcji obsługi najprawdopodobniej nie będzie nawet zawierał różnych odcieni szarości. Tworzenie schematów ideowych przypomina w pewnym sensie posługiwanie się kodem Morse'a. Musimy przekazać wiele informacji za pomocą ograniczonego zestawu znaków. Ograniczają nas nawet konwencje, w jakich możemy stosować te symbole.

Nasze zmysły wraz z mózgiem pełniącym funkcje głównego procesora pozwalają nam bezpośrednio na rozumienie schematów. Jednakże przetwarzają one dane symbole krok po kroku, tworząc obraz całego obwodu. Przypomina to rysunki, które dziecko tworzy, łącząc ze sobą kropki oznaczone kolejnymi numerami. Same kropki niczego nie znaczą, ale gdy się je połączy w określony sposób, otrzymujemy obrazek. Ułożenie kropek i kolejność, w jakiej należy je połączyć, to wszystko, co musimy znać.

Kolejne rozdziały tej książki opisują symbole podzespołów elektronicznych. Następnie przeanalizowane zostaną proste obwody. Na koniec przyjrzymy się kilku bardziej skomplikowanym obwodom. Symbole zostały zaprojektowane tak, aby ludzki umysł, myśląc w sposób logiczny, mógł odgadnąć definiowane przez nie podzespoły. W tym sensie tworzenie i czytanie schematów przypomina matematykę, a w szczególności starą dobrą planimetrię.

Wskazówka

Schematy ideowe są **zakodowaną** reprezentacją obwodów. Rysunki pokazują nam rzeczy w sposób proporcjonalny do ich rzeczywistych wymiarów. Mogą one być wykonane tak, aby przedstawiane obiekty wydawały się trójwymiarowe. Schematy ideowe przedstawiają obwód tylko w sposób symboliczny. Nie

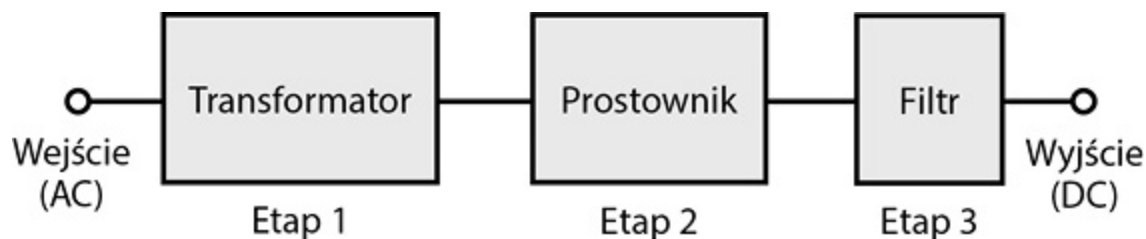
są brane pod uwagę ich kształty i rozmiary. Schemat jest płaszczyzną dwuwymiarową (widoczną na kartce papieru lub ekranie komputera), która nie posiada żadnej głębi ani perspektywy.

Rozdział 2. Schematy blokowe

Schemat blokowy opisuje ogólną budowę urządzenia lub systemu elektronicznego. Schemat taki może posłużyć do uproszczonej prezentacji obwodu — oddzielenia głównych części obwodu i pokazania tego, jak są one ze sobą połączone.

Prosty przykład

Na rysunku 2.1 pokazano prosty schemat blokowy urządzenia przetwarzającego prąd przemienny (AC) na prąd stały (DC). Prąd przemienny wpływa do zacisku znajdującego się po lewej stronie. Prąd przepływa od strony lewej do prawej przez kolejne elementy (transformator, prostownik i filtr). Na schemacie nie znajdują się żadne strzałki wskazujące kierunek przepływu prądu, ponieważ zakłada się, że o ile nie zaznaczono inaczej, prąd płynie od strony lewej do prawej. Zacisk wejściowy znajduje się po lewej stronie schematu, a zacisk wyjściowy po jego prawej stronie. W przypadku bardziej złożonych schematów możliwe jest dodanie strzałek na liniach łączących kolejne bloki. Strzałki te wskazują kierunek przepływu sygnału, gdy nie wynika to z samego schematu.



Rysunek 2.1. Schemat blokowy układu zamieniającego prąd przemienny na stały. Prąd przepływa w kierunku od lewej do prawej

Schematy funkcjonalne

Inżynierowie i technicy stosują schematy blokowe w różny sposób. Zwykle pokazują one połączenia pomiędzy mniejszymi obwodami tworzącymi złożone urządzenie lub pomiędzy różnymi urządzeniami tworzącymi rozbudowany system. Schemat blokowy narysowany tak jak schemat widoczny na rysunku 2.1 można również nazwać **schematem funkcjonalnym**. Opisuje on sposób działania obwodu. Schemat funkcjonalny jest prostym sposobem na wyjaśnienie tego, jak działa dane urządzenie. Mogą się na nim znaleźć ogólne informacje, które przydadzą się do analizowania bardziej szczegółowych danych zawartych na schemacie ideowym.

Osoba chcąc narysować schemat ideowy złożonego obwodu, który jest projektowany od podstaw, może swoją pracę zacząć od narysowania schematu blokowego. Schemat ten będzie zawierał wszystkie sekcje obwodu (kolejne etapy) niezbędne do stworzenia całego urządzenia. Nie będzie on zawierał szczegółów budowy każdej z sekcji. Następnie osoba projektująca obwód może przystąpić do tworzenia schematów każdej z sekcji. Pierwszy blok schematu blokowego może zostać zastąpiony schematem ideowym obwodu wykonującego zadanie symbolizowane przez ten blok. Inżynier lub technik może tworzyć schematy obwodów opisywanych przez kolejne bloki. Po zastąpieniu

wszystkich bloków odpowiednimi schematami ideowymi otrzymujemy gotowy schemat całego urządzenia, który opisuje szczegółowo (a nie tylko teoretycznie) budowę danego projektu.

Schemat blokowy może się przydać również w sytuacji, w której dysponujemy już gotowym schematem ideowym, a posiadane przez nas urządzenie nie funkcjonuje prawidłowo. Schemat ideowy może opisywać działanie obwodu, ale nie będą to informacje tak jasne i ogólne jak opis znajdujący się na schemacie blokowym. Jeżeli technik nie dysponuje gotowym schematem blokowym, to musi go stworzyć samodzielnie, identyfikując każdą kolejną część systemu i przedstawiając ją w formie kolejnego bloku. Stworzony w ten sposób schemat będzie pokazywał, jak połączono ze sobą poszczególne obwody urządzenia. Dzięki takiemu schematowi możliwe jest określenie jednego lub dwóch obwodów, w których może potencjalnie kryć się uszkodzony element. Teraz technik może przystąpić do sprawdzania określonych obwodów za pomocą oryginalnego schematu ideowego. W tym celu będzie on również korzystać z posiadanej wiedzy na temat funkcjonowania poszczególnych podzespołów znajdujących się w testowanych obwodach.

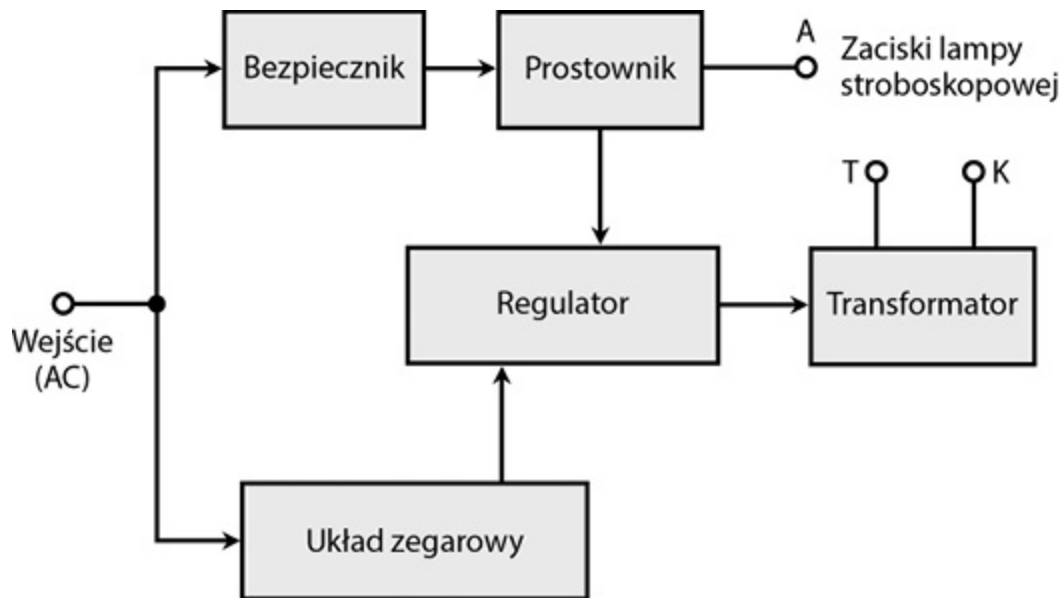
Wskazówka

Schematy blokowe spotkasz wielokrotnie. Jeżeli nie dołączono do nich schematów ideowych, to służą one do opisu podstawowych bloków funkcyjnych złożonego urządzenia elektronicznego. Schemat blokowy przydaje się w sytuacji, gdy nie musisz znać funkcji pojedynczych komponentów.

Opiszmy działanie pewnego nadajnika radiowego — nadajnika głosowego modulującego amplitudę nadawanej

fali. Taki nadajnik jest częścią każdego CB radia. Zastosujemy w tym celu schemat blokowy. Schemat ten można zastosować do opisu większości urządzeń transmitujących głos za pomocą modulacji amplitudy. Oczywiście nadajniki zbudowane przez różnych producentów są zbudowane inaczej, jednakże będą one zawierały obwody wykonujące te same działania. Generatory drgań wyprodukowane przez różne firmy mogą działać w różny sposób, jednakże będą one służyć temu samemu celowi — generowaniu sygnału radiowego! Jeżeli musimy znać różnice pomiędzy dwoma obwodami (lub musimy te różnice przedstawić), niezbędne będzie korzystanie ze schematów ideowych.

Na rysunku 2.2 przedstawiono schemat blokowy obwodu zasilającego lampę stroboskopową. Aby zrozumieć działanie tego urządzenia, przyjrzyjmy się temu schematowi. Prąd zasilający obwód oznaczono po lewej stronie schematu — jest to standardowa linia zasilająca (za pośrednictwem gniazdka ściennego). W Polsce w gniazdkach płynie prąd przemienny o znamionowym napięciu 230 V (wolt) i częstotliwości 50 Hz (herc). Herc jest jednostką definiującą liczbę cykli na sekundę.



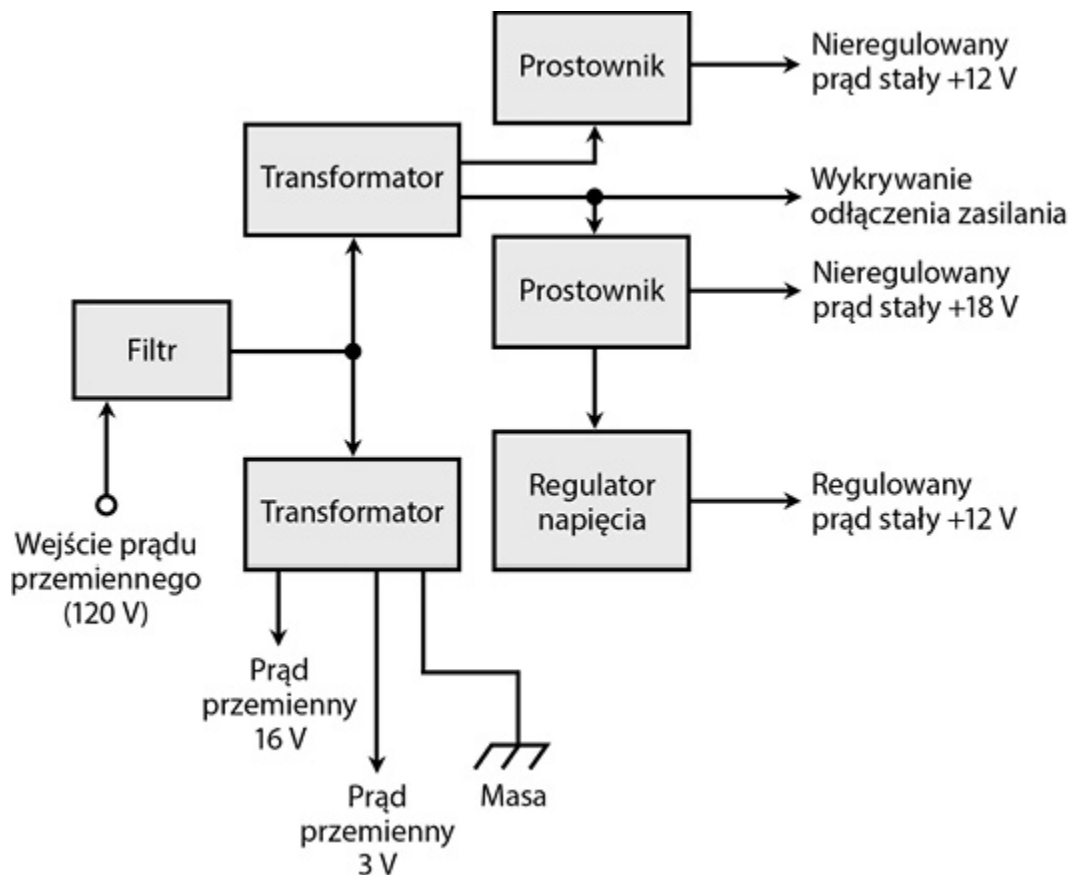
Rysunek 2.2. Schemat blokowy obwodu zasilającego lampę stroboskopową; strzałki wskazują kierunek przepływu prądu

W niektórych krajach (np. w USA) w gniazdkach płynie prąd o napięciu 117 V i częstotliwości 60 Hz. Prąd wejściowy przechodzi przez bezpiecznik, a także układ zegarowy. Prąd biegnący górną ścieżką przechodzi przez prostownik oparty na diodach. Jedno z wyjść prostownika jest podłączone bezpośrednio do jednego z trzech zacisków lampy stroboskopowej. Drugie wyjście prostownika jest połączone z regulatorem, z którego prąd następnie płynie do transformatora, który jest połączony bezpośrednio z dwoma pozostałymi zaciskami lampy.

Ścieżki przepływu prądu i sygnału

Na rysunku 2.3 przedstawiono schemat zasilacza posiadającego kilka różnych wyjść, na których podawany jest prąd o różnym napięciu. Czytając schemat od strony lewej (wejście) do dołu i do prawej (wyjścia), zauważysz, że urządzenie jest zasilane prądem przemiennym o napięciu 120 V. Napięcie to jest bliskie nominalnemu napięciu prądu

w gniazdkach jednofazowych w Stanach Zjednoczonych. Wejściowy prąd przemienny przechodzi przez filtry, a następnie rozchodzi się w dwóch kierunkach. Część prądu jest kierowana do transformatora znajdującego się u dołu, z którego wychodzą linie prądu przemiennego o napięciu 16 V i 3 V oraz złącza masy.



Rysunek 2.3. Schemat blokowy zasilacza posiadającego kilka różnych wyjść

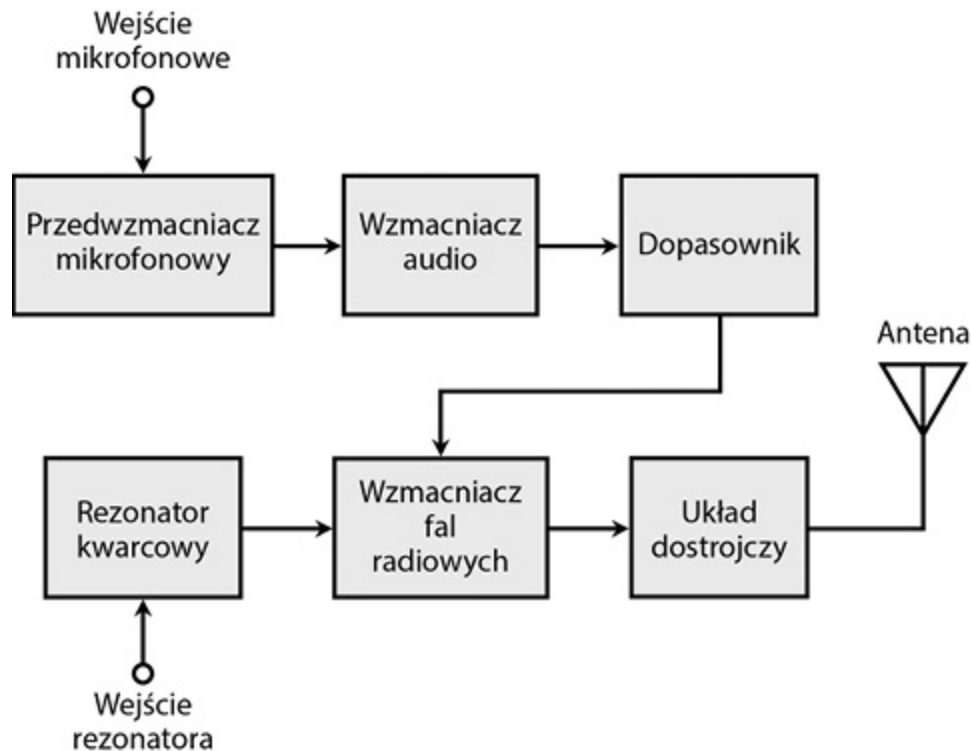
Napięcie wejściowe po przejściu przez filtr jest kierowane do kolejnego transformatora, który dostarcza prąd o niższym napięciu, który będzie prostowany. Jedno z wyjść jest podłączone do prostownika dostarczającego prąd stały o napięciu 12 V, a drugie wyjście do innego prostownika, który generuje prąd stały o napięciu 18 V. Oba te wyjścia są nieregulowane. Transformator można zastosować w celach diagnostycznych — do wykrywania wyłączenia zasilania.

Ostatnie wyjście zasilacza wyposażono w regulator napięcia, z którego wychodzi prąd stały o napięciu 12 V.

Wskazówka

Schematy blokowe są dość proste do narysowania. Składają się one z kwadratów i prostokątów połączonych ze sobą liniami, które są czasem zakończone strzałkami. Bardziej złożone schematy blokowe zawierają również trójkąty symbolizujące specjalne wzmacniacze zbudowane na bazie **układów scalonych** zwanych również **chipami**.

Na rysunku 2.4 przedstawiono schemat blokowy nadajnika radiowego modulującego amplitudę fali. Sygnał wychodzący z przedwzmacniacza mikrofonowego jest kierowany do wejścia wzmacniacza audio (zwróć uwagę na zwrot strzałki). Sygnał z tego wzmacniacza jest następnie kierowany do dopasownika, a następnie do sekcji wzmacniacza fal radiowych. Do wzmacniacza fal radiowych podłączony jest również rezonator kwarcowy. Sygnał wychodzący ze wzmacniacza fal radiowych jest kierowany do układu dostrojczego. Pomędzy sekcją audio a sekcją generującą fale radiowe istnieje tylko jedno połączenie (pomędzy dopasownikiem a wzmacniaczem fal radiowych). Omówiony schemat blokowy informuje nas nie tylko o tym, jak połączone są ze sobą poszczególne obwody urządzenia, ale podaje nam również informacje na temat tego, jak urządzenie przetwarza sygnał.



Rysunek 2.4. Schemat blokowy nadajnika radiowego modulującego amplitudę fali

Schemat technologiczny procesu

Schemat blokowy może również opisywać działanie obwodów elektronicznych, jednakże w informatyce stosuje się nieco inną formę tego schematu, która opisuje działanie programu. Taki diagram nazywamy **schematem technologicznym**. Przypomina on schemat blokowy, jednakże stosuje się na nim symbole odnoszące się do poszczególnych części programu komputerowego. Program jest rzeczą nieuchwytną, nie jest to przedmiot, który możesz wziąć w dłoń tak jak namacalny układ elektroniczny. Schemat taki stanowi graficzne odzwierciedlenie działań podejmowanych przez komputer w trakcie wykonywania programu. Schematy przedstawiające działanie programu są przygotowywane

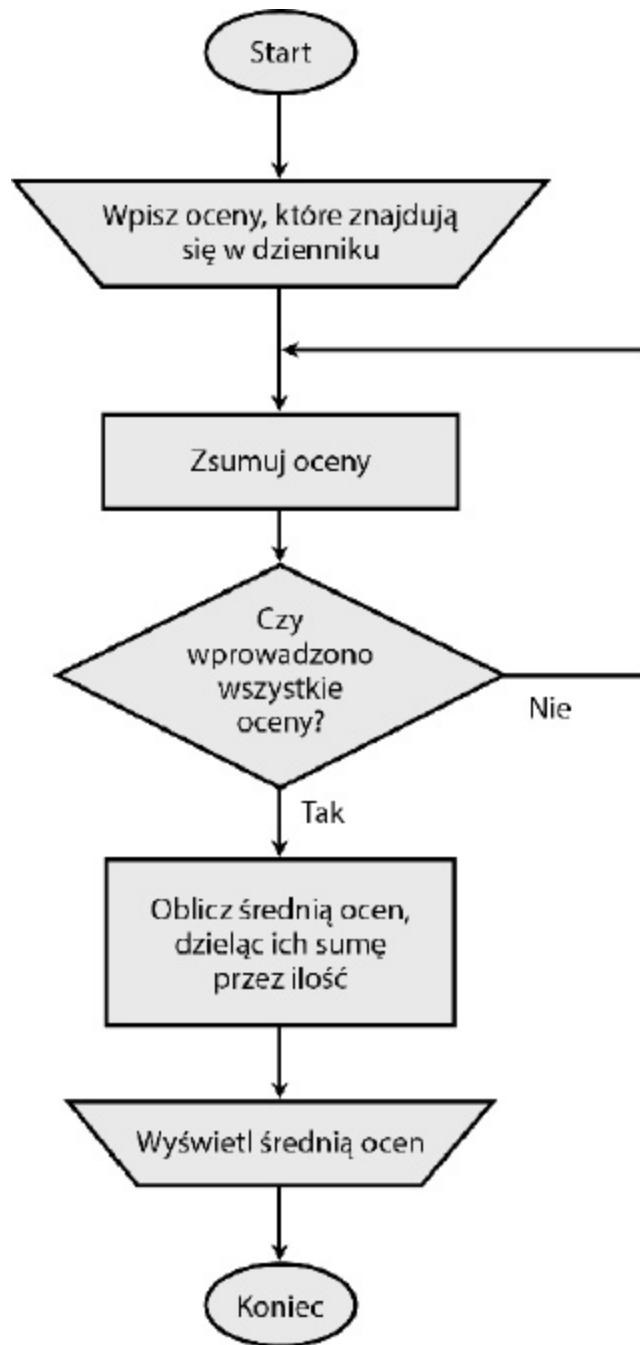
według pewnych specyfikacji, tak aby były zgodne z wymaganiami danego systemu komputerowego.

Aby można było zrozumieć działanie złożonego programu, niezbędne może okazać się zapoznanie z zapisami jego formalnej specyfikacji. Przeanalizujemy następujący przykład. Załóżmy, że nauczyciel chce napisać program, który będzie generował ocenę końcoworoczną uczniów na podstawie ocen cząstkowych otrzymanych przez uczniów w trakcie semestru. Oceny uczniów będą danymi wejściowymi wpisywanymi przez nauczyciela. Średnia ocen będzie jedyną wartością obliczaną przez program. Możemy sporządzić listę kroków, jakie musiałby wykonać taki program:

- Wprowadź oceny cząstkowe.
- Określ sumę ocen, dodając do siebie ich wartości.
- Obliczoną sumę podziel przez ilość ocen — w ten sposób obliczona zostanie średnia ocen.
- Wyświetl średnią ocen.

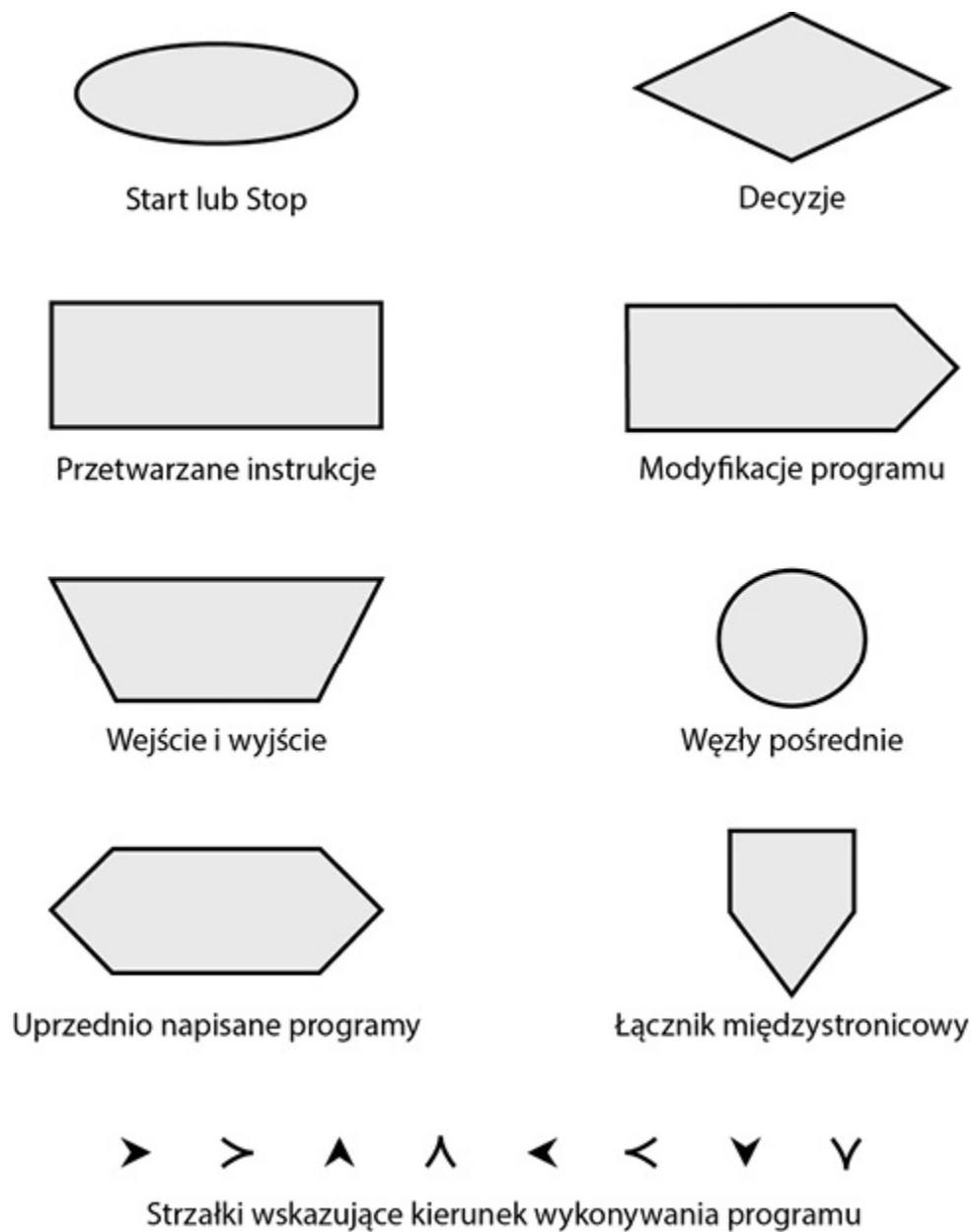
Działanie tego programu możemy przedstawić za pomocą diagramu widocznego na rysunku 2.5. Diagram ten przedstawia w sposób graficzny strukturę programu. Widoczne są na nim zależności pomiędzy poszczególnymi wykonywanymi operacjami. Gdy tok wykonywania programu zależy od wielu różnych zmiennych, dobry diagram pozwoli na łatwe rozeznanie się w jego działaniu. Diagram jest narzędziem, które pomaga w tworzeniu programu, a także w analizie podejmowanych przez niego działań. Diagram zawiera opisy w języku „ludzkim” (np. w języku polskim). Opisy nie zawierają kodu programu napisanego w języku programowania. Diagram przedstawia to, co program wykonuje. Nie interesuje nas to, jak te operacje są wykonywane. Jednakże dokumentacja

programu sporządzana po jego wykonaniu może zawierać fragmenty kodu źródłowego w języku programowania. Diagramy takie przydadzą się w przyszłości osobie, która będzie chciała zrozumieć działanie programu.



Rysunek 2.5. Przykład schematu blokowego programu

Stworzenie formalnego schematu blokowego programu jest bardzo trudne. Podczas pracy należy uwzględniać zmiany nanoszone w programie po jego napisaniu. Z powodu trudności wielu programistów unika tworzenia diagramów tego typu. Jednakże warto pamiętać o tym, że taki schemat stanowi ogromną pomocą w zrozumieniu działania programu. W celu unifikacji schematów stosowane są w nich znormalizowane symbole. Przedstawiono je na rysunku 2.6.



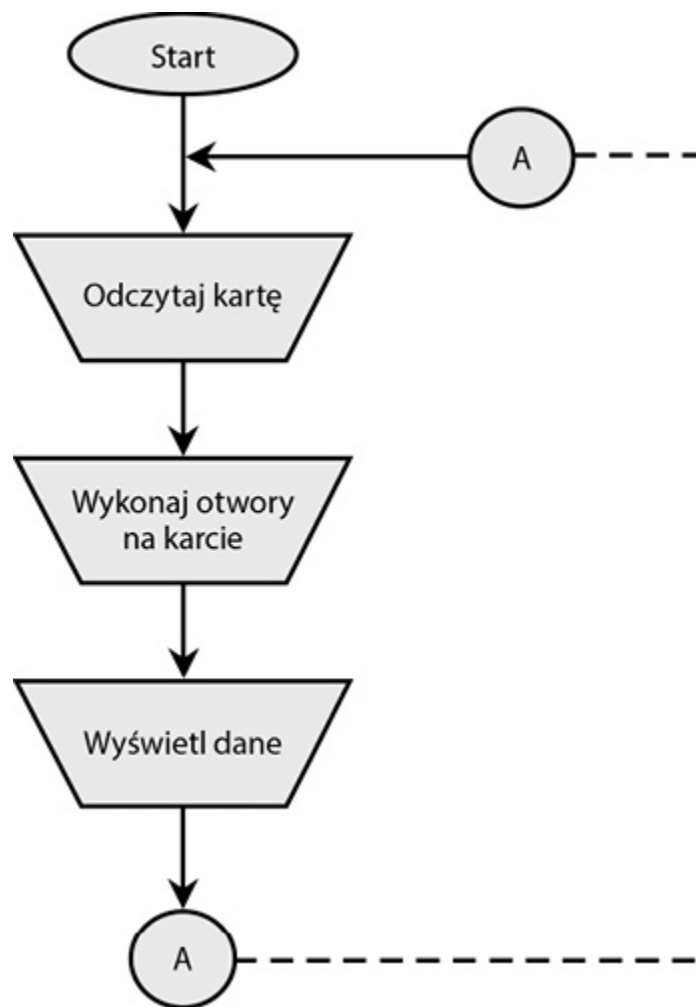
Rysunek 2.6. Symbole stosowane w schematach blokowych programów komputerowych

Zachowaj kolejność

Kroki przedstawione na schemacie są wykonywane od góry do dołu i od lewej do prawej. W taki sam sposób ludzie w większości kultur czytają książki. Groty strzałek naniesione na linie wskazują kierunek

wykonywania operacji. Groty można pominąć, jeżeli kierunek wykonywania programu jest oczywisty.

Na rysunku 2.7 przedstawiono diagram ilustrujący działanie programu sporządzającego duplikaty kart perforowanych. Program ten wyświetla również dane odczytane z karty. Program ten jest dość archaiczny.



Rysunek 2.7. Diagram blokowy programu sporządzającego duplikaty kart perforowanych; okręgi oznaczone literą A symbolizują punkty wejścia do i wyjścia z pętli oznaczonej linią przerywaną

Czy w ogóle pamiętasz jeszcze takie karty stosowane do wprowadzania programów do komputerów? Pamiętam, że stosowano je jeszcze w latach 70. ubiegłego stulecia.

Studiowałem wtedy na Uniwersytecie Minnesoty. Jestem już bardzo stary, nieprawdaż?

Przeanalizujmy działanie programu przedstawionego na rysunku 2.7. Program zaczyna się od owalnego bloku z napisem „Start”, który jest umieszczony w górnej części schematu. Kolejność operacji wykonywanych przez program oznaczono za pomocą strzałek. Kolejny blok po bloku „Start” informuje nas, że program wczytuje dane zapisane na karcie. Odczytane dane są następnie zapisywane na nieużywanej wcześniej karcie, a następnie wyświetlane (lub drukowane). Na koniec program zapętli się tak, jak pokazuje to linia przerywana. Wczytywana jest kolejna karta. Kółka oznaczone literą **A** oznaczają punkty początkowe i końcowe pętli. Tutaj stosowanie tych punktów było zbędne, jednakże są one bardzo przydatne w przypadku bardziej złożonych schematów. Pozwalają one na ograniczenie chaosu powstającego na skutek nagromadzenia zbyt dużej ilości linii przerywanych. Program będzie działał ciągle do momentu, w którym zabraknie kart do odczytu lub zapisu.

Schemat bardziej złożonego programu będzie zawierał więcej symboli przedstawionych na rysunku 2.6. Może nawet zawierać je wszystkie. Owalne bloki wskazują początek i koniec programu. Bloki prostokątne zawierają operacje arytmetyczne. Polecenia wejścia i wyjścia zapisuje się w blokach o kształcie odwróconego trapezu. Jeżeli chcesz pokazać w kontekście większego schematu program stworzony przez kogoś wcześniej, nie musisz rysować diagramu całego programu wewnętrznego. Możesz przedstawić cały program jako spłaszczony sześciokąt. Bloki o kształcie diamentu zawierają instrukcje decyzyjne. W pięciokątach umieszcza się te części programu, które ulegają samoistnym zmianom. Kółka symbolizują węzły — punkty, po których przekroczeniu program może być wykonywany na kilka sposobów. Mały pięciokąt

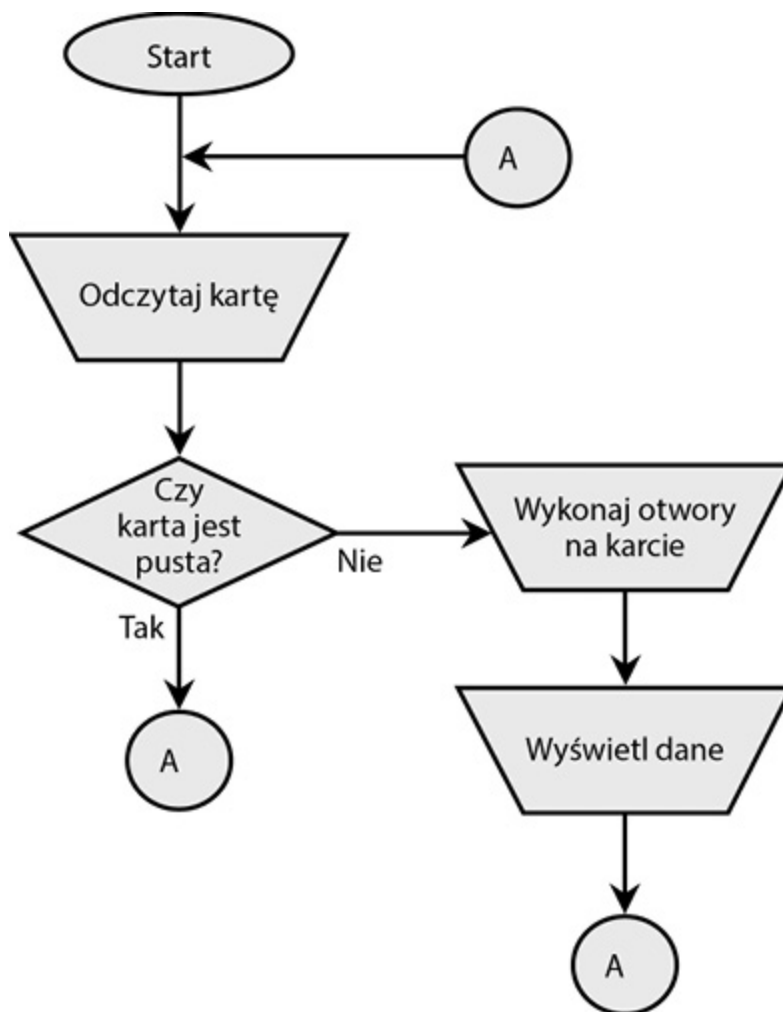
(przypominający kształtem bazę spotykaną na boisku do baseballu) symbolizuje łączniki międzystronicowe. Stosuje się je, gdy schemat zajmuje więcej niż jedną stronę. Węzły pośrednie i łączniki międzystronicowe są oznaczane za pomocą cyfr i liter. Pozwala to osobie korzystającej ze schematu na określenie tego, które elementy są połączone ze sobą. Strzałki wskazują kierunek wykonywania programu.

Ścieżki wykonywania programu

Przyjrzyjmy się jeszcze raz programowi do kopiowania kart perforowanych (zobacz rysunek 2.7). Załóżmy, że chcesz zmodyfikować program tak, aby komputer pomijał proces kopiowania pustych kart i sporządzał duplikaty tylko tych kart, w których wykonane są otwory. Komputer musi podjąć decyzję, a więc do schematu będziesz musiał dołączyć blok decyzyjny. Na rysunku 2.8 przedstawiono taką modyfikację omawianego programu.

Wskazówka

Na rysunku 2.8 przedstawiono schemat blokowy prostego programu. Wykonywane procesy korzystają tylko i wyłącznie z urządzeń wejścia i wyjścia. Przedstawiony program nie przeprowadza żadnych obliczeń. Schematy większości programów byłyby o wiele bardziej złożone.



Rysunek 2.8. Przykładowy diagram blokowy programu zawierający blok decyzyjny (o kształcie diamentu); wszystkie kółka oznaczone literą A łączą się z jednym węzłem, przez który dane przepływają w kierunku wskazywanym przez strzałkę

Zachowaj kolejność

Pomijając blok decyzyjny, rysunek 2.8 przedstawia ten sam proces co rysunek 2.7. Program zaczyna się od owalnego bloku z napisem „Start”, który znajduje się w górnej części rysunku. Kolejny blok oznaczono napisem „Odczytaj kartę”. Następnie program wykonuje instrukcje związane z blokiem decyzyjnym „Czy karta jest pusta?”. Jeżeli na to pytanie pada odpowiedź „Tak”, to program przemieszcza się do węzła oznaczonego

literą „A”. W przeciwnym wypadku (karta posiada otwory) program rozkazuje sprzętowi komputerowemu wykonanie kopie tej karty oraz wyświetlenie jej zawartości. Następnie program dochodzi do kolejnego kółka oznaczonego literą „A” i wykonuje wszystkie polecenia od początku.

W dziedzinie mikrokomputerów stosuje się wiele różnych schematów. Większość z nich dotyczy **oprogramowania** (systemów operacyjnych i programów użytkowych), a nie sprzętu (podzespołów komputera). Z punktu widzenia elektronika w informatyce o wiele częściej spotyka się schematy blokowe niż schematy ideowe. Diagramy blokowe przydają się do zrozumienia zasad działania urządzenia, jednakże naprawa i konserwacja sprzętu wymaga o wiele dokładniejszych schematów ideowych. Komputery korzystają z najnowszych rozwiązań technologicznych i ich budowa może wydawać się dość prosta zwłaszcza w porównaniu z funkcjonalnością oferowaną przez te urządzenia. Jednakże z punktu widzenia elektroniki schematy ideowe komputerów są bardzo złożone. Schemat nawet najbardziej prymitywnego komputera zajmowałby wiele stron.

Podsumowanie

Schematy blokowe pomagają w zrozumieniu ogólnego funkcjonowania obwodów elektronicznych. Są one łatwe do narysowania — wystarczy posiadać linijkę, papier i jakiś przyrząd do pisania (możesz również korzystać z komputerowych programów do obróbki grafiki — tutaj przyda Ci się trochę doświadczenia w obsłudze tych programów). Tworzenie schematów ideowych jest

procesem o wiele bardziej złożonym, wymagającym większej ilości przyrządów. Narysowanie schematu, który będzie łatwy do odczytania i zinterpretowania, może czasami zająć wiele godzin.

Rozdział 3. Symbole elementów

Na mapie samochodowej symbole stosuje się w celu oznaczania miast, miejscowości, dróg głównych, dróg lokalnych, lotnisk, torowisk kolejowych i punktów charakterystycznych w terenie. Podobnie na schemacie ideowym stosuje się symbole do oznaczenia przewodów, rezystorów, kondensatorów, tranzystorów i innych podzespołów elektronicznych. Nowe symbole tworzy się dla każdego wynalezionej części. Często taki element bazuje na istniejącej już części, a więc symbol stosowany na schemacie będzie zmodyfikowaną wersją istniejącego już wcześniej symbolu.

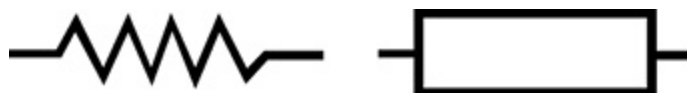
Wskazówka

W poniższym rozdziale znajdziesz symbole większości elementów stosowanych w elektronice i elektrotechnice. Dodatek A (znajdujący się na końcu tej książki) zawiera rozszerzoną listę symboli przedstawioną w formie tabeli.

Rezystory

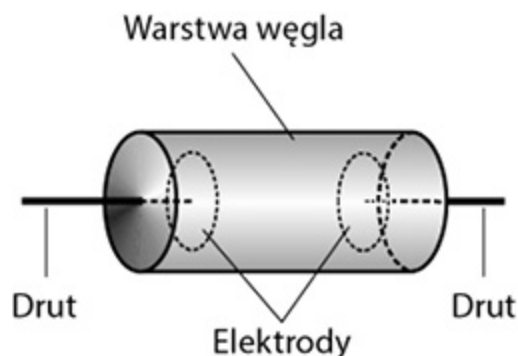
Rezystory są jednymi z najprostszych elementów elektronicznych. Stawiają one opór przepływającemu prądowi. Wartość oporu, jaką charakteryzuje się rezystor, jest mierzona w **omach** (W). W praktyce spotyka się rezystory o oporze w granicach od kilku omów do milionów

omów. Rzadko spotykane są rezystory charakteryzujące się oporem mniejszym od jednego oma lub większym od setek milionów omów.

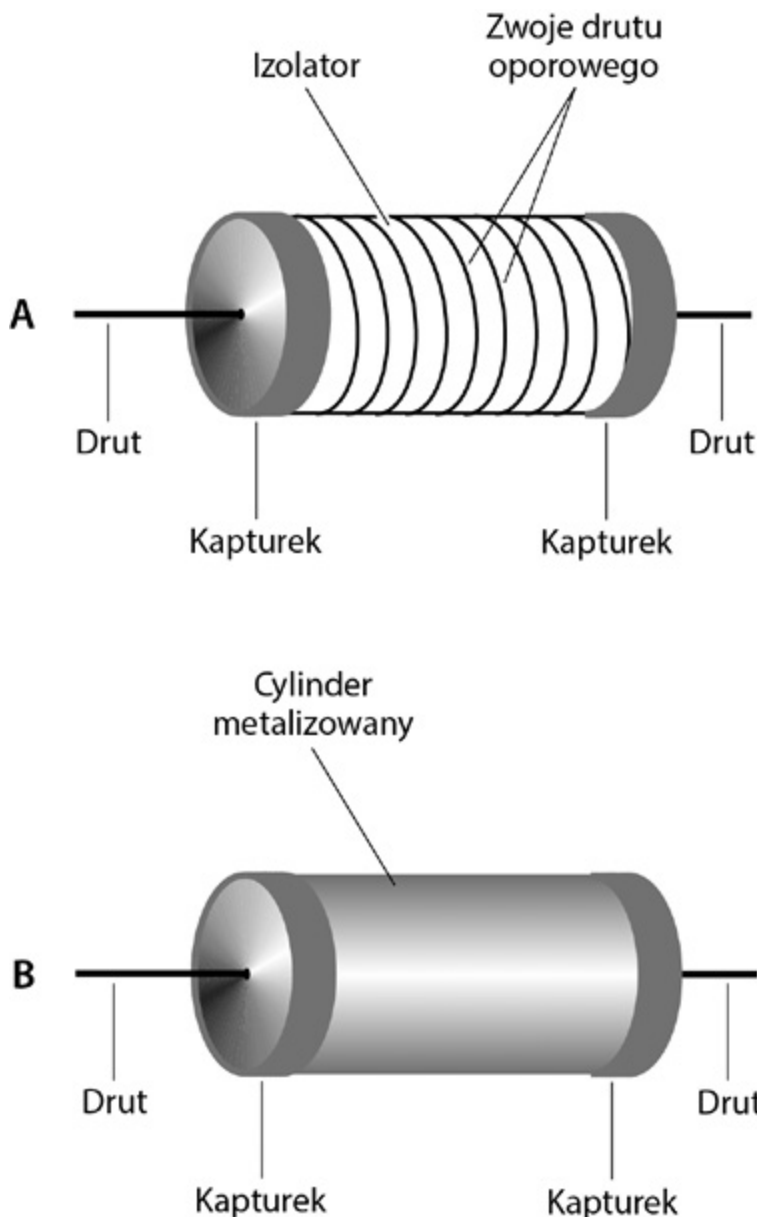


Rysunek 3.1. Standardowe symbole stosowane do oznaczenia rezystora o stałej wartości oporu elektrycznego; symbol z prostokątem jest częściej stosowany w europejskiej literaturze specjalistycznej; symbol z linią łamaną jest częściej spotykany w literaturze amerykańskiej

Niezależnie od charakteryzującego oporu wszystkie rezystory są przedstawiane na schematach za pomocą symbolu widocznego na rysunku 3.1. Na rysunku tym przedstawiono dwa symbole, które są powszechnie stosowane do oznaczania rezystorów. Poziome linie znajdujące się po bokach każdego z oznaczeń symbolizują styki rezystora. Zwykle mają one formę drucików, jednakże czasem mogą być to bardziej złożone zaciski. Na rysunku 3.2 przedstawiono „przezroczysty” **rezystor węglowy** z dwoma wyprowadzeniami, charakteryzujący się stałą wartością oporu elektrycznego. Na rysunku 3.3 znajdują się dwa rezystory innych typów. Każdy z rezystorów pokazanych na rysunkach 3.2 i 3.3 na schemacie zostałyby przedstawiony za pomocą symbolu widocznego na rysunku 3.1.



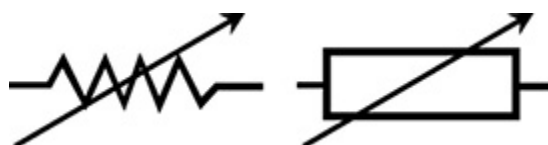
Rysunek 3.2. Budowa rezystora warstwowego węglowego



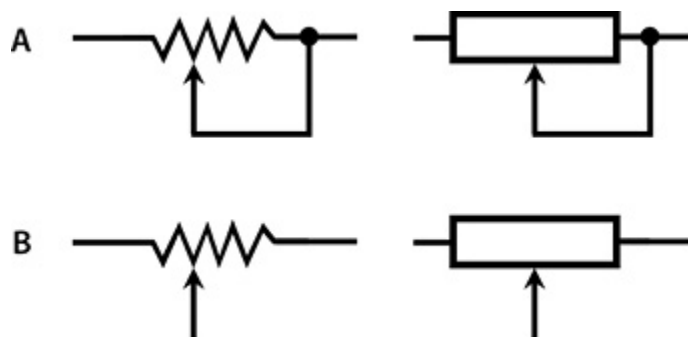
Rysunek 3.3. Budowa rezystora drutowego (A) oraz rezystora metalizowanego (B)

Rezystor nastawny charakteryzuje się tym, że możemy zmieniać wartość oporu elektrycznego, jakim się on charakteryzuje — rezystor jest wyposażony w pokrętło lub suwak. Użytkownik może ręcznie ustawić właściwą wartość oporu, która nie będzie ulegać zmianie do momentu

przesunięcia suwaka lub obrócenia pokrętła. Z punktu widzenia układu rezystor taki posiada stałą wartość oporu. Jednakże w przypadku obwodu, który wymaga zastosowania rezystora nastawnego, niezbędne jest oznaczenie tego faktu na schemacie, aby osoba łącząca układ zastosowała właściwy element. Na rysunku 3.4 pokazano symbol rezystora nastawnego posiadającego dwa wyprowadzenia. Istnieją również rezystory nastawne posiadające trzy złącza (trzecie wyprowadzenie jest podłączone do elementu ruchomego). Na rysunku 3.5 przedstawiono przykładowe symbole rezystorów nastawnych posiadających trzy złącza — nazywa się je **potencjometrami** lub **reostatami** w zależności od ich konstrukcji. Zwróć uwagę na to, że wyglądają one jak zwykłe rezystory, tylko dodano do nich strzałkę.



Rysunek 3.4. Symbole rezystorów nastawnych posiadających dwa złącza



Rysunek 3.5. Alternatywne symbole rezystorów nastawnych zwanych potencjometrami lub reostatami (zależnie od konstrukcji); w rezystorze przedstawionym na rysunku A element przesuwany zwarto z jednym ze złączy, a na rysunku B zastosowano trzy wyprowadzenia

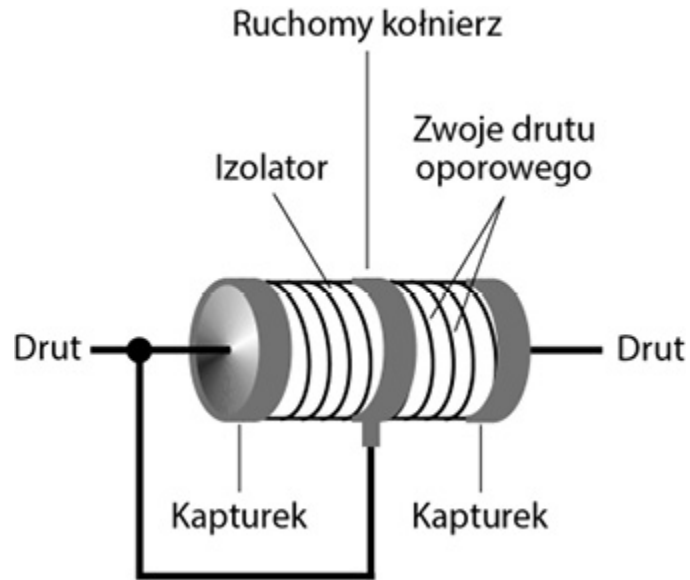
Czy wiesz, że...?

Reostaty działają tak samo jak potencjometry, ale są zbudowane w inny sposób. Reostat zawiera element oporowy w postaci nawiniętego drutu, a potencjometr zwykle zawiera warstwę węgla. Wartość oporu elektrycznego reostatu jest zmieniana krokowo. W przypadku potencjometrów wartość ta może być regulowana płynnie.

Wskazówka

W przypadku schematów ideowych strzałka zwykle symbolizuje zmienność jakiegoś elementu. Jednakże nie jest to reguła! Symbole tranzystorów, diod i półprzewodników również zawierają strzałki, jednakże nie oznaczają one, że elementy te są nastawne. W złożonych obwodach strzałki służą do oznaczenia kierunku przepływu prądu lub sygnału.

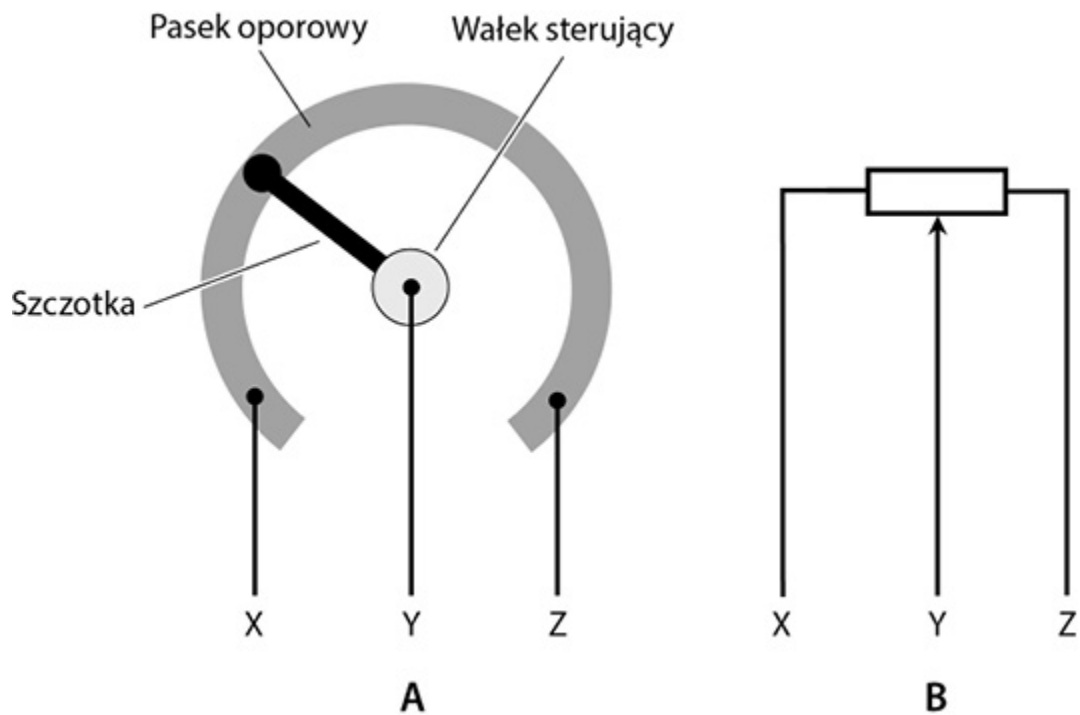
Na rysunku 3.6 przedstawiono budowę rezystora nastawnego zbudowanego na bazie drutu nawiniętego na korpus. Metalowy kołnierz przesuwający się wzdłuż rezystora można ustawić w różnych miejscach i uzyskać różne wartości oporu stawianego przez drut. Kołnierz jest podłączony do giętkiego przewodnika, który jest zwarty z jednym ze złączy rezystora. Zmieniając położenie kołnierza, zmieniamy długość drutu oporowego, przez który przepływa prąd. Jeżeli prąd przepływa przez krótszy odcinek drutu, to wartość oporu elektrycznego stawianego przez element maleje.



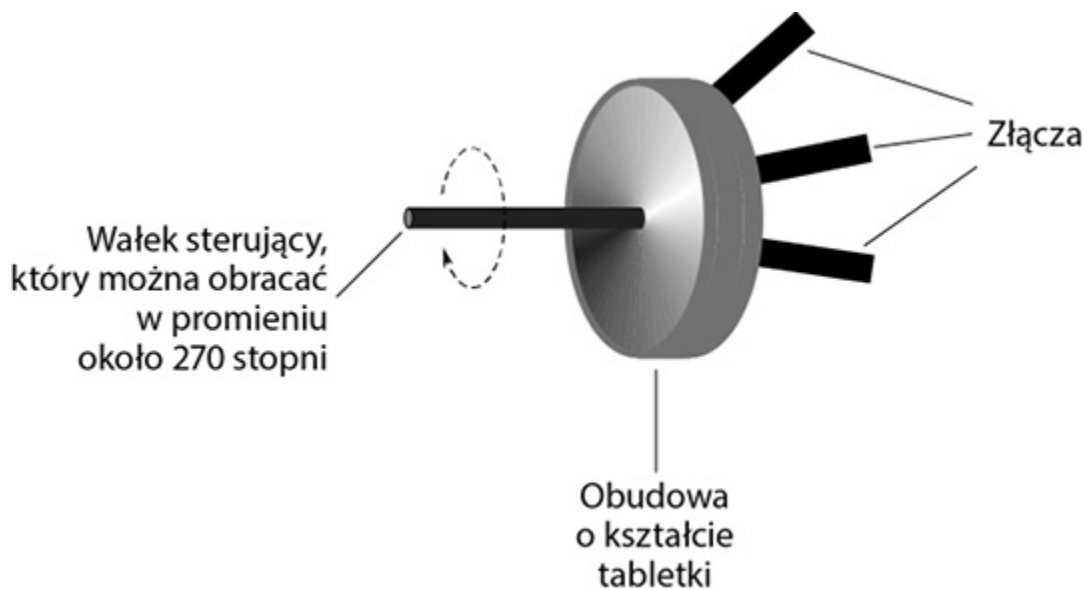
Rysunek 3.6. Budowa rezystora nastawnego zawierającego zwoje drutu oporowego

Na rysunku 3.7 przedstawiono działanie potencjometru obrotowego (A) oraz jego symbol stosowany na schematach (B). Symbol ten wygląda jak symbol rezystora nastawnego, który posiada trzy niezależne złącza. Potencjometr pozwala na zmianę rezystancji prądu wypływającego ze złącza oznaczonego strzałką względem rezystancji pomiędzy dwoma pozostałymi złączami elementu. Na rysunku 3.8 przedstawiono budowę typowego potencjometru.

Rezystor nastawny widoczny na rysunku 3.6 może być zamieniony w reostat poprzez odłączenie kołnierza od jednego z drutów wyjściowych. W ten sposób kołnierz może pełnić funkcję trzeciego złącza. Podobnie reostat lub potencjometr może zostać zmodyfikowany tak, aby działał jak rezystor nastawny posiadający dwa złącza. Wystarczy zewrzeć złącze nastawne z jednym z pozostałych wyprowadzeń elementu.



Rysunek 3.7. Uproszczony schemat ilustrujący działanie potencjometru (A) oraz oznaczenie jego złączy na schemacie (B)



Rysunek 3.8. Schemat poglądowy pełnowymiarowego potencjometru, który może zostać zamontowany w przednim panelu urządzenia elektronicznego takiego jak np. odbiornik radiowy

Schematyczny symbol rezystora nie mówi nam nic o wartości oporu, jakim się on charakteryzuje. Nie odczytamy z niego również mocy ani rodzaju rezystora. Obok symbolu można umieścić różne charakteryzujące go wielkości. Jednakże dane te zwykle umieszcza się w oddzielnej tabeli będącej listą elementów zastosowanych w układzie. Na schemacie — obok symbolu — umieszcza się odpowiednie oznaczenie alfanumeryczne, takie jak np. R1, R2, R3 itd.

Wskazówka

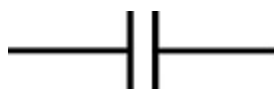
Wartość oporu rezystora charakteryzującego się stałą rezystancją można odczytać ze znajdujących się na nim kolorowych pasków. Więcej informacji na ten temat znajdziesz w dodatku B.

Kondensatory

Kondensatory są elementami, które blokują prąd stały, a przepuszczają prąd przemienny. Służą one do przechowywania energii. Pojemność kondensatorów mierzymy w **faradach** (F). Farad jest bardzo dużą jednostką, w związku z czym większość spotykanych kondensatorów charakteryzuje się pojemnością mierzoną w małych ułamkach farada: **mikrofaradach** i **pikofaradach**. Korzystamy głównie z mikrofaradów (μF) będących milionową częścią farada ($0,000\ 001\ \text{F}$), pikofaradów (pF) będących milionową częścią mikrofarada ($0,000\ 001\ \mu\text{F}$) lub bilionową częścią farada ($0,000\ 000\ 000\ 001\ \text{F}$).

Na rysunku 3.9 pokazano najpopularniejszy symbol kondensatora charakteryzującego się stałą pojemnością. Istnieje wiele różnych typów kondensatorów. Niektóre z nich są **niespolaryzowane** — niezależnie od tego, jak wepniesz je w obwód, zawsze będą działały tak samo. Inne

kondensatory są **spolaryzowane** — posiadają złącza dodatnie i ujemne. Musisz zachować ostrożność i podłączać je do układu zgodnie z zaznaczoną polaryzacją. Większość kondensatorów posiada tylko dwa złącza, jednakże czasem można natknąć się na egzemplarz posiadający trzy lub więcej wyprowadzeń. Czasami możesz spotkać również alternatywne symbole, takie jak pokazano na rysunku 3.10.



Rysunek 3.9. Standardowy symbol kondensatora charakteryzującego się stałą pojemnością

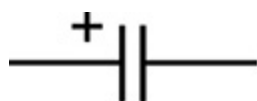


Rysunek 3.10. Alternatywne symbole kondensatorów charakteryzujących się stałą pojemnością; element oznaczony literą A jest kondensatorem spolaryzowanym; w elemencie B w charakterze izolatora zastosowano ciało stałe

Podstawowy symbol kondensatora składa się z dwóch pionowych linii rozdzielonych odstępem. Poziome linie biegnące do środków tych oznaczeń symbolizują złącza kondensatora. Jeżeli symbol nie zawiera symboli polaryzacji, to oznacza on kondensator niespolaryzowany, który może mieć formę metalowych płytek oddzielonych ceramiką, miką, szkłem, papierem lub innym ciałem stałym będącym **dielektrykiem**. W niektórych kondensatorach rolę izolatora pełni powietrze lub próżnia. Dielektryk jest technicznym terminem określającym materiał będący izolatorem, który oddziela od siebie dwa główne elementy kondensatora. Typowy kondensator charakteryzujący się stałą pojemnością jest wykonany z dwóch małych płytek

wykonanych z przewodnika, które są od siebie izolowane elektrycznie za pomocą warstwy dielektryka.

Na rysunku 3.11 przedstawiono symbol spolaryzowanego kondensatora elektrolitycznego. Symbol ten jest taki sam jak symbol kondensatora niespolaryzowanego, ale umieszczono po jego jednej stronie znak dodawania (+). Znak ten symbolizuje złącze, które należy podłączyć do dodatniej strony obwodu. Czasami kondensatory mogą być również oznaczone znakiem odejmowania (-) umieszczonym po drugiej stronie ich symbolu. Widząc kondensator oznaczony w ten sposób, wiesz, że jest to element spolaryzowany i należy go włączyć w obwód, zachowując odpowiednią polaryzację. Dodatnia elektroda kondensatora powinna być podłączona do tej części obwodu, która znajduje się bliżej dodatniego bieguna źródła zasilającego obwód, a ujemna elektroda bliżej ujemnego bieguna.



Rysunek 3.11. Symbol kondensatora spolaryzowanego; strona oznaczona znakiem dodawania (+) powinna być podłączona do miejsca w obwodzie, które charakteryzuje się bardziej dodatnią wartością napięcia niż miejsce, do którego zostanie podłączona druga strona kondensatora

Wskazówka

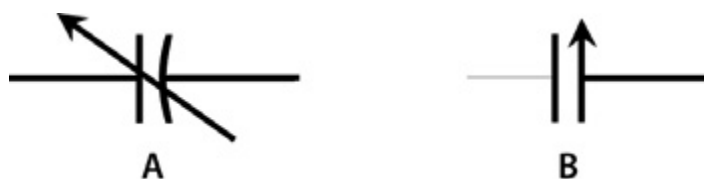
Obudowy kondensatorów spolaryzowanych posiadają specjalne oznaczenia informujące o ich polaryzacji. Niektóre są oznaczone znakiem plusa, niektóre minusa. Niewiele kondensatorów posiada oznaczenia obu biegunów. Czasami do odczytania oznaczeń może Ci się przydać lupa. Nigdy nie podłączaj spolaryzowanego kondensatora przeciwnie do jego polaryzacji!

Wszystkie omówione dotychczas kondensatory charakteryzują się stałą pojemnością. Nie możesz zmienić tej charakteryzującej je wartości, która jest określana w momencie produkcji. Jednakże istnieją specjalne kondensatory, które charakteryzują się tym, że można zmieniać ich pojemność. Są to tak zwane **kondensatory nastawne**. Wśród nich możemy wyróżnić wyspecjalizowane rodzaje, takie jak **kondensatory dostrojcze** i **kondensator wyrównawczy**.

Na rysunku 3.12 przedstawiono najczęściej spotykany symbol kondensatora nastawnego. Możliwość zmiany pojemności jest symbolizowana przez strzałkę biegnącą skośnie przez symbol kondensatora charakteryzującego się stałą pojemnością. Na rysunku 3.13 przedstawiono dwa alternatywne sposoby oznaczania tych komponentów. W większości przypadków, niezależnie od wewnętrznej budowy kondensatora nastawnego, do jego oznaczania będzie stosowany symbol widoczny na rysunku 3.12.



Rysunek 3.12. Standardowy symbol kondensatora nastawnego, bez rozróżnienia statora i rotora



Rysunek 3.13. Alternatywne symbole kondensatorów nastawnych; na symbolu A łuk symbolizuje rotor, a linia prosta stator, zaś na symbolu B rotor jest oznaczony linią zakończoną strzałką

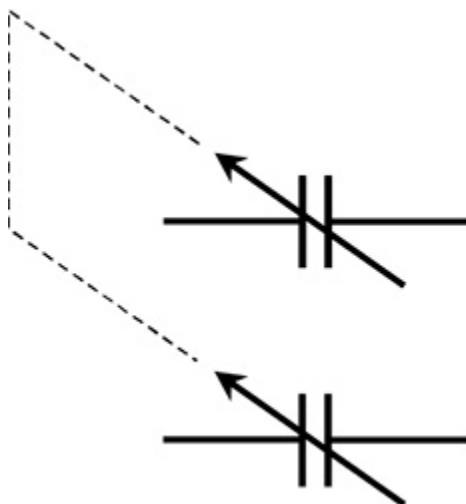
Powietrzny kondensator nastawny (w roli dielektryka zastosowano w nim powietrzne) występuje w sprzęcie radiowym (jako element dostrojczy zespołu antenowego lub jako podzespół obwodu wyjściowego). Spotkać go można w wielu starych odbiornikach radiowych. Typowy powietrzny kondensator nastawny składa się z wielu płytek połączonych ze sobą elektrycznie w dwa zespoły. Płytki, które się obracają, tworzą **rotor**, a nieruchomy zestaw płytek tworzy **stator**. Wszystkie kondensatory nastawne są niespolaryzowane. Oznacza to, że prąd stały może wpływać do nich w dowolnym kierunku.

Wskazówka

W większości powietrznych kondensatorów nastawnych rotor powinien być podłączany do uziemienia. Rotor jest fizycznie połączony z wałkiem, którym obracasz. Uziemiając wałek z rotorem, minimalizujemy efekt **zewnętrznej pojemności** powstającej w wyniku kontaktu wałka z ciałem człowieka. Dzięki temu zabiegowi kontakt obwodu z ciałem nie zaburzy funkcjonowania urządzenia. Ponadto takie rozwiązanie chroni użytkownika przed porażeniem prądem (dotykany wałek jest uziemiony)!

Czasami dwa oddzielne kondensatory nastawne są połączone lub **zespolone** w obwodzie. Zespolone podzespoły są stosowane do sterowania przynajmniej dwoma obwodami elektronicznymi, jednakże oba podzespoły są jednocześnie regulowane — ich pokrętła są ze sobą połączone. Na rysunku 3.14 pokazano symbol dwóch kondensatorów nastawnych zespolonych ze sobą. Wartości minimalnej i maksymalnej pojemności obu elementów mogą, ale nie muszą być identyczne. Jednakże pojemności obu podzespołów będą modyfikowane

jednocześnie. Gdy pojemność jednego kondensatora będzie zwiększana, zwiększana również będzie pojemność drugiego.



Rysunek 3.14. Symbol dwóch zespolonych kondensatorów nastawnych

Tak jak w przypadku większości komponentów elektronicznych symbol kondensatora zastosowany na schemacie służy tylko do jego identyfikacji oraz określenia, czy jego pojemność jest stała, czy można ją zmienić. Symbol określa również polaryzację kondensatora. Wartości dotyczące danego elementu mogą być podane obok jego symbolu. Jednakże dane te zwykle umieszcza się w oddzielnej tabeli będącej listą elementów zastosowanych w układzie. Na schemacie — obok symbolu — umieszcza się odpowiednie oznaczenie alfanumeryczne, takie jak np. C1, C2, C3 itd.

Cewki i transformatory

Podstawowa **cewka** składa się z drutu nawiniętego na karkas w celu dodania do obwodu **indukcyjności**. Indukcyjność jest siłą, która przeciwdziała zmianom w

prądach płynących w obwodzie. W praktyce działa ona tylko wtedy, gdy prądy zwiększają lub zmniejszają swoje wartości. Cewki i wzbudniki mogą różnić się wielkością, która zależy od wartości indukcyjności danego elementu, a także natężenia prądu, jaki może przez niego płynąć.

Jednostką pomiaru indukcyjności jest **henr** (H). Najczęściej stosuje się elementy, których indukcyjność mierzy się w **milihenrach** (mH) — $1 \text{ mH} = 0,001 \text{ H}$ — lub **mikrohenrach** (μH) — $1 \mu\text{H} = 0,001 \text{ mH} = 0,000\ 001 \text{ H}$. Czasami napotkasz indukcyjność wyrażoną w **nanohenrach** (nH) — $1 \text{ nH} = 0,001 \mu\text{H} = 0,000\ 000\ 001 \text{ H}$.

Na rysunku 3.15 pokazano podstawowy symbol **cewki powietrznej**. Złącza elementu są symbolizowane przez poziome linie połączone ze zwojami. Cewka powietrzna nie jest nawinięta na żadnym przedmiocie, który może wpływać na jej indukcyjność. Niektóre cewki powietrzne są wykonane z twardego drutu, który nie potrzebuje żadnego dodatkowego wzmocnienia — ich rdzeniem jest wtedy tylko i wyłącznie powietrze. Jednakże większość cewek jest nawinięta na wzorniku wykonanym z materiału nie będącego przewodnikiem oraz nie posiadającego właściwości indukcyjnych (np. z plastiku, miki lub ceramiki). Karkas cewki służy wtedy tylko i wyłącznie do wzmocnienia jej konstrukcji i utrzymania odpowiedniego kształtu.



Rysunek 3.15. Standardowy symbol cewki powietrznej lub induktora o rdzeniu powietrznym

Czy wiesz, że...?

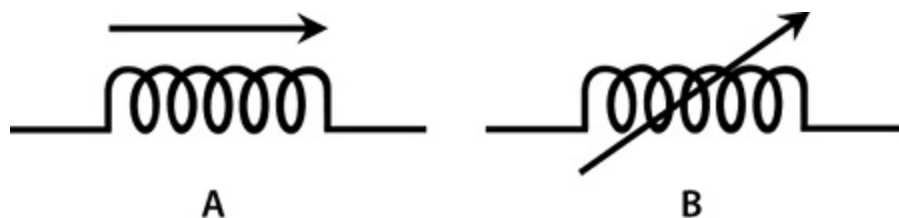
W niektórych starych odbiornikach radiowych stosowano cewki powietrzne nawinięte na małe papierowe cylindry pokryte woskiem, które swym wyglądem przypominały małe słomki. Niektórzy hobbyści nawijają cewki powietrzne na woskowane drewniane kołki!

Na rysunku 3.16 pokazano symbol cewki powietrznej z dwoma odczepami. Omawiane wcześniej cewki posiadały dwa złącza, jednakże cewki mogą posiadać trzy lub więcej odczepów. Elementy te posiadają dodatkowe kable podłączone do środkowej części zwojów. Maksymalną indukcyjność można uzyskać, podłączając cewkę do obwodu za pomocą skrajnych złączy. Dodatkowe odczepy pozwalają na uzyskanie niższej indukcyjności.



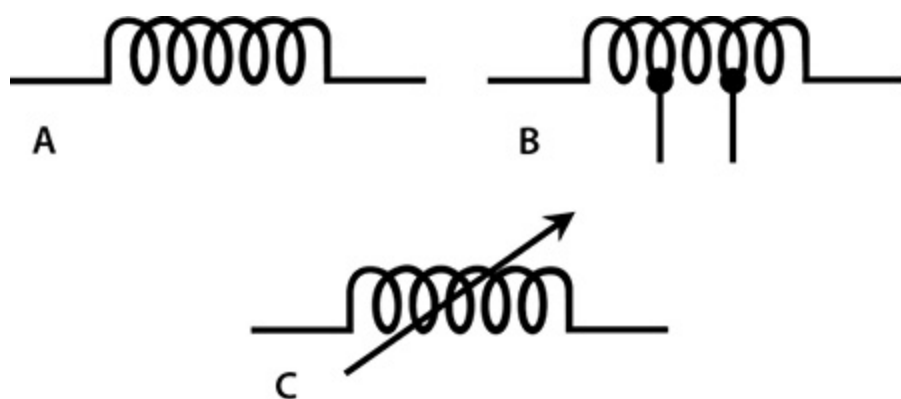
Rysunek 3.16. Symbol cewki powietrznej z dwoma odczepami

Cewki można również wyposażyć w ruchomy styk, który może być przesuwany wzdłuż uzwojenia. Takie rozwiązanie pozwala na dowolne regulowanie indukcyjności cewki. Odczepy pozwalały tylko na obniżenie indukcyjności do pewnych z góry określonych wartości. Cewka, której indukcyjność można zmieniać, jest prezentowana za pomocą symboli przedstawionych na rysunku 3.17. Strzałka świadczy o tym, że indukcyjność danego elementu może być regulowana w zakresie od wartości maksymalnej do wartości minimalnej.



Rysunek 3.17. Symbole cewek powietrznych o zmiennej indukcyjności. Na rysunku A strzałka została umieszczona nad symbolem cewki, a na rysunku B umieszczono ją skośnie na symbolu

Na rysunku 3.18 przedstawiono symbole cewki powietrznej o stałej indukcyjności (A), cewki powietrznej z dodatkowymi odczepami (B) i cewki powietrznej, której indukcyjność można płynnie regulować (C).

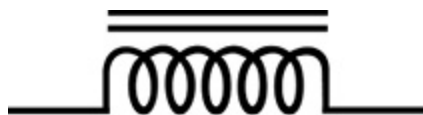


Rysunek 3.18. Symbole cewek

Cewka zaprojektowana do pracy z sygnałami o niskiej częstotliwości może być nawinięta na rdzeń wykonany z żelaza pokrytego warstwą laminatu. Rdzeń wykonany z **materiału ferromagnetycznego** zastosowano zamiast omówionego pustego rdzenia powietrznego. Na przykład **dławik** 50 Hz stosowany w filtrach zasilaczy zwykle zawiera jeden zwój nawinięty na okrągły żelazny wzornik. Materiał ferromagnetyczny znacznie zwiększa **indukcję magnetyczną** wewnątrz zwojów cewki, co powoduje wzrost indukcji kilkaset razy (a czasami nawet kilka tysięcy

razy) w stosunku do indukcji cewki powietrznej o tych samych wymiarach.

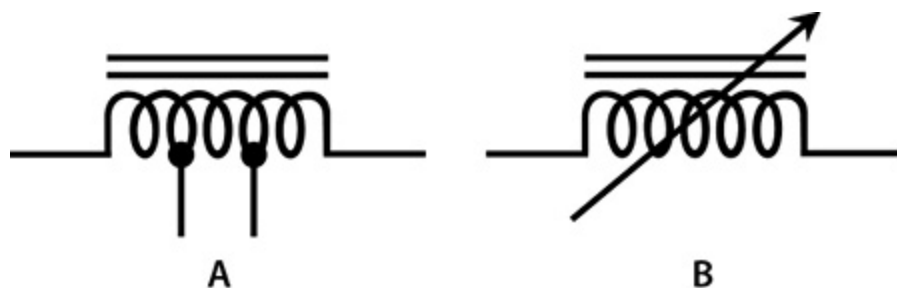
Na rysunku 3.19 znajduje się symbol cewki o rdzeniu wykonanym z żelaza. Symbol ten powstał w wyniku dodania dwóch równoległych linii do omówionego wcześniej symbolu cewki charakteryzującej się stałą indukcyjnością. Czasami cewkę o rdzeniu wykonanym z żelaza przedstawia się za pomocą symbolu widocznego na rysunku 3.20 — linie umieszczono wewnątrz symbolu zwojów. Nie jest to właściwy symbol, jednakże w praktyce często spotkasz go na różnych schematach. Czasami cewki z rdzeniem wykonanym z żelaza zawierają odczepy pozwalające na uzyskanie indukcyjności o innych wartościach, a niektóre z nich nawet mogą być regulowane. Symbole takich elementów pokazano na rysunku 3.21.



Rysunek 3.19. Symbol cewki o rdzeniu wykonanym z żelaza

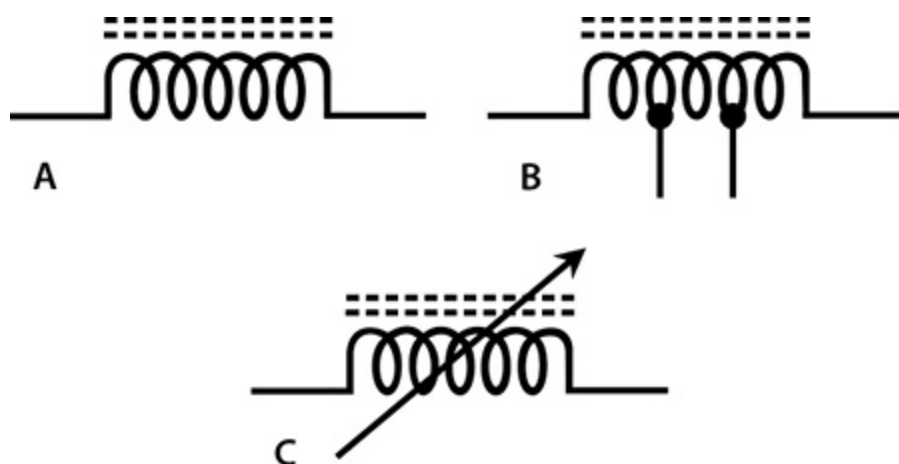


Rysunek 3.20. Alternatywny symbol cewki o rdzeniu wykonanym z żelaza



Rysunek 3.21. Symbole cewek o rdzeniu wykonanym z żelaza, które posiadają odczepy (A) lub są regulowane (B)

Przy wysokich częstotliwościach rdzenie wykonane z bryły żelaza lub z laminowanego żelaza nie są wystarczająco wydajne do pracy w cewkach indukcyjnych. Inżynierowie powiedzieliby, że charakteryzują się zbyt dużymi **stratami**. Przy częstotliwościach przekraczających kilka kiloherców (kHz) do zwiększenia indukcyjności ponad wartość generowaną przez cewkę wyposażoną w rdzeń wykonany z materiału **nieferromagnetycznego** (takiego jak powietrze, plastik, ceramika czy drewno) niezbędne staje się zastosowanie specjalnego rdzenia. Zwykle rdzenie takie wykonuje się z materiału żelaznego rozbitego na małe kawałki, które pokryte są warstwą izolującą. Materiał po rozdrobieniu i zaizolowaniu jest ściskany tak, aby tworzył jednolity element — **rdzeń ze sproszkowanego żelaza**. Na rysunku 3.22 przedstawiono symbole cewek wyposażonych w tego typu rdzeń.



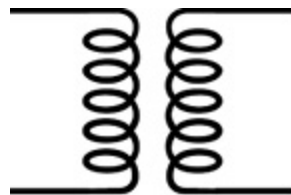
Rysunek 3.22. Symbole cewek z rdzeniem ze sproszkowanego żelaza o stałej wartości indukcyjności (A), z dodatkowymi odczepami (B) oraz o regulowanej wartości indukcyjności (C)

Wskazówka

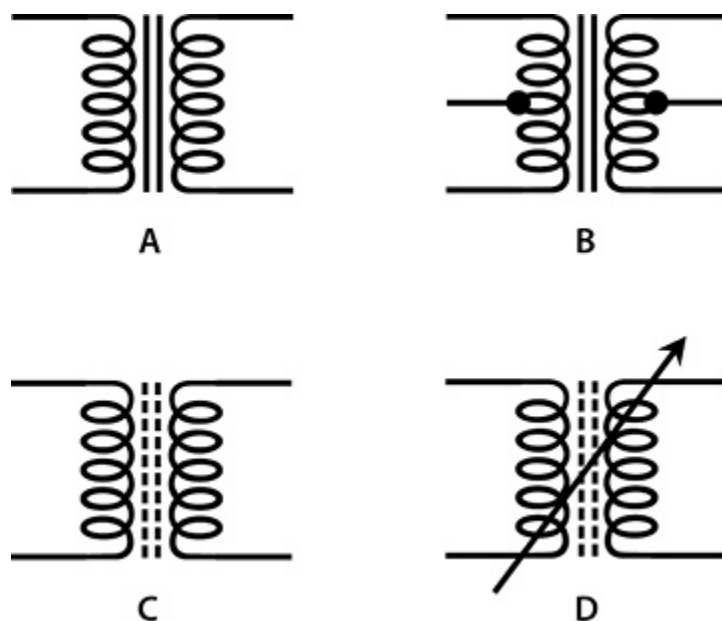
Symbole cewek wyposażonych w rdzeń ze sproszkowanego żelaza są niemalże identyczne jak

symbole cewek wyposażonych w rdzeń monolityczny lub laminowany. Dodatkowe linie zastosowane w symbolach są przerywane. Cewki tego typu mogą być wyposażone w dodatkowe odczepy lub mogą mieć konstrukcję pozwalającą na płynną regulację indukcji.

Transformator składa się z kilku cewek nawiniętych na różne rdzenie lub nawiniętych na różne obszary tego samego rdzenia. Na rysunku 3.23 przedstawiono podstawowy symbol transformatora o rdzeniu powietrznym. Symbol ten składa się z dwóch przeciwstawionych sobie cewek o rdzeniu powietrznym. Transformator jest podzespołem, który potrafi przenosić energię prądu przemiennego pomiędzy dwoma różnymi obwodami. Transformatory składają się z cewek, z tego powodu ich symbole wyglądają jak połączone symbole cewek. Na rysunku 3.24. przedstawiono symbole transformatorów o rdzeniach wykonanych z żelaza. Transformatory A i B mają lite lub laminowane rdzenie, a C i D sproszkowane.



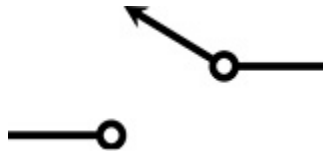
Rysunek 3.23. Symbol transformatora o rdzeniu powietrznym



Rysunek 3.24. A — transformator o litym lub laminowanym rdzeniu żelaznym; B — transformator o litym lub laminowanym rdzeniu żelaznym, który posiada dodatkowe odczepy; C — transformator o rdzeniu ze sproszkowanego żelaza; D — transformator regulowany o rdzeniu ze sproszkowanego żelaza

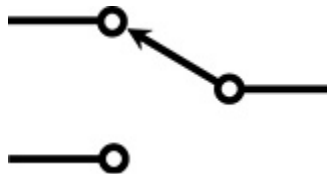
Przełącznik

Przełącznik jest elementem, za pomocą którego możesz uruchomić lub zablokować (mechanicznie lub elektrycznie) przepływ prądu w obwodzie. Przełączniki mogą być ponadto stosowane do kierowania przepływem prądu przez różne elementy obwodu. Na rysunku 3.25 przedstawiono symbol przełącznika SPST (z ang. *single-pole single-throw* — pojedynczy przełącznik jednopozycyjny). Komponent ten może zewrzeć obwód w jednym punkcie lub wykonać w nim przerwę. Jest to zwyczajny przełącznik działający na zasadzie włącz-wyłącz.



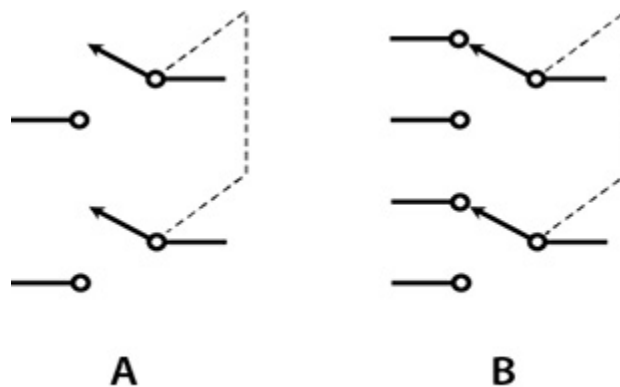
Rysunek 3.25. Symbol przełącznika SPST

Na rysunku 3.26 przedstawiono przełącznik SPDT (z ang. *single-pole dual-throw* — pojedynczy przełącznik dwupozycyjny). Złącze wejściowe przełącznika jest symbolizowane przez styk znajdujący się u podstawy strzałki, a złącza wyjściowe są symbolizowane przez styki, na które może wskazywać strzałka. Przełącznik ten służy do wyboru jednego z dwóch obwodów wyjściowych, do których ma popłynąć prąd wejściowy.

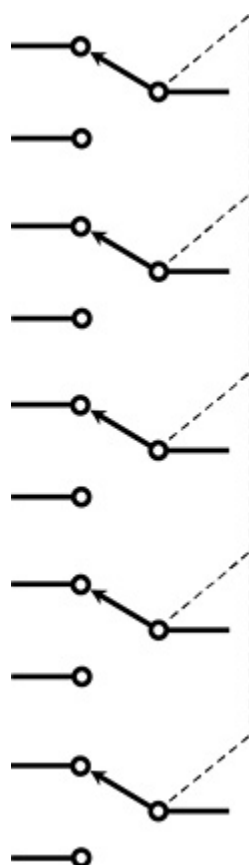


Rysunek 3.26. Symbol przełącznika SPDT

Niektóre przełączniki posiadają więcej złączy wejściowych. Na rysunku 3.27 (część A) pokazano symbol przełącznika DPST (z ang. *dual-pole single-throw* — podwójny przełącznik jednopozycyjny), a na części B tego samego rysunku pokazano symbol przełącznika DPDT (z ang. *dual-pole dual-throw* — podwójny przełącznik dwupozycyjny). Niektóre przełączniki składają się z jeszcze większej ilości podzespołów. Element pokazany na rysunku 3.28 posiada pięć złączy wejściowych. Każde z nich może być podłączone do jednego z dwóch złączy wyjściowych. Taki przełącznik można określić mianem „pięciokrotnego przełącznika dwupozycyjnego” (5PDT).



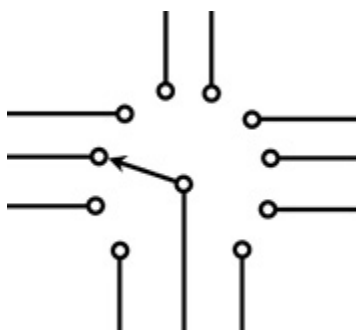
Rysunek 3.27. A — symbol przełącznika DPST; B — symbol przełącznika DPDT



Rysunek 3.28. Symbol 5PDT (pięciokrotnego dwupozycyjnego)

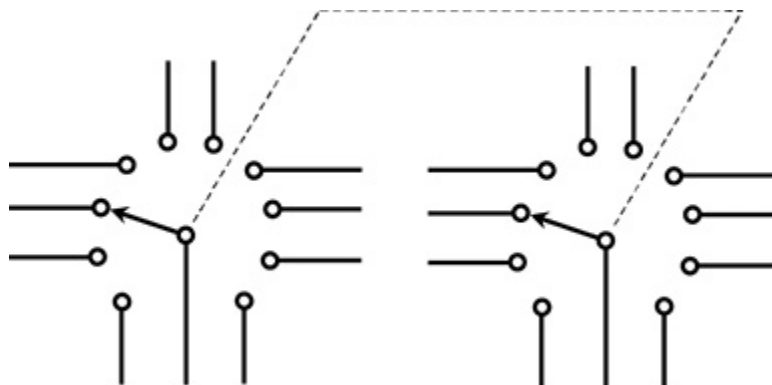
Ostatni z omawianych podzespołów można określić mianem **przełącznika wielostykowego**. Do kategorii tej można zaliczyć większość przełączników posiadających więcej niż

dwa złącza wejściowe lub wyjściowe. Na przykład przełącznik obrotowy posiada jedno złącze wejściowe i kilka wyjściowych. Przykład takiego podzespołu pokazano na rysunku 3.29. Strzałka również tutaj wskazuje złącza wyjściowe. W tym przypadku jest ich dziesięć. Technicznie rzecz biorąc, jest to przełącznik SP10T (pojedynczy przełącznik dziesięciopozycyjny)!



Rysunek 3.29. Symbol przełącznika obrotowego — pojedynczego przełącznika dziesięciopozycyjnego (SP10T)

Czasami można się spotkać z zespolonymi przełącznikami obrotowymi. Wcześniej omówiono zespolone potencjometry. Teraz mamy do czynienia z podobnym zabiegiem — przełączniki są ze sobą połączone tak, aby były przełączane jednocześnie. Na rysunku 3.30 pokazano symbol zespołu dwóch przełączników obrotowych. Przerywana linia informuje odbiorcę o tym, że przełączniki są ze sobą zespolone. Przełączając jeden przełącznik, automatycznie przełączamy drugi. Jeżeli przełącznik z lewej strony jest ustawiony tak, aby kierował sygnał na złącze wyjściowe o numerze trzy, to przełącznik znajdujący się z prawej strony również będzie kierował sygnał do swojego trzeciego wyjścia.

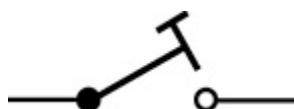


Rysunek 3.30. Symbol dwóch zespolonych ze sobą przełączników obrotowych; przedstawiony komponent posiada dwa wejścia i dziesięć wyjść (jest to przełącznik typu 2P10T)

Na każdym z symboli małe kółeczka oznaczają złącza (niezależnie od tego, czy są to złącza wejściowe, czy wyjściowe). O tym, czy złącze jest wejściowe, czy wyjściowe, informuje zwrot strzałki. W niniejszej sekcji przedstawiono standardowe symbole. Inne oznaczenia przełączników stosowane są sporadycznie.

Czy wiesz, że...?

Niektórzy wyposażają swoje amatorskie radia w specjalny przełącznik nazywany **kluczem kodu Morse'a**. To niezbyt dziś popularne urządzenie, zwane również **kluczem ręcznym**, zwiera lub przerywa obwód w celu ręcznego kodowania znaków przez radiooperatora. Jest to przełącznik typu SPST wyposażony w dźwignię, która gdy operator ją puści, jest odbijana przez sprężynę do pozycji rozwierającej obwód. Na rysunku 3.31 przedstawiono symbol tego elementu.

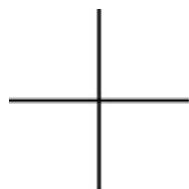


Rysunek 3.31. Symbol ręcznego klucza służącego do nadawania kodu Morse'a

Przewody i kable

W naszych dotychczasowych rozważaniach zakładaliśmy, że linia prosta symbolizuje przewodnik — większość obwodów zawiera wiele elementów przewodzących. Rysując schemat skomplikowanego obwodu, zrozumiesz, że krzyżowanie się kabli jest czymś, czego nie sposób uniknąć (niezależnie od tego, czy krzyżujące się przewody są ze sobą połączone).

Na rysunku 3.32 pokazano dwa przewody, które musiały krzyżować się na schemacie, jednakże nie istnieje pomiędzy nimi połączenie galwaniczne (a przynajmniej nie ma go w punkcie, w którym przewody te krzyżują się na schemacie). Budując układ przedstawiony na schemacie, nie będziesz musiał krzyżować przewodów dokładnie w miejscu oznaczonym na schemacie. Linie muszą krzyżować się na schemacie, aby przedstawić kable łączące różne punkty układu w czytelny sposób, który nie wymaga stosowania trzeciego wymiaru.



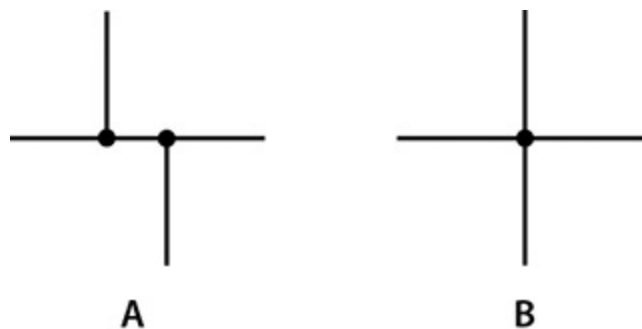
Rysunek 3.32. Symbol krzyżujących się przewodów, pomiędzy którymi nie wykonano połączenia galwanicznego

Aha!

W rzeczywistości obwody są elementami trójwymiarowymi, jednakże ich schematy muszą być wykonane na płaszczyźnie dwuwymiarowej. Aby podołać temu wymogowi, osoba tworząca schematy

musi stosować się do pewnych zasad, które pozwolą na właściwą interpretację schematu przez czytelnika.

Na rysunku 3.33 pokazano dwa sposoby symbolicznego oznaczania punktów, w których krzyżujące się kable powinny być połączone elektrycznie. Na rysunku A jeden z przewodników został „podzielony na dwie części”, a więc wydaje się, że połączenie przewodów wykonano w dwóch różnych miejscach. Taki zabieg wyraża dość jasno to, że dwa przewody (pionowy został podzielony na dwie części, a poziomy pozostał nienaruszony) są ze sobą połączone elektrycznie. Połączenie to jest symbolizowane za pomocą czarnych kropek. Na rysunku B przedstawiono przewody przecinające się pod kątem prostym, a pojedyncza kropka symbolizuje punkt, w którym są połączone. Metoda przedstawiona na rysunku B może wydawać się lepsza, jednakże sprawia ona, że schemat jest mniej czytelny. Czytelnik może przeoczyć czarną kropkę i pomyśleć, że przewody nie powinny być połączone. Metoda zastosowana w przykładzie A sprawia, że do takiego przeoczenia nie dojdzie.

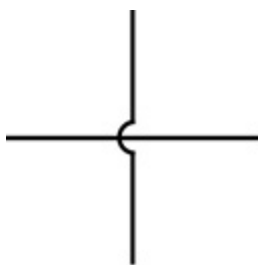


Rysunek 3.33. A — preferowany symbol dwóch przewodów połączonych elektrycznie; B — alternatywny symbol takiego samego połączenia

Niektórzy czytelnicy mogą przeoczyć kropkę na symbolu B przedstawionym na rysunku 3.33, a inni mogą omyłkowo dostrzec kropkę na rysunku 3.32 (gdzie tak naprawdę jej

nie ma)! Tak więc konstruktor może zewrzeć ze sobą kable, które nie powinny być ze sobą łączone.

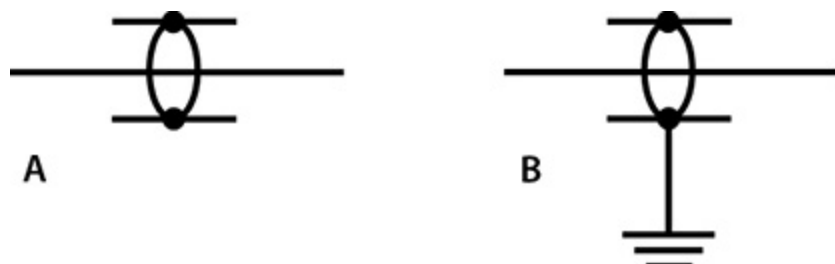
Z problemem tym mamy rzadko do czynienia w przypadku poprawnie naszkicowanych schematów, które są wyraźnie wydrukowane. Na niektórych starszych schematach nie zwarte ze sobą krzyżujące się przewody oznaczano za pomocą łuku (zobacz rysunek 3.34). Taka symbolika, która moim zdaniem nigdy nie powinna wyjść z użycia, sprawiała, że osoba czytająca schemat nigdy nie miała wątpliwości, czy dane przewody są ze sobą połączone elektrycznie, czy też nie.



Rysunek 3.34. Stosowany kiedyś (wyraźny) symbol przewodów, które krzyżowały się na schemacie, ale w rzeczywistości nie były ze sobą połączone elektrycznie

Kabel składa się z dwóch lub więcej przewodników otoczonych wspólnym izolującym kołnierzem. Zwykle kable nieekranowane nie są oznaczane w jakiś specjalny sposób na schematach ideowych — przedstawia się je, umieszczając obok siebie kilka równoległych linii symbolizujących przewody. Zaznaczając na schemacie kable ekranowane, należy zastosować dodatkowe symbole. Na rysunku 3.35 przedstawiono przykłady oznaczeń kabli ekranowanych, które są często stosowane do przedstawienia **kabli koncentrycznych**. Kable koncentryczne składają się z umieszczonej w ich środku **żyły**, która jest otoczona **ekranem** wykonanym z materiału będącego przewodnikiem. Elementy te są oddzielone od

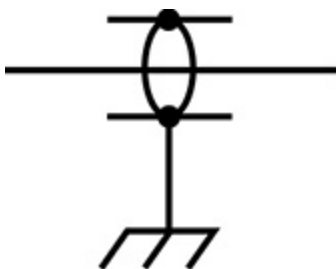
siebie za pomocą warstwy **dielektryka**. W większości kabli koncentrycznych jest to polietylen, który może być spieniony lub posiadać formę ciała stałego.



Rysunek 3.35. A — symbol kabla koncentrycznego o nieziemionym ekranie; B — symbol kabla koncentrycznego, którego ekran należy uziemić

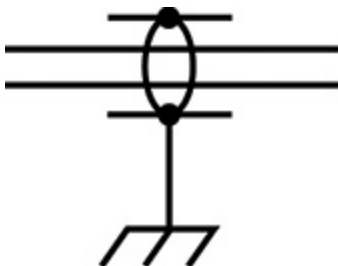
Wskazówka

Na rysunku 3.36 znajduje się symbol kabla koncentrycznego, którego ekran jest połączony z **podstawą montażową** (metalową płytą pełniącą funkcję podstawy układu). Podstawa montażowa może być połączona z uziemieniem, jednakże nie jest to reguła. Np. w samochodzie nie ma uziemienia, a więc obudowa (podstawa montażowa) CB radia będzie połączona z ramą pojazdu.



Rysunek 3.36. Symbol kabla koncentrycznego, którego ekran jest połączony z podstawą montażową

W niektórych kablach pojedynczy ekran otacza kilka przewodów. Na rysunku 3.37 pokazano symbol dwużyłowego kabla ekranowanego. Symbol ten przypomina symbol kabla koncentrycznego, jednakże dodano w nim dodatkową linię symbolizującą drugi przewód. Im więcej żył biegnie w danym kablu, tym więcej równoległych linii będzie przebiegać przez elipsę znajdującą się w środkowej części omawianego symbolu. Gdyby rysunek 3.37 miał przedstawiać symbol pięciożyłowego przewodu, to przez elipsę powinno przebiegać pięć poziomych linii.



Rysunek 3.37. Symbol dwużyłowego kabla ekranowanego, którego ekran połączony jest z podstawą montażową

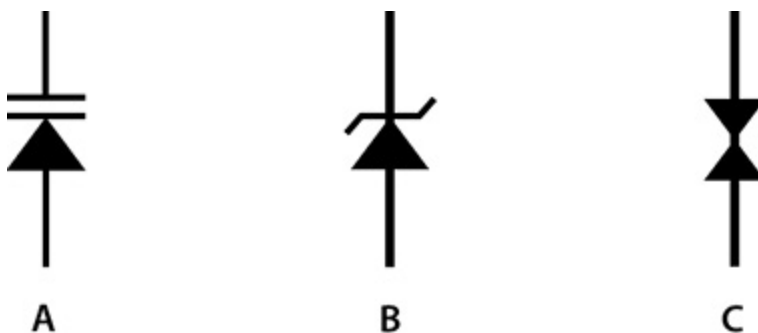
Diody i tranzystory

Na rysunku 3.38 przedstawiono podstawowy symbol **diody półprzewodnikowej**. W symbolu tym strzałka i linia pionowa symbolizują wewnętrzne elementy diody, a linie poziome symbolizują jej złącza. Wspomniany rysunek przedstawia **diode prostowniczą**. Strzałka symbolizuje **anode**, a krótka prosta pionowa linia, do której dotyka grot strzałki, symbolizuje **katode**. W normalnych warunkach pracy dioda prostownicza przewodzi elektrony, gdy te poruszają się w kierunku przeciwnym do zwrotu strzałki — wtedy gdy do anody dochodzi prąd o napięciu dodatnim w stosunku do potencjału anody.



Rysunek 3.38. Symbol diody ogólnego stosowania lub diody prostowniczej

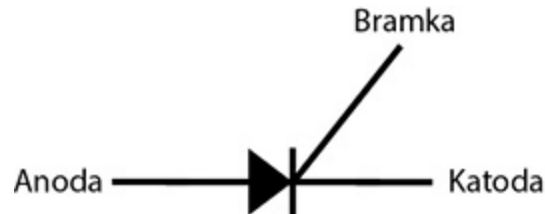
Na rysunku 3.39 zaprezentowano symbole wyspecjalizowanych diod: **diody pojemnościowej** (A) — może ona pod wpływem prądu stałego o regulowanym napięciu pełnić funkcję kondensatora o zmiennej pojemności; **diody Zenera** (B) — może ona pełnić rolę regulatora napięcia w układach zasilających; **diody Gunna** (C) — może ona działać w charakterze generatora drgań lub wzmacniacza w układach charakteryzujących się częstotliwościami znajdującymi się w paśmie mikrofalowym.



Rysunek 3.39. Symbol diody pojemnościowej (A), diody Zenera (B) i diody Gunna (C)

Tyrystor jest diodą półprzewodnikową wyposażoną w dodatkowy element i odpowiadające mu złącze. Symbol tego komponentu znajduje się na rysunku 3.40. Tyrystor jest zwykle (ale nie zawsze) oznaczany za pomocą symbolu diody (czasami umieszczonej w okręgu), do której dołączono dodatkowy element sterujący zwany **bramką** (ukośna linia biegnąca od grotu strzałki). We wszystkich symbolach przewód znajdujący się u podstawy grotu strzałki jest **anodą** danego komponentu, a przewód

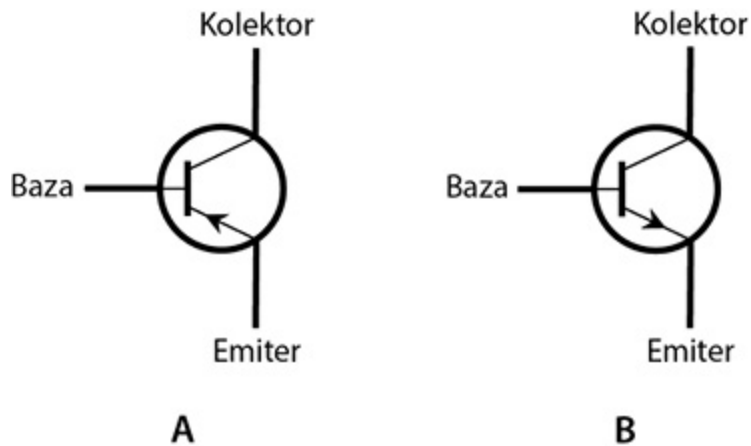
podłączony do prostej pionowej linii (znajdującej się na końcu grotu strzałki) jest **katoda**.



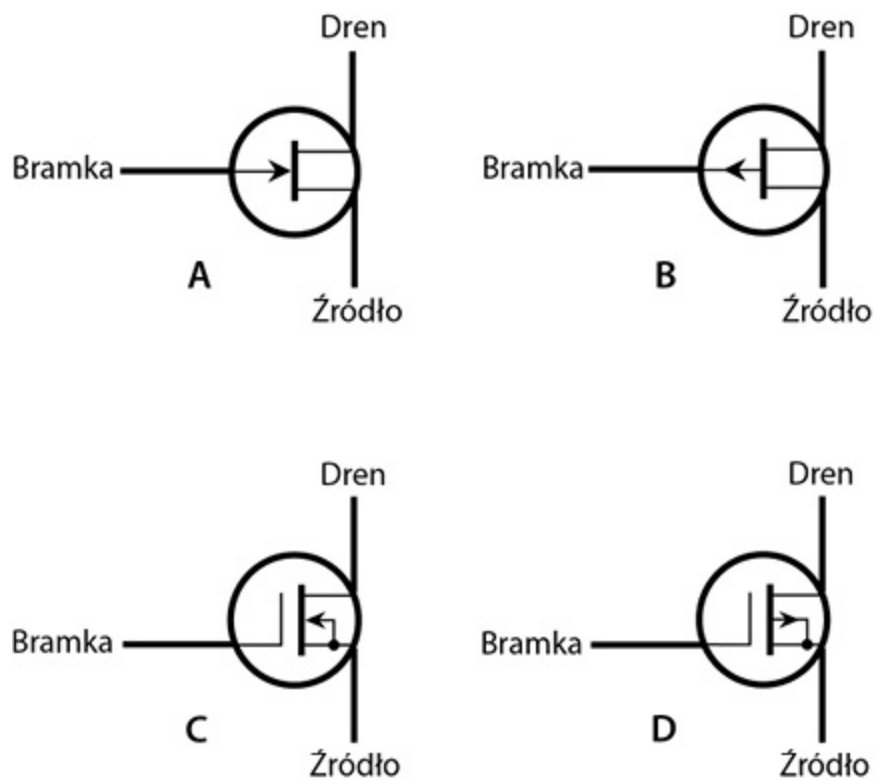
Rysunek 3.40. Symbol tyristora

Na rysunku 3.41 pokazano symbol **tranzystora bipolarnego**. Po lewej stronie znajduje się tranzystor typu *pnp*, a po prawej *nnp*. Jediną różnicą pomiędzy tymi symbolami jest kierunek, w którym zwrócona jest strzałka. Strzałka w symbolu tranzystora typu *pnp* jest zwrócona w kierunku prostej linii symbolizującej bazę (elektrodę). Strzałka w symbolu tranzystora typu *nnp* jest zwrócona w kierunku przeciwnym do bazy. Czasami w symbolach oznaczających tranzystory bipolarne pomija się okrąg otaczający bazę, emiter i kolektor. Poza tranzystorami bipolarnymi istnieje również wiele innych typów tranzystorów. Na rysunku 3.42 pokazano symbole czterech wymienionych niżej rodzajów tranzystorów:

- tranzystor polowy złączowy (JFET) z kanałem typu *n* (symbol A);
- tranzystor polowy złączowy (JFET) z kanałem typu *p* (symbol B);
- tranzystor polowy typu metal-tlenek-półprzewodnik (MOSFET) z kanałem typu *n* (rysunek C);
- tranzystor polowy typu metal-tlenek-półprzewodnik (MOSFET) z kanałem typu *p* (rysunek D);



Rysunek 3.41. Symbol tranzystora bipolarnego typu pnp (A) i symbol tranzystora bipolarnego typu npn (B)



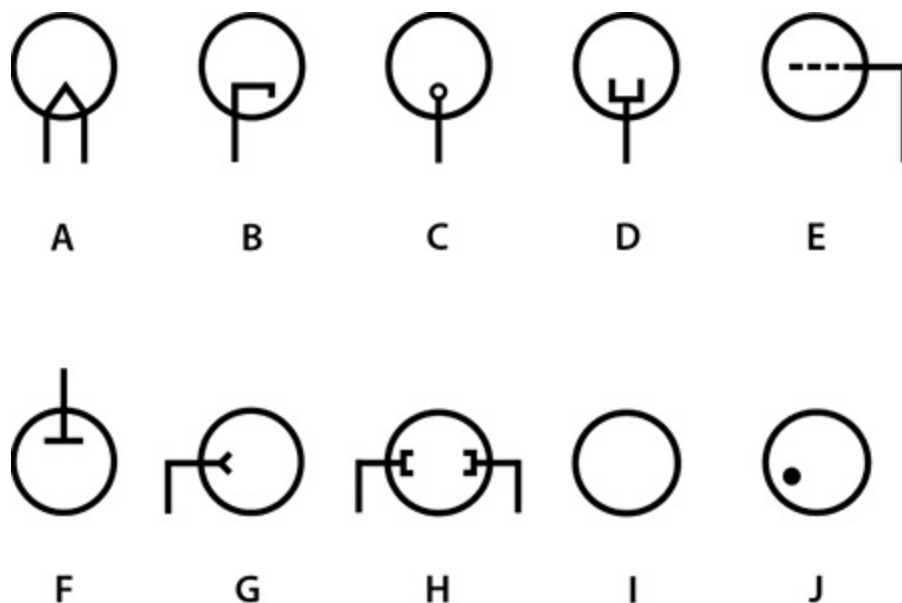
Rysunek 3.42. Symbol tranzystora polowego złączowego (JFET) z kanałem typu n (A), symbol tranzystora polowego złączowego (JFET) z kanałem typu p (B), symbol tranzystora polowego typu metal-tlenek-półprzewodnik (MOSFET) z kanałem typu n (rysunek C); symbol tranzystora polowego typu metal-tlenek-półprzewodnik (MOSFET) z kanałem typu p (rysunek D)

Wskazówka

Tranzystory mogą być wykonane z różnych materiałów będących półprzewodnikami lub mieszankami typu metal-tlenek. Symbol tranzystora nie informuje osoby czytającej schemat o tym, z jakiego materiału został wykonany dany komponent. Oznaczenie na schemacie ma informować tylko o funkcjonalności danego elementu.

Lampy elektronowe

Lampy elektronowe nie są już tak powszechne jak kilka dekad temu, jednakże wciąż stosuje się je w wielu układach. Rysowanie symbolu lampy elektronowej powinno się zacząć od dość dużego okręgu, wewnątrz którego należy umieścić elementy określające typ stosowanej przez Ciebie lampy. Na rysunku 3.43 przedstawiono powszechnie stosowane symbole elementów wewnętrznych lamp elektronowych.



Rysunek 3.43. Symbole elementów wewnętrznych lamp elektronowych: A — katoda żarzona bezpośrednio; B — katoda żarzona pośrednio; C — katoda zimna; D — fotokatoda; E — siatka; F — anoda; G — elektroda odchylająca; H — elektrody formujące wiązkę; I — symbol bańki lampy próżniowej; J — symbol bańki lampy wypełnionej gazem

Na rysunku 3.44 przedstawiono schemat **diody próżniowej**. Składa się ona z **anody** i **katody**. Gdy przez omawiany element przepływa prąd, to tak jak w przypadku diody półprzewodnikowej anoda charakteryzuje się bardziej dodatnim potencjałem od katody. Katoda emituje elektrony, które podążają przez próżnię w kierunku anody. Aktywny **żarnik**, przypominający miniaturową żarówkę małej mocy, podgrzewa katodę — ułatwia to emisję elektronów. Na rysunku 3.44 żarnik został pominięty w celu uproszczenia symbolu. Zabieg ten często się stosuje podczas rysowania symboli lamp, w których żarnik i katoda są oddzielnymi komponentami znajdującymi się wewnątrz lampy. Rozwiązanie takie nosi nazwę katody **żarzonej pośrednio**.

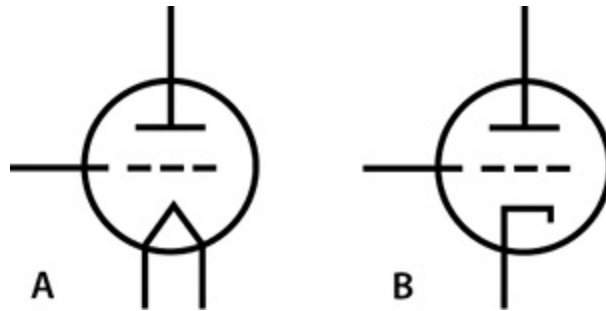


Rysunek 3.44. Symbol diody próżniowej o katodzie żarzonej pośrednio; lampa zawiera żarnik, jednakże symbol pomija ten element, ponieważ umieszczenie dodatkowego symbolu żarnika sprawiłoby, że schemat byłby mniej czytelny

Wskazówka

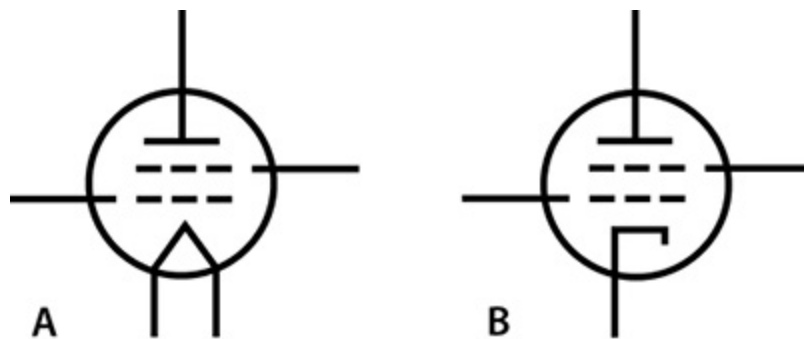
Symbolicznie wszystkie elementy lampy umieszcza się wewnątrz kółka, które symbolizuje bańkę lampy elektronowej. W przypadku niektórych schematów kółko jest pomijane. Nie jest to jednak standardowa praktyka.

Na rysunku 3.45 pokazano symbole dwóch wersji **triody**. Lampa ta ma budowę podobną do omówionej wcześniej diody, jednakże zawiera dodatkową siatkę, która jest symbolizowana przez linię przerywaną. Jest jeszcze jedna różnica (w przypadku symbolu A). Widzisz ją? Przyjrzyj się uważnie katodzie. Lampa ta posiada **katodę żarzoną bezpośrednio** — katoda i żarnik są fizycznie tym samym elementem! Ujemne napięcie katody jest podłączone bezpośrednio do przewodu żarnika — nie istnieje żadna oddzielna katoda. Symbol B (zobacz rysunek 3.45) przedstawia triodę o katodzie żarzonej pośrednio. Na rysunku żarnik znajduje się wewnątrz katody będącej metalowym cylindrem umieszczonym pionowo w bańce lampy.

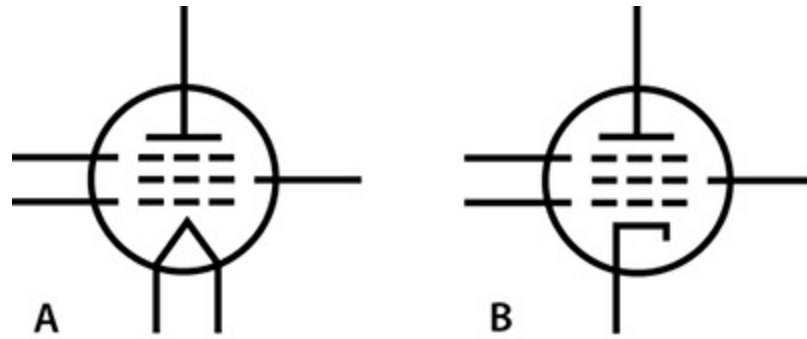


Rysunek 3.45. Symbol triody o żarzeniu bezpośrednim (A) oraz symbol triody o katodzie żarzonej pośrednio (B)

Tetrody posiadają dwie siatki. Są one symbolizowane przez dwie linie przerywane (zobacz rysunek 3.46). Górna siatka tetrody (znajdująca się bliżej anody) nazywana jest **ekranem**. Na rysunku 3.47 pokazano symbol **pentody** — lampy posiadającej trzy siatki — czyli składającej się z pięciu elementów. Druga siatka pentody (licząc od dołu) jest ekranem, a trzecia siatka (znajdująca się pod anodą) jest nazywana **siatką hamującą**. Na rysunku 3.46 i 3.47 symbole znajdujące się po lewej stronie (A) ilustrują lampy o katodzie żarzonej bezpośrednio, a symbole znajdujące się po prawej stronie (B) lampy o katodzie żarzonej pośrednio.



Rysunek 3.46. Symbol tetrody o katodzie żarzonej bezpośrednio (A) i symbol tetrody o katodzie żarzonej pośrednio

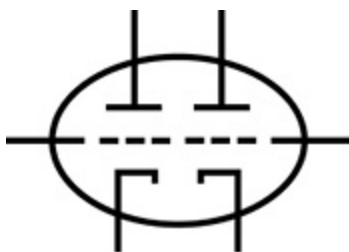


Rysunek 3.47. Symbol pentody o katodzie żarzonej bezpośrednio (A) i symbol pentody o katodzie żarzonej pośrednio

Analizuj kierunek przepływu prądu

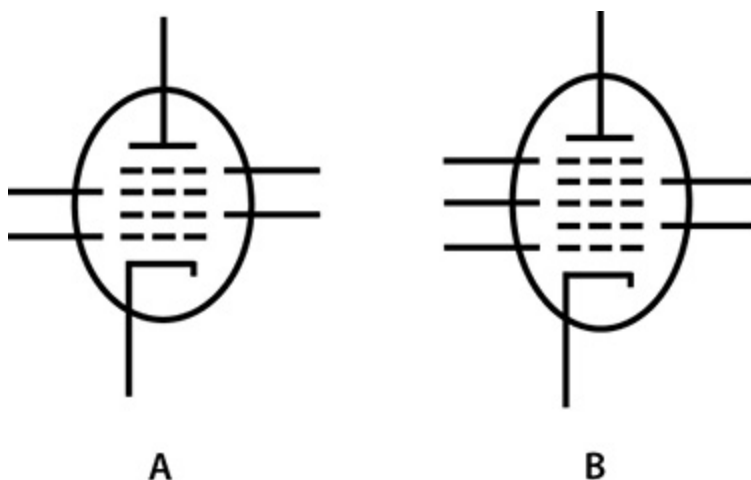
W lampach przedstawionych na omówionych dotychczas symbolach elektrony przepływają w kierunku od góry do dołu. Są one wyrzucane z katody, przechodzą przez siatkę lub siatki (o ile lampa je zawiera) i wpadają do anody. Prawdopodobnie czasami natkniesz się na symbol lampy, który będzie „leżał na boku”. W takiej sytuacji po prostu pamiętaj o tym, że w normalnych warunkach użytkowania lampy elektrony przemieszczają się od katody do anody.

Niektóre lampy składają się z dwóch oddzielnych, niezależnych zestawów elektrod umieszczonych we wspólnej bańce. Lampy takie można określić mianem **lamp podwójnych**. Jeżeli oba zestawy elektrod są identyczne, to taki podzespół możemy nazwać **podwójną diodą**, **podwójną triodą**, **podwójną tetrodą** lub **podwójną pentodą**. Na rysunku 3.48 znajduje się symbol podwójnej triody o katodach żarzonych pośrednio.



Rysunek 3.48. Symbol podwójnej triody o katodach żarzonych pośrednio

W niektórych starszych odbiornikach radiowych i telewizyjnych stosowane były lampy posiadające cztery lub pięć siatek. Lampy te składały się więc z sześciu lub siedmiu elementów i nazywano je **heksodą** i **heptodą**. Lampy takie były stosowane do **miksowania** — procesu polegającego na nakładaniu na siebie dwóch sygnałów radiowych o różnych częstotliwościach w celu uzyskania sygnału będącego ich różnicą lub sumą. Na rysunku 3.49 znajduje się symbol heptody (A) i heksody (B). Oba przedstawione symbole odnoszą się do lamp o katodach żarzonych pośrednio. Heptoda jest czasem określana mianem **konwertera posiadającego pięć siatek**.



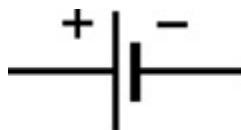
Rysunek 3.49. Symbol heksody (A) i symbol heptody (B)

Wskazówka

Nie spotkasz heksod ani heptod we współczesnych układach elektronicznych, jednakże jeżeli chcesz pracować nad starymi odbiornikami radiowymi, to powinieneś zapoznać się z ich działaniem. Pamiętaj o jednym — wymiana tych lamp jest bardzo trudna — ich zakup jest prawie niemożliwy. Z antykami obchodź się ostrożnie!

Ogniwa i baterie

Ogniwa i baterie są powszechnie stosowane do zasilania układów elektronicznych. Na rysunku 3.50 przedstawiono symbol pojedynczego **ogniwa elektrochemicznego**. Ogniwo takie znajdziesz np. w latarce. Charakteryzuje się ono prądem stałym o napięciu 1,5 V. **Baterie elektrochemiczne**, które posiadają wyższe napięcie znamionowe, składają się z wielu ogniw połączonych szeregowo (ujemny biegun jednego ogniwa jest połączony z dodatnim biegunem kolejnego ogniwa). Symbol baterii składającej się z wielu ogniw przedstawiono na rysunku 3.51.

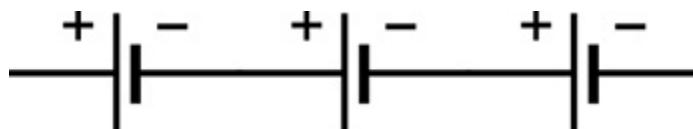


Rysunek 3.50. Symbol pojedynczego ogniwa elektrochemicznego



Rysunek 3.51. Symbol zamkniętej baterii elektrochemicznej składającej się z wielu ogniw

Symbol baterii składającej się z wielu ogniw to po prostu umieszczone obok siebie symbole ogniw, pomiędzy którymi nie znajdują się żadne linie rozdzielające. Jeżeli obwód wymaga zasilania trzema oddzielnymi ogniwami połączonymi szeregowo, to możesz narysować połączenie szeregowe trzech ogniw połączonych — pomiędzy symbolami ogniw umieść symbol przewodu (zobacz rysunek 3.52). Jeżeli ogniwa są umieszczone w zasobniku łączącym je szeregowo, na schemacie możesz zastosować symbol baterii.



Rysunek 3.52. Symboliczne oznaczenie szeregowego połączenia trzech ogniw elektrochemicznych tworzących baterię

Standardową praktyką jest umieszczanie znaków określających polaryzację ogniw. Niestety niektóre osoby tworzące schematy pomijają te oznaczenia. W takim przypadku polaryzację baterii należy określić poprzez analizę pozostałych elementów znajdujących się w obwodzie.

Bramki logiczne

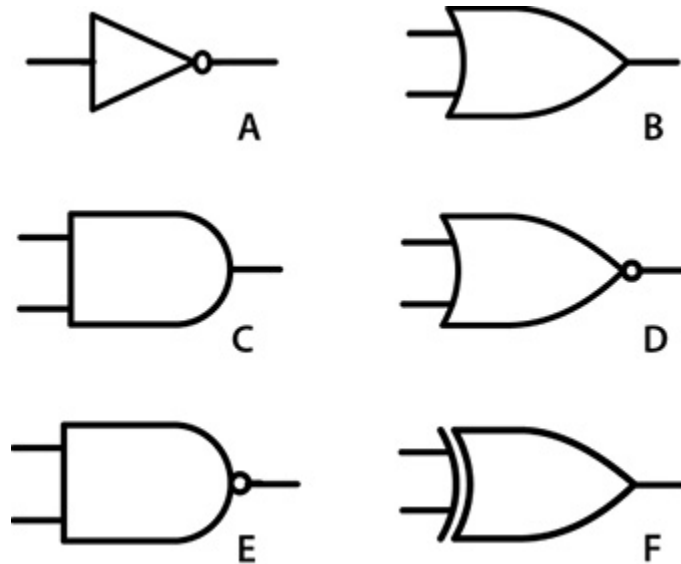
Wszystkie cyfrowe układy elektroniczne zawierają przełączniki wykonujące określone operacje logiczne. Przełączniki te nazywa się **bramkami logicznymi**. Posiadają one przynajmniej jedno wejście (może być ich wiele) i zwykle jedno wyjście. Urządzenia logiczne mogą przyjmować dwa stany określone przez cyfry 0 i 1. Cyfra 0 nazywana jest „stanem niskim”, a cyfra 1 „stanem wysokim”.

- **Bramka negacji**, zwana również **bramką NOT**, posiada jedno wejście i jedno wyjście. Na wyjściu generowany jest sygnał odwrotny do sygnału wejściowego. Jeżeli sygnał wejściowy określa wartość 1, to na wyjściu otrzymujemy 0. Jeżeli sygnał wejściowy określa wartość 0, to na wyjściu otrzymujemy 1.
- **Bramka sumy logicznej**, zwana również **bramką OR**, posiada zwykle dwa wejścia (teoretycznie może posiadać ich więcej). Jeżeli wszystkie sygnały wejściowe reprezentują wartość 0, to na wyjściu otrzymujemy 0. Jeżeli którykolwiek z sygnałów wejściowych określa wartość 1, to na wyjściu otrzymamy wartość 1. Matematycy powiedzieliby, że bramka ta wykonuje **działanie sumy logicznej** — na wyjściu otrzymujemy wartość 1 również wtedy, gdy obie zmienne wejściowe mają wartość 1.
- **Bramka iloczynu logicznego**, zwana również **bramką AND**, posiada zwykle dwa wejścia (teoretycznie może posiadać ich więcej). Jeżeli oba (wszystkie) sygnały wejściowe mają wartość 1, to na wyjściu bramki generowana jest wartość 1. Jeżeli którykolwiek z sygnałów wejściowych ma wartość 0, to na wyjściu generowana jest wartość 0.
- Za bramką OR można umieścić bramkę NOT. Takie połączenie daje nam **bramkę binegacji** (zwaną również **bramką NOR**). Jeżeli oba (wszystkie) sygnały wejściowe mają wartość 0, na wyjściu bramki generowana jest wartość 1. Jeżeli którykolwiek z sygnałów wejściowych ma wartość 1, to na wyjściu generowana jest wartość 0.
- Za bramką AND można umieścić bramkę NOT. Takie połączenie daje nam **bramkę NAND**. Jeżeli oba (wszystkie) sygnały wejściowe mają wartość 1, to na

wyjściu generowana jest wartość 0. Jeżeli którykolwiek z sygnałów wejściowych ma wartość 0, to na wyjściu generowana jest wartość 1.

- **Bramka alternatywy wykluczającej**, zwana również **bramką XOR**, posiada dwa wejścia i jedno wyjście. Jeżeli na obu wejściach podawany jest ten sam sygnał (dwa zera lub dwie jedynki), to na wyjściu generowana jest wartość 0. Jeżeli na dwóch wejściach podawany jest różny sygnał, to na wyjściu bramki pojawia się wartość 1. Działanie takie w matematyce określane jest mianem **alternatywy wykluczającej**.

Na rysunku 3.53 pokazano symbole stosowane do przedstawiania bramek logicznych na schematach obwodów.



Rysunek 3.53. Symbol bramki logicznej NOT (A), symbol bramki logicznej OR (B), symbol bramki logicznej AND (C), symbol bramki logicznej NOR (D), symbol bramki logicznej NAND (E), symbol bramki logicznej XOR (F)

Podsumowanie

W elektronice stosuje się wiele innych symboli, które nie zostały omówione w tym rozdziale. Dodatek A zawiera obszerną listę symboli stosowanych na schematach obwodów. Poza symbolami opisanymi w tym rozdziale spotkasz się również z symbolami złączy i wtyczek, kryształów piezoelektrycznych, lamp, mikrofonów, mierników, anten i innych komponentów elektronicznych.

Zapamiętanie tych wszystkich symboli może wydawać się trudne, jednakże praktyka i prawidłowa identyfikacja podzespołów sprawi, że z czasem będziesz odczytywał schematy samodzielnie, bez pomocy tej książki. Najlepszym sposobem na nauczenie się symboli jest analizowanie schematów i zaglądanie do dodatku A za każdym razem, gdy natkniesz się na nieznaną Ci symbol. Po kilku godzinach będziesz w stanie zacząć analizować bardziej złożone schematy, ponownie zaglądnąc do dodatku A, gdy natkniesz się na nieznaną Ci symbol. Po kilku weekendach będziesz znał większość symboli stosowanych na schematach obwodów elektrycznych — widząc symbol na schemacie, będziesz go od razu rozpoznawał bez dłuższego zastanawiania się.

Symbole stosowane na schematach są podstawowym narzędziem komunikacyjnym elektroniki — podobnie jak symbole stosowane w działaniach matematycznych lub projekty w architekturze. Większość symboli jest oparta na budowie danego komponentu. Symbole można podzielić na pewne grupy, które mają ze sobą coś wspólnego. Na przykład istnieje wiele różnych tranzystorów, jednakże są one przedstawiane przez podobne do siebie symbole. Niewielkie różnice pomiędzy symbolami odzwierciedlają różnice w wewnętrznej budowie komponentów. W ten sposób możliwe jest przedstawienie za pomocą symboli różnych typów tranzystorów. To samo można powiedzieć o innych symbolach — symbolach diod, rezystorów,

kondensatorów, cewek, transformatorów, mierników, lamp i innych podzespołów elektronicznych.

Rozdział 4. Proste obwody

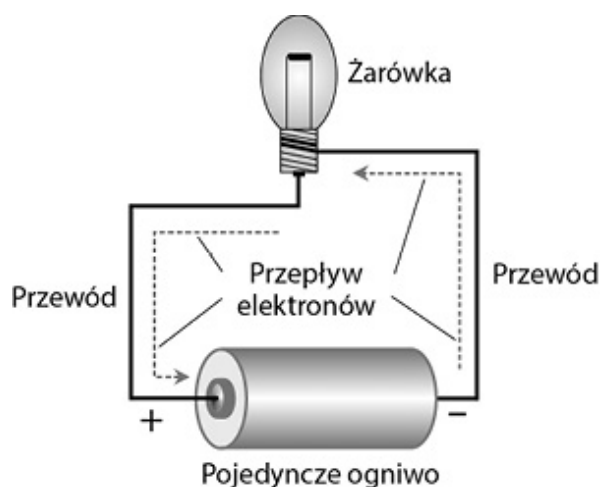
Istnieją dwie dominujące szkoły nauczania czytania i rysowania schematów ideowych. Według jednej szkoły należy najpierw nauczyć się odczytywać diagramy, a dopiero później je rysować. Druga teoria mówi o tym, że nauka czytania schematów powinna być częścią rysowania ich. Obie te szkoły mają swoje zalety, a więc skorzystajmy z obu technik! Oczywiście musisz zacząć od nauczania się symboli podstawowych komponentów. Następnie staraj się analizować jak najwięcej schematów. Gdy zacznie to Cię już nudzić, możesz przystąpić do rysowania własnych prostych schematów ideowych. Naprzemienne rysowanie, odczytywanie i tworzenie schematów (w zależności od nastroju) sprawi, że szybko opanujesz te dwie czynności. Zalecam, żebyś czas poświęcony na naukę dzielił równo pomiędzy odczytywanie i rysowanie schematów.

Początki

W niniejszym rozdziale będziemy zajmowali się odczytywaniem i rysowaniem schematów ideowych obwodów przedstawionych na ilustracjach i schematach. Dzięki takiemu zabiegowi będziesz mógł zobaczyć fizyczną budowę urządzenia oraz dostrzeżesz to, jak łączy się ona ze schematem ideowym danego obwodu. Niektóre komercyjne schematy są tworzone w ten właśnie sposób. Jednakże zwykle pracę nad obwodem zaczyna się od stworzenia jego schematu ideowego. Dopiero później buduje się i testuje urządzenie przedstawione na schemacie. Jeżeli obwód jest eksperymentalny, to prawdopodobnie urządzenie prototypowe będzie zawierało pewne błędy konstrukcyjne, a

więc niektóre komponenty będą musiały być usunięte, zastąpione lub zmodyfikowane. Po odpowiednich modyfikacjach obwodu sporządzane są notatki, według których zmieniany jest schemat ideowy. Otrzymany schemat jest rezultatem prac projektowych, testów i modyfikacji.

Na rysunku 4.1 przedstawiono obwód, z jakim chyba każdy miał do czynienia. Tak naprawdę jest to latarka bez obudowy i włącznika. Urządzenie składa się z pojedynczego ogniwa elektrochemicznego i żarówki. Na rysunku widoczne są również przewody łączące żarówkę z ogniwem. Przepływa przez nie prąd zasilający żarówkę.



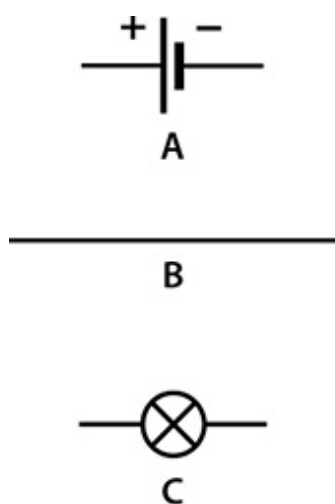
Rysunek 4.1. Ilustracja obwodu latarki składającej się z pojedynczego ogniwa elektrochemicznego, przewodów i żarówki

Analizuj kierunek przepływu prądu

W obwodzie przedstawionym na rysunku 4.1 elektrony wypływają z ujemnego zacisku ogniwa, przepływają przez żarówkę i wpływają do dodatniego zacisku ogniwa. Elektrony „przeskakują” przez kolejne atomy przewodu i żarnika. Taki kierunek przepływu prądu jest obierany przez większość elektryków i inżynierów. Jednakże niektórzy fizycy będą twierdzili, że prąd tak naprawdę wypływa z dodatniego bieguna ogniwa i kieruje się do

jego ujemnego bieguna. Prąd płynący w takim kierunku nazywamy **prądem teoretycznym** lub **konwencjonalnym**.

Do narysowania obwodu latarki przedstawionej na rysunku 4.1 będą Ci potrzebne trzy symbole: ogniwa elektrochemicznego, przewodów i żarówki (zobacz rysunek 4.2). Znając symbole, możesz ułożyć je w logiczny sposób, posiłkując się rysunkiem 4.1.

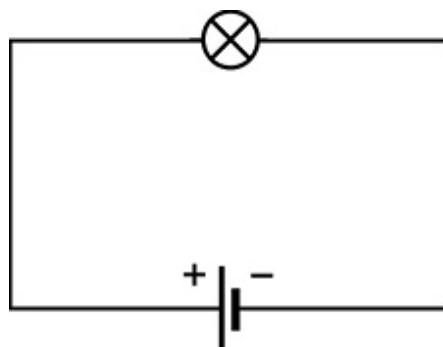


Rysunek 4.2. Symbol ogniwa elektrochemicznego (A), symbol elementu przewodzącego takiego jak kabel (B), symbol żarówki (C)

Pracę nad schematem zacznij od narysowania symbolu ogniwa. Ogniwo można uznać za serce obwodu — dostarcza ono energii niezbędnej do pracy urządzenia. Ogniwo „pompuje” elektrony przez wszystkie elementy znajdujące się w obwodzie! Następnie narysuj symbol żarówki. Może się on znajdować w dowolnym miejscu w pobliżu narysowanego wcześniej symbolu ogniwa, jednakże staraj się umieszczać elementy obwodu na wspólnej osi. Żarówkę umieść nad ogniwem.

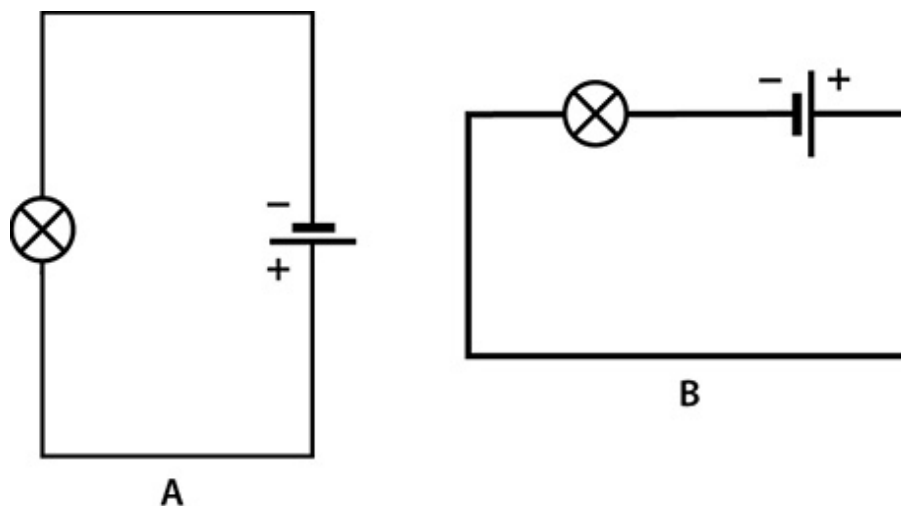
Po narysowaniu symboli dwóch głównych elementów składowych obwodu połącz je zwyczajnymi prostymi liniami symbolizującymi przewody. Na rysunku 4.1 znajdują się dwa

przewody, a więc Twój schemat powinien również zawierać dwa przewody. Na rysunku 4.3 znajduje się schemat ideowy obwodu przedstawionego na rysunku 4.1.



Rysunek 4.3. Schemat ideowy latarki zasilanej pojedynczym ogniwem

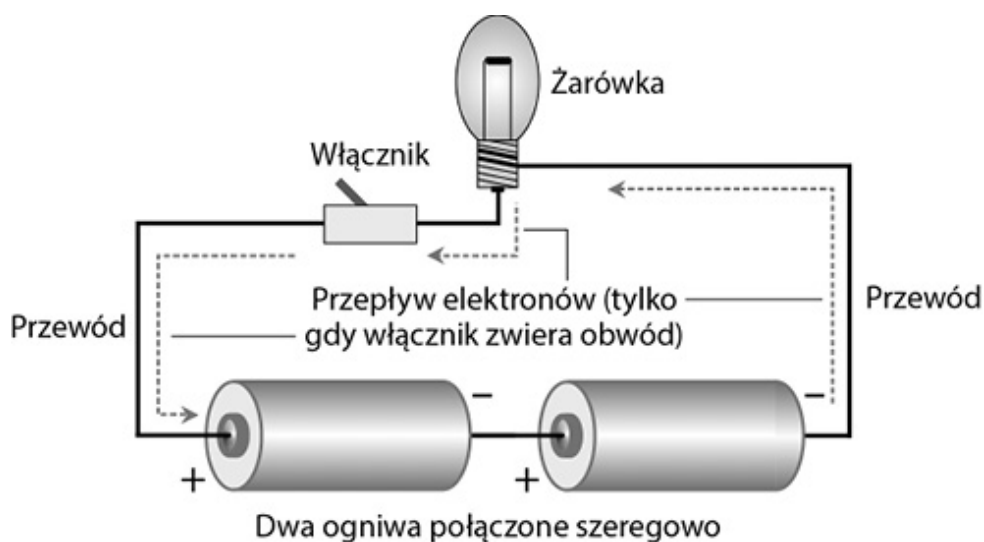
Omawiany obwód można przedstawić również za pomocą innych schematów. Każdy ze schematów będzie zawierać symbole tych samych trzech elementów: ogniwa, żarówki i przewodu. Różnice pomiędzy schematami mogą wynikać tylko i wyłącznie z innego rozmieszczenia symboli. Na rysunku 4.4 przedstawiono dwa alternatywne schematy obwodu latarki. Te wszystkie trzy schematy (schemat z rysunku 4.3 i dwa schematy z rysunku 4.4) są identyczne z punktu widzenia przepływu prądu. Wyglądają nieco inaczej, ponieważ elementy obwodu zostały umieszczone w innych miejscach.



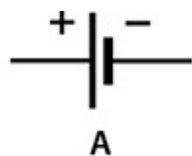
Rysunek 4.4. Alternatywne schematy latarki; na schemacie A symbole żarówki i ogniwo „położono na boku”, a na schemacie B mieszczono je w górnej części obwodu

Zmodyfikuj nieco omawiany przez nas schemat — rozwijaj swoją umiejętność czytania i tworzenia schematów. Na rysunku 4.5 przedstawiono obwód latarki, który rozbudowano o włącznik i drugie ogniwo. Właśnie taką budowę ma większość latarek. Analizując wspomniany rysunek, dojdiesz do wniosku, że do narysowania schematu przedstawionego urządzenia niezbędne będzie zastosowanie symboli ogniw, przewodników, żarówki i włącznika. Na rysunku 4.6 przedstawiono symbole, które będą Ci potrzebne do narysowania dokładnego schematu całego obwodu. Symbole narysuj ponownie w takiej kolejności, w jakiej są one ze sobą połączone w obwodzie. Na rysunku 4.7 znajduje się gotowy schemat. Zwróć uwagę na to, że narysowano dwa oddzielne symbole ogniw, które następnie połączono szeregowo. Oznaczono również polaryzację każdego z ogniw. Połączenie szeregowe ogniw polega na połączeniu dodatniego bieguna jednego ogniwa z ujemnym biegunem drugiego ogniwa. Z baterii wychodzą dwa kable. Trzeci kabel łączy włącznik z żarówką, a czwarty kabel łączy ze sobą oba ogniwa — w ten sposób uzyskujemy baterię. Bieguny baterii mogą być połączone bezpośrednio ze sobą,

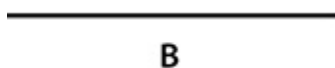
co tak naprawdę ma miejsce w latarkach, które możesz kupić w sklepie. Na rysunku 4.7 przełącznik znajduje się w pozycji, w której przerywa obwód.



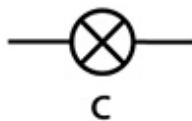
Rysunek 4.5. Graficzna ilustracja obwodu latarki składającej się z dwóch ogniw połączonych szeregowo, przewodów, włącznika i żarówki



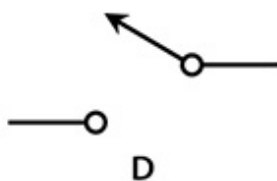
A



B

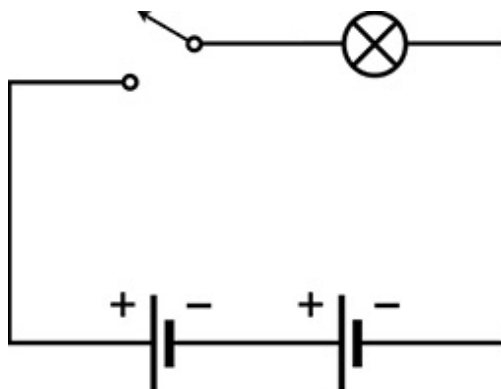


C



D

Rysunek 4.6. Symbole podzespołów latarki posiadającej włącznik, zasilanej z dwóch ogniw: ogniwo (A), przewód (B), żarówka (C), włącznik (D)



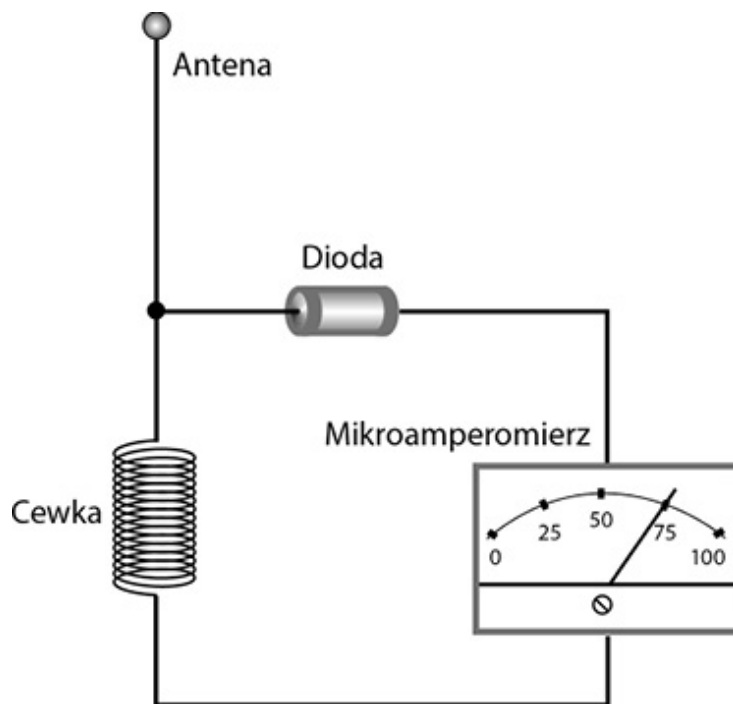
Rysunek 4.7. Schemat ideowy latarki posiadającej włącznik i zasilanej z dwóch ogniw

Eureka!

Teraz już wiesz, jak wygląda schemat ideowy latarki zasilanej dwoma ogniwami. Gdy będziesz włączać swoją latarkę, możesz wyobrazić sobie poruszający się symbol przełącznika (zobacz rysunek 4.7), który będzie na przemian zwierzał i przerywał obwód.

Na rysunku 4.8 przedstawiono tak zwany **miernik natężenia pola**. Inżynierowie zajmujący się łącznością bezprzewodową stosują mierniki tego typu do określania tego, czy pole elektromagnetyczne o częstotliwościach radiowych istnieje w danym miejscu. Ten prosty obwód przyda Ci się, jeżeli zajmujesz się krótkofalarstwem lub chcesz wykryć źródło występujących zakłóceń. Obwód składa się z anteny, diody RF, mikroamperomierza (czułego przyrządu do pomiaru natężenia prądu elektrycznego, wyskalowanego w milionowych częściach ampera) i cewki. Aby narysować schemat tego obwodu, musisz znać symbole anteny, cewki, mikroamperomierza i diody. Symbole te przedstawiono na rysunku 4.9. Korzystając z poznanej wcześniej metody, narysuj schemat. Łącz symbole

komponentów w takiej samej kolejności, w jakiej podzespoły są ze sobą połączone w obwodzie.



Rysunek 4.8. Ilustracja przedstawiająca miernik natężenia pola



A



B



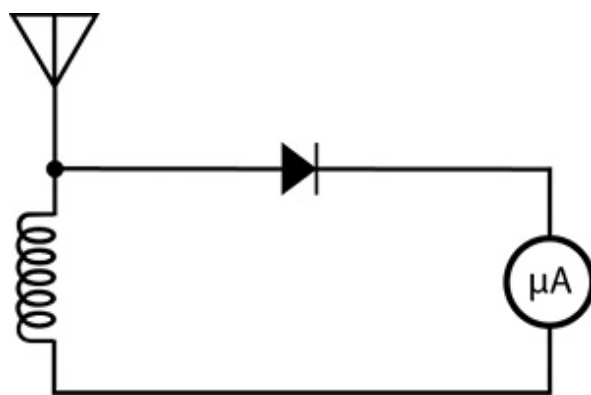
C



D

Rysunek 4.9. Symbole komponentów miernika natężenia pola: anteny (A), cewki (B), mikroamperomierza (C) i diody (D)

Na rysunku 4.10 znajduje się schemat ideowy miernika natężenia pola przedstawionego na rysunku 4.8. Schemat to tak naprawdę zmodyfikowana ilustracja, w której rysunki podzespołów zastąpiono ich symbolami. Tak jak w poprzednim przykładzie symbole nie muszą być umieszczone dokładnie w tych samych miejscach na kartce papieru, jednakże muszą być one połączone dokładnie w ten sam sposób. Budując obwód na podstawie schematu, należy dwukrotnie, a nawet i trzykrotnie sprawdzić poprawność połączeń wykonanych pomiędzy komponentami. Jeżeli będziesz budował urządzenie przedstawione na schemacie 4.10 i nieprawidłowo wykonasz połączenia kablowe, to nie oczekuj, że zbudowany przez Ciebie obwód będzie działał prawidłowo. W przypadku bardziej złożonych urządzeń i systemów błędnie wykonane połączenie może doprowadzić do fizycznego uszkodzenia elementów obwodu. Ponadto może to spowodować zagrożenie dla użytkownika.



Rysunek 4.10. Schemat ideowy miernika natężenia pola

Analizuj kierunek przepływu prądu

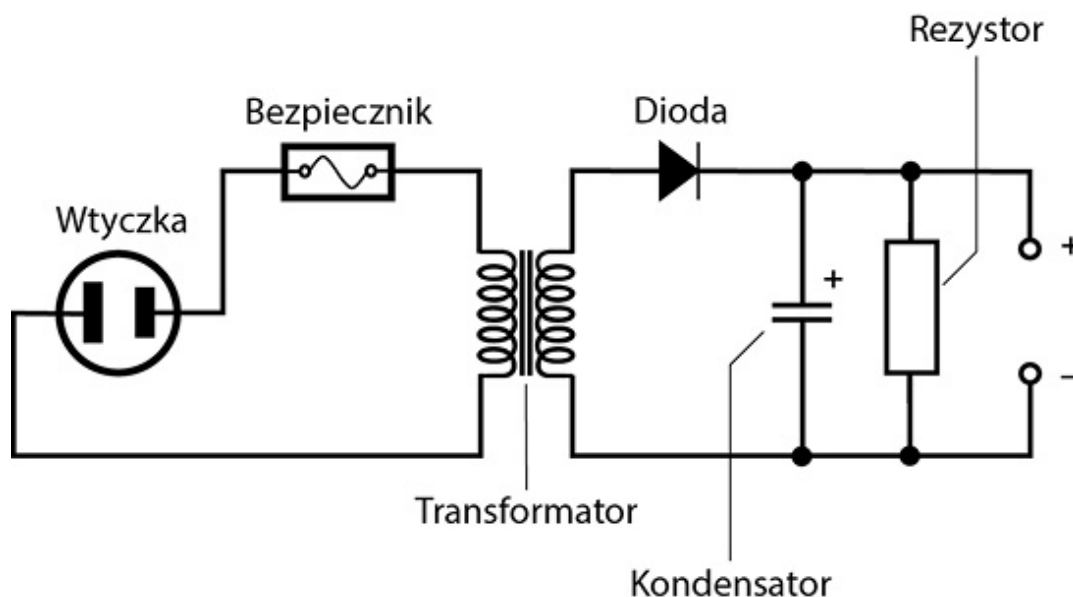
W obwodzie przedstawionym na rysunkach 4.8 i 4.10 pole elektromagnetyczne indukuje prąd (o częstotliwości znajdującej się w zakresie fal radiowych) w antenie i cewce. Prąd ten jest prądem przemiennym o wysokiej częstotliwości. Dioda prostuje prąd przemienny,

„ucinając” połowę każdego cyklu sygnału (dodatnią lub ujemną — w zależności od polaryzacji diody). W ten sposób powstaje pulsujący prąd stały — taki sam jak ten generowany przez nieskomplikowane prostowniki. Mikroamperomierz mierzy natężenie tego prądu. Im silniejsze pole, tym większe jest natężenie prądu płynącego przez amperomierz, a tym samym wskazuje on wyższe wartości.

W poprzednim rozdziale porównywaliśmy schematy ideowe z mapą samochodową. Kierowca oczekuje od takiej mapy pewnych dokładnych informacji. Schematy ideowe przedstawiają również informacje przydatne nam w praktyce. Na mapie linie łączą miasta, a na schemacie mamy linie symbolizujące przewodniki łączące poszczególne komponenty obwodu. Atlas samochodowy przedstawia drogi znajdujące się pomiędzy miastami, a schemat ideowy obwodu pokazuje drogę przepływu prądu lub sygnału pomiędzy podzespołami elektronicznymi.

Teraz przyjrzyjmy się czemuś nieco bardziej skomplikowanemu. Na rysunku 4.11 znajduje się schemat ideowy **zasilacza**, który przekształca przemienny prąd z gniazdka sieciowego w prąd stały (taki jak prąd generowany przez baterie i ogniwa). Analizując schemat od strony lewej do prawej, możesz dostrzec, że kabel, na którego końcu znajduje się wtyczka sieciowa, jest podłączony za pośrednictwem bezpiecznika do uzwojenia pierwotnego transformatora (tego, które znajduje się po lewej stronie pionowych linii). Do uzwojenia wtórnego transformatora (tego, które znajduje się po prawej stronie) podłączono diodę w układzie szeregowym. Dalej znajduje się kondensator elektrolityczny (zwróć uwagę na oznaczenie polaryzacji) wpięty pomiędzy wyjście diody prostowniczej a drugi przewód wychodzący z uzwojenia wtórnego transformatora. Równoległe do kondensatora w obwodzie umieszczono rezystor charakteryzujący się stałą wartością oporu. Zaciski

wyjściowe prądu stałego znajdują się po prawej stronie schematu.



Rysunek 4.11. Schemat idealny prostego zasilacza generującego prąd stały

Faktyczny rozmiar i waga zasilacza zbudowanego na podstawie schematu znajdującego się na rysunku 4.11 będą zależą od natężenia i napięcia prądu generowanego przez to urządzenie. Wyjścia zasilacza prądu stałego są spolaryzowane, a więc obok zacisków znajdują się odpowiednie oznaczenia. Każdy zasilacz, który będzie składał się z pojedynczej diody, kondensatora i rezystora, będzie skonstruowany w ten sam sposób. Niezależnie od tego, czy zasilacz będzie dostarczał prąd o napięciu 5 V i natężeniu 1 A, czy prąd o napięciu 5000 V i natężeniu 50 A, jego schemat będzie wyglądał tak samo. Rysunek 4.11 nie informuje nas o tym, jakie napięcia i natężenia prądów mają przenosić transformator, dioda, kondensator i rezystor. Do zasilacza można dodać elementy takie jak regulator napięcia, układ chroniący przed przetężeniem, woltomierz, amperomierz, jednakże budowa zasilacza półokresowego będzie przypominać podstawowy schemat takiego zasilacza widoczny na rysunku 4.11.

Analizuj kierunek przepływu prądu

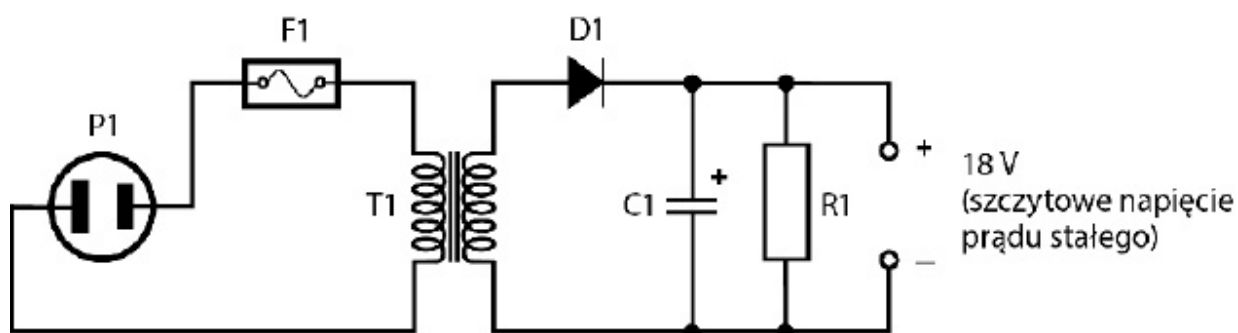
Przyjrzyj się rysunkowi 4.11. Prąd przemienny z sieci energetycznej wpływa do obwodu za pośrednictwem wtyczki znajdującej się po lewej stronie schematu. Następnie przepływa on przez bezpiecznik i wpływa do pierwotnego uzwojenia transformatora. W uzwojeniu wtórnym transformatora również płynie prąd przemienny, jednakże napięcie pomiędzy zaciskami uzwojenia wtórnego transformatora może być niższe lub wyższe od napięcia pomiędzy zaciskami uzwojenia pierwotnego. Zależy to od specyfikacji transformatora. Dioda pozwala na przepływ prądu tylko w jednym kierunku. W analizowanym układzie elektrony mogą przepływać ze strony lewej do prawej (w kierunku przeciwnym do strzałki). Wskutek tego z diody wypływa pulsujący prąd stały. Kondensator niweluje pulsowanie napięcia zwane **tętnieniem**. Rezystor rozładowuje prąd zgromadzony w kondensatorze po odłączeniu obwodu od prądu. Rezystor taki nazywamy **rezystorem upływowym**.

Etykietowanie komponentów

Na rysunku 4.12 znajduje się kolejny schemat obwodu z rysunku 4.11. Tym razem każdy komponent posiada oznaczenie alfanumeryczne. Oznaczenia te można rozszyfrować dzięki liście komponentów znajdującej się pod spodem. Teraz już wiesz, że uzwojenie pierwotne transformatora jest zasilane prądem o napięciu 125 V, a z uzwojenia wtórnego wypływa prąd o napięciu 12 V. W obwodzie znajduje się dioda o szczytowym napięciu wstecznym 50 V i prądzie przewodzenia 1 A, kondensator o pojemności 100 μF i napięciu znamionowym 50 V oraz rezystor węglowy charakteryzujący się oporem 10 000 Ω

oraz mocą 1 W. Zastosowano bezpiecznik 0,5 A (przy napięciu 125 V).

Istnieje pewien standard oznaczeń literowych. Zwróć uwagę na to, że po każdej literze umieszczono liczbę 1. Oznaczenie T1 służy do opisu komponentu będącego transformatorem (T), któremu nadaliśmy numer 1 (opisujemy go jako pierwszy na liście podzespołów). Gdyby w obwodzie znajdowały się dwa transformatory, to jeden nazwalibyśmy T, a drugi T2. Liczby odnoszą się tylko i wyłącznie do kolejności wymienienia komponentów na liście. Diodę oznaczono etykietą D1. D jest standardowym skrótem oznaczającym diodę. Niestety standaryzacja nie jest uniwersalna i powszechnie stosowana. Czasami dioda może zostać opisana etykietą SR1, która oznacza **prostownik krzemowy**. Diody Zenera mogą być czasem oznaczane etykietami ZD1, ZD2 itd. Tak naprawdę etykiety nie mają większego znaczenia. Wystarczy, że znajdują się przy właściwych symbolach. Jeżeli zmienisz etykietę D1 na SR1, to osoba czytająca schemat wciąż będzie wiedziała, że chodzi Ci o diodę, gdy umieścisz ten napis odpowiednio blisko symbolu.



- C1 – kondensator elektrolityczny 100 μF , 50 V (prąd stały)
- D1 – dioda o szczytowym napięciu wstecznym 50 V przy natężeniu 1 A
- F1 – bezpiecznik 0,5 A (125 V)
- P1 – męska wtyczka zasilająca
- R1 – rezystor węglowy 10 000 Ω , 1 W
- T1 – transformator – 125 V w uzwojeniu pierwotnym, 12 V w uzwojeniu wtórnym, 1 A

Rysunek 4.12. Schemat zasilacza zawierający specyfikację komponentów

Na schemacie przedstawionym na rysunku 4.12 nie ma potrzeby dodawania numeru przy każdym z komponentów, ponieważ w obwodzie nie znajdują się dwa komponenty tego samego typu! Po prostu wtyczkę można oznaczyć literą P, bezpiecznik F, transformator T, diodę D, kondensator C, a rezystor R. Jeżeli miałbyś pewność, że czytelnicy znają symbole komponentów znajdujących się na schemacie, to mógłbyś całkowicie zrezygnować z etykiet! Jednakże standardową praktyką przy tworzeniu schematów jest oznaczanie każdego elementu za pomocą etykiety składającej się z litery i cyfry nawet w przypadku, gdy w obwodzie znajduje się tylko jeden komponent danego typu.

W złożonych obwodach może występować nawet kilkaset elementów tego samego typu (np. rezystorów). Jeżeli widzisz etykietę R101, to możesz się domyślić, że układ zawiera co najmniej 101 rezystorów. Aby uzyskać informacje na temat rodzaju tego rezystora oraz jego charakterystyki, musisz odnaleźć pozycję R101 na liście komponentów.

Wskazówka

Korzystając ze schematu pokazanego na rysunku 4.12, możesz zbudować zasilacz charakteryzujący się szczytowym napięciem wyjściowym 18 V (prąd stały). Schemat bez opisu poszczególnych komponentów jest mało użyteczny. Na rysunku 4.11 pokazano po prostu ogólny schemat zasilacza półokresowego. Schemat ten nie daje Ci żadnych praktycznych informacji poza sposobem łączenia podzespołów.

W tabeli 4.1 przedstawiono litery służące do oznaczania większości komponentów elektronicznych. Prawdopodobnie w różnej dokumentacji napotkasz inne oznaczenia — niektórzy autorzy stosują własne, nieco inne konwencje nazewnictwa. Oznaczenia literowe przedstawione w tabeli 4.1 są łatwe do zapamiętania. Tak, powinieneś nauczyć się ich

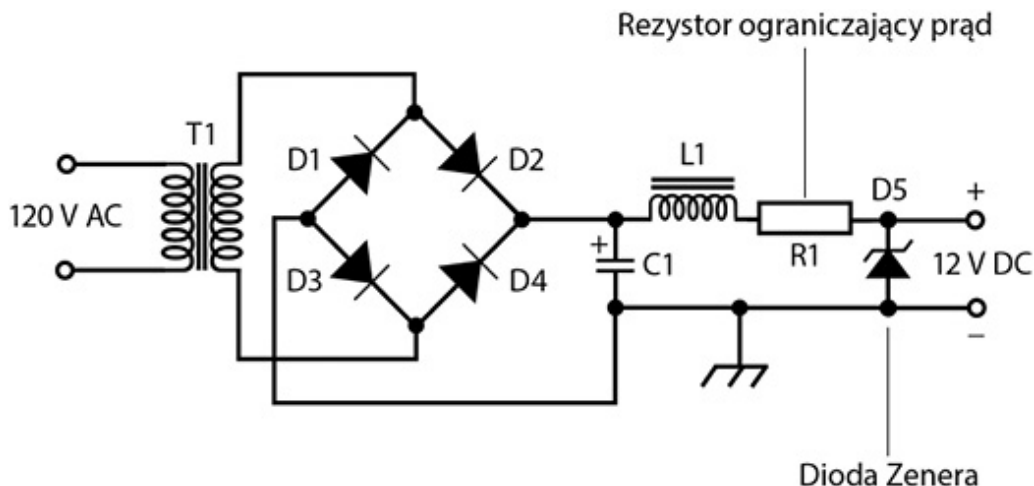
na pamięć! Litery umieszczane w etykietach podzespołów pochodzą zwykle od pierwszych liter nazw komponentów w języku angielskim, jednakże reguła ta częściowo dotyczy również języka polskiego: literą R oznaczamy rezystor, M ³/₄ miernik, T ³/₄ transformator, D ³/₄ diodę. Pamiętaj, że tego samego oznaczenia nie można stosować do dwóch różnych typów komponentów! Korzystaj z tabeli 4.1 podczas analizy i tworzenia schematów ideowych. Z czasem nauczysz się przedstawionych etykiet na pamięć.

Tabela 4.1. Skróty stosowane w etykietach symboli na schematach ideowych

Skrót	Nazwa komponentu
ANT	antena
B	bateria, ogniwo
C	kondensator
CB	płytki obwodu
D	dioda
EP	słuchawka
F	bezpiecznik
GND	uziemienie
I	żarówka
IC	układ scalony
J	gniazdo lub listwa zaciskowa
K	przełącznik
L	cewka
LED	dioda LED
M	miernik
NE	neonówka
P	wtyczka

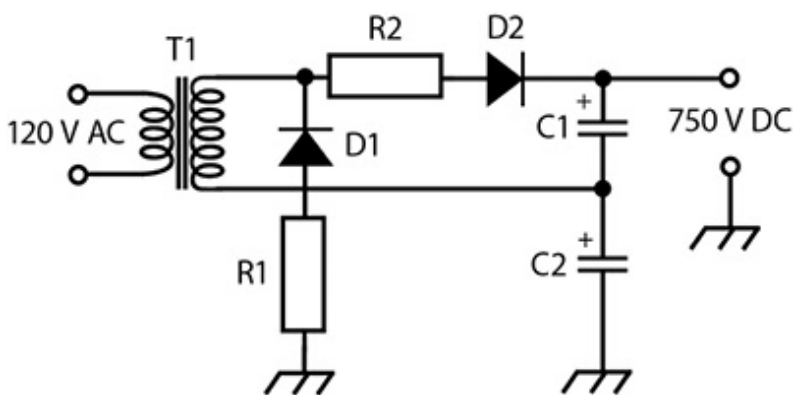
PC	komórka fotoelektryczna
PH	słuchawka
Q	tranzystor
R	rezystor
RFC	dławik przystosowany do pracy z sygnałem o częstotliwości pasma radiowego
RY	przekaźnik
S	włącznik lub klucz telegraficzny
SCR	krzemowy prostownik sterowany
SPK, SPKR	głośnik
SR	prostownik krzemowy
T	transformator
TP	zacisk lub punkt pomiarowy
U	układ scalony
V	lampa próżniowa
Y	kryształ kwarcu
Z	obwód prefabrykowany

Układ przedstawiony na rysunku 4.13 posiada pełnokresowy mostek prostowniczy, a także ulepszony filtr tętnień (omawiany wcześniej układ zawierał tylko pojedynczy kondensator). Cewka L1 pełni funkcję filtrującego dławika, który wraz z kondensatorem C1 w doskonały sposób wygładza napięcie. Teraz będzie ono przypominać stałe napięcie generowane przez akumulator 12 V (będzie pozbawione tętnień).



Rysunek 4.13. Schemat zasilacza, w którym zastosowano pełnokresowy mostek prostowniczy (cztery diody prostownicze) oraz diodę Zenera pełniącą funkcję regulatora napięcia

Na rysunku 4.14 przedstawiono **podwajacz napięcia**. Kondensatory C1 i C2 ładowane są przez prąd wychodzący z uzwojenia wtórnego, który wcześniej przepłynął przez diody D1 i D2. Kondensatory połączono szeregowo, a więc podobnie jak w przypadku połączenia szeregowego ogniw napięcie ulega podwojeniu. Niestety kryje się tutaj pewien haczyk! Podwajacz napięcia działa prawidłowo tylko przy małych prądach. Próba pobrania prądu o zbyt dużym natężeniu spowoduje „rozładowanie” kondensatorów, wskutek czego napięcie zmaleje.



Rysunek 4.14. Zasilacz będący podwajaczem napięcia

Na rysunkach 4.13 i 4.14 litery oznaczają typ komponentów. Kolejne komponenty tych samych typów są oznaczane kolejnymi numerami. Na rysunku 4.13 znajdują się diody oznaczone etykietami od D1 do D5 — układ zawiera pięć diod. Dioda Zenera znajdująca się po prawej stronie rezystora R1 została oznaczona literą D tak jak diody prostownicze, jednakże oznaczono ją innym symbolem — symbolem diody Zenera, który zawiera linię krzywą. Wszystkie pozostałe typy komponentów występują pojedynczo. Na rysunku 4.14 możesz znaleźć dwie diody, dwa kondensatory i dwa rezystory, a więc przy literach D, C i R umieszczono cyfry z zakresu od 1 do 2. W obwodzie znajduje się tylko jeden transformator, więc obok litery T umieszczono cyfrę 1.

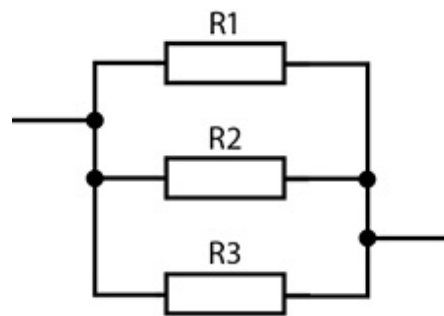
Wskazówka

Jeżeli w obwodzie występuje kilka komponentów tego samego typu, muszą one być oznaczone kolejnymi numerami, nawet jeśli są identyczne (np. wszystkie rezystory charakteryzują się oporem $820\ \Omega$ lub wszystkie kondensatory mają pojemności $50\ \mu\text{F}$).

Schemat nie zdradza wszystkich szczegółów dotyczących fizycznej budowy układu. Do schematu możesz dołączyć dodatkowe fotografie lub rysunki takich miejsc. Schematy służą po prostu do opisu budowy obwodu! Schemat pozwala inżynierowi lub technikowi na prawidłowe połączenie elektryczne komponentów, a także na identyfikację podzespołów podczas testowania, regulacji, naprawy lub wykrywania i usuwania usterek. Jeżeli zagadnienie to wydaje Ci się zbyt abstrakcyjne, to przeanalizuj następujący przykład. Pamiętaj, które linie na schemacie symbolizowały przewody? Tak naprawdę nie muszą one oznaczać kabla będącego drutem w izolacji. W roli przewodu może być zastosowana nóżka komponentu lub **ścieżka** biegnąca na

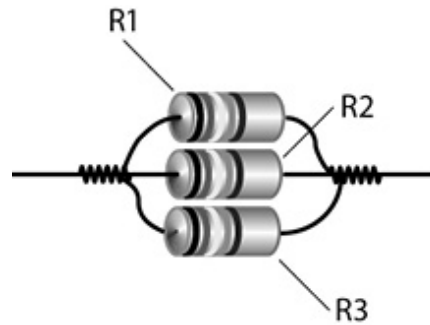
płytkie drukowanej układu (współczesny odpowiednik drutu łączyeniowego). To, czy dane elementy trzeba będzie łączyć za pomocą kabli, zależy tylko i wyłącznie od tego, w jakiej faktycznej odległości od siebie znajdują się one w budowanym urządzeniu.

Przyjrzyj się prostemu schematowi znajdującemu się na rysunku 4.15. Obwód składa się z trzech rezystorów połączonych ze sobą równolegle.



Rysunek 4.15. Prosty obwód składający się z trzech rezystorów połączonych równolegle

Na schemacie widzimy, że lewa strona rezystora R1 jest połączona z lewą stroną opornika R2. Kolejny przewód łączy lewą stronę rezystora R2 z lewą stroną rezystora R3. Prawe strony wymienionych komponentów są również połączone za pomocą dwóch przewodów. W praktyce połączenie to może być wykonane za pomocą przewodów podłączonych do nóżek rezystorów, jednakże gdy rezystory są wystarczająco blisko siebie, to można je połączyć ze sobą bezpośrednio za pomocą ich nóżek. W ten sposób układ przedstawiony na schemacie znajdującym się na rysunku 4.15 zostanie fizycznie wykonany tak, jak pokazano na rysunku 4.16.



Rysunek 4.16. Rezystory połączone ze sobą za pomocą wyprowadzeń

Oczywiście dobrą praktyką inżynierską jest wykonywanie jak najbardziej zwartych (i niezawodnych) obwodów z zastosowaniem jak najmniejszej ilości dwupunktowych połączeń kablowych. Jeżeli istnieje taka możliwość, to wyprowadzenia komponentów należy stosować w roli elementów połączeniowych. Wracając do omówionego wcześniej przykładu: gdyby te trzy rezystory leżały w różnych częściach obwodu i znajdowały się w pewnej odległości od siebie, oczywiście wtedy należałoby połączyć je za pomocą przewodów. Projektując fizyczny kształt obwodu, staraj się minimalizować łączną długość kabli połączeniowych i ścieżek.

Wykrywanie i diagnozowanie usterek z użyciem schematu

Inżynierowie i technicy korzystają ze schematów podczas budowy urządzeń elektronicznych. Schematy przydają się również podczas diagnozowania usterek sprzętu. Jednakże do tego nie wystarczy sama wiedza o tym, jak należy czytać schematy. Musisz również znać role pełnione przez poszczególne komponenty, a także powinieneś orientować się w tym, jak różne obwody współpracują ze sobą. Niezależnie od tego jak biegły jesteś w wykrywaniu i diagnozowaniu usterek, Twoja praca może zamienić się w prawdziwy koszmar, jeżeli nie będziesz dysponować

dokładnym i wyraźnym schematem ideowym naprawianego urządzenia.

Pamiętaj!

Schematy ideowe wyjaśniają budowę obwodów. Przedstawiają one komponenty obwodu w logiczny i zrozumiały sposób. Nie powiedzą Ci one jednak zbyt dużo na temat ułożenia komponentów w fizycznie wykonanym obwodzie.

Bardzo rzadko zdarza się, aby układ zbudowany na podstawie schematu przypominał wyglądem ułożenie symboli na schemacie. Zbudowanie obwodu, w którym fizycznie elementy byłyby ułożone tak jak na schemacie ideowym, byłoby czymś bardzo niepraktycznym. Symbole podzespołów są rozmieszczone na większej płaszczyźnie po to, aby schemat był bardziej wyraźny. Schematy są dwuwymiarowe, a rzeczywiste podzespoły są elementami trójwymiarowymi. Wystarczy zajrzeć do środka jakiegoś bardziej złożonego urządzenia, takiego jak telewizor czy komputer, aby zrozumieć potrzebę korzystania ze schematów podczas diagnozowania sprzętu.

Posiadanie wiedzy na temat pracy różnych obwodów i podzespołów elektronicznych pozwala na określenie prawdopodobnego miejsca występowania usterki na podstawie lektury schematu (bez przeprowadzania jakichkolwiek testów). Następnie sprawdzając różne parametry obwodu w tych miejscach i porównując je z danymi umieszczonymi na schemacie, można dość szybko określić, co należy zrobić. Jeżeli ze schematu wynika, że dwa komponenty są ze sobą połączone bezpośrednio, a w wyniku sprawdzenia tego połączenia omomierzem może okazać się, że istnieje tam dość duża rezystancja, świadczy to np. o uszkodzeniu kabla połączeniowego lub przerwaniu połączenia lutowniczego. Jeżeli pomiędzy dwoma punktami obwodu (według schematu) znajduje się tylko kondensator, a

Twój omomierz pokazuje oporność na poziomie zera lub kilku omów, oznacza to, że kondensator jest zwarty i należy go wymienić.

Osoby zaczynające przygodę z naprawą sprzętu uważają, że profesjonalista jest w stanie wykryć komponent będący źródłem problemu natychmiast po zjrzeniu do schematu. Ten wyidealizowany obraz może sprawdzać się w przypadku prostych obwodów, jednakże namierzenie źródła usterki w bardziej złożonym urządzeniu jest czymś, co wymaga czasu. W wielu przypadkach schemat pozwala osobie posiadającej pewne doświadczenie na określenie prawdopodobnego źródła problemu. Jednakże dokładna diagnoza niemalże zawsze wymaga przeprowadzenia testów i pomiarów. Nieprawidłowe działanie urządzenia elektronicznego nie musi mieć jednego, łatwego do zidentyfikowania źródła. Czasami może istnieć wiele prawdopodobnych źródeł danego problemu i serwisant musi dojść do tego właściwego źródła na drodze eliminacji.

Założmy, że obwód nie działa i w punktach pomiarowych (oznaczonych na schemacie) nie można dokonać żadnych pomiarów napięć. Istnieje prawdopodobieństwo, że przez obwód nie płynie żaden prąd. Wiedza ta nie pozwoli Ci na precyzyjne określenie powodu zaistniałej sytuacji. Czy uszkodzeniu uległ jeden z elementów zasilacza? Czy wtyczka kabla zasilającego została przypadkowo wyciągnięta z gniazdka? Czy uszkodzeniu uległ przewód łączący zasilacz z niedziałającym urządzeniem? Czy przepalił się bezpiecznik?

W takim przypadku, wykonując procedurę testowania, z całą pewnością będziesz chciał zajrzeć do schematu ideowego. Pozwoli Ci to na znalezienie punktu będącego wyjściem układu zasilacza. Jeżeli sprawdzisz napięcie w tym punkcie i będzie ono w normie, to możesz założyć, że problem leży w dalszej części obwodu. Schemat ideowy i dane wskazywane przez miernik pozwolą Ci na metodologiczne poszukiwanie źródła problemu — pracę można zacząć od miejsca obwodu,

które działa poprawnie, i powoli sprawdzać kolejne elementy obwodu $\frac{3}{4}$ aż do znalezienia anomalii.

Kontynuując pracę nad przywołanym wcześniej przykładem — jeżeli zasilacz nie dostarcza prądu (napięcie wynosi zero), to musisz sprawdzić obwody znajdujące się przed badanym punktem. Testowanie należy kontynuować aż do znalezienia normalnie funkcjonującego miejsca i to miejsce posłuży za punkt wyjścia do dalszej pracy. Podczas testowania korzystaj ze schematu. Pozwoli Ci to określić dwa punkty, pomiędzy którymi z pewnością będzie znajdowało się źródło problemu (punkt znajdujący się jak najdalej od wyjścia, w którym występuje problem, i punkt znajdujący się jak najbliżej wejścia, gdzie wszystko funkcjonuje prawidłowo). Takie zawężenie pozwoli Ci na określenie konkretnego komponentu lub połączenia będącego źródłem problemu.

Wskazówka

Wszystkie wspomniane czynności mógłbyś wykonać bez pomocy schematu, jednakże zajęłyby Ci one więcej czasu. Ponadto zwiększyłoby się prawdopodobieństwo popełnienia przez Ciebie błędu. Im większe masz doświadczenie w zakresie naprawy sprzętu elektronicznego, tym bardziej przydatny będzie wydawał Ci się schemat.

Przyjrzyj się ponownie schematowi latarki znajdującemu się na rysunku 4.7. Nie podano tej informacji na schemacie, ale dwa ogniwa połączone szeregowo powinny dawać prąd stały o napięciu 3 V (typowe ogniwo daje napięcie 1,5 V, a napięcia w połączeniu szeregowym sumują się). Na niektórych schematach oznaczone są specjalne punkty służące do pomiarów (i testowania). Dodatkowo na schemacie możesz napotkać graniczne wartości wielkości mierzonych w tych punktach. Jednakże na tym prostym schemacie nie ma tego typu oznaczeń.

Wyobraź sobie, że latarka przestała działać, a Ty postanowiłeś sprawdzić obwód za pomocą **multimetru**, korzystając z pomocy rysunku 4.7. Najpierw możesz zmierzyć napięcia na zaciskach każdego z ogniw. Dodatnią sondę miernika należy przyłożyć do dodatniego bieguna ogniwa, a ujemną sondę do ujemnego bieguna. Miernik powinien wskazać napięcie 1,5 V pomiędzy zaciskami każdego z dwóch ogniw. Jeżeli napięcie na obu ogniwach wynosi zero, to oba ogniwa zostały rozładowane. Jeżeli w wyniku pomiarów okaże się, że jedno z ogniw charakteryzuje się napięciem znamionowym, a drugie napięciem bliskim zero, oznacza to, że teoretycznie powinieneś wymienić tylko jedno ogniwo — to, które zostało rozładowane. W praktyce warto byłoby wymienić wszystkie ogniwa, nawet jeżeli niektóre z nich nie są jeszcze do końca rozładowane. Jeżeli ogniwa są dobre, to możesz zmierzyć napięcie na zaciskach żarówki. Powinno ono wynosić 3 V po zwarceniu obwodu za pomocą włącznika. Jeżeli okaże się, że napięcie to rzeczywiście wynosi 3 V, to problem możesz zdiagnozować, patrząc na schemat. Żarówka musiała się wypalić! Schemat informuje nas o tym, że prąd musi przepływać przez żarówkę. Żarówka, aby świecić, musi przewodzić prąd. Jeżeli na zaciskach żarówki pojawia się napięcie, to prąd będzie przez nią płynąć, o ile nie pojawi się wewnątrz niej przerwa. Przepalenie się żarnika sprawia, że prąd nie może płynąć przez żarówkę, a ta nie będzie świecić. Tak naprawdę po przepaleniu się żarówki prąd nie będzie również płynąć przez pozostałe komponenty obwodu.

Teraz założmy, że w wyniku przeprowadzonych pomiarów okazało się, że ogniwa są dobre, ale na zaciskach żarówki nie pojawia się żadne napięcie. Oznacza to, że pomiędzy żarówką a ogniwami musi istnieć przerwa. W układzie mamy trzy przewody: przewód łączący ujemny biegun baterii z żarówką, przewód łączący dodatni biegun baterii z włącznikiem i przewód łączący włącznik z żarówką. Oczywiście któryś z tych przewodów został przerwany (lub

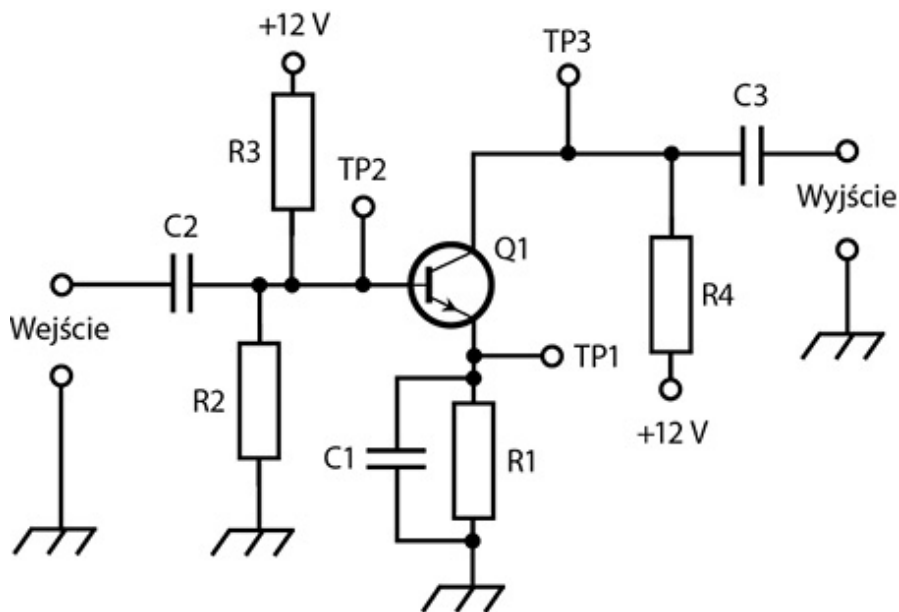
któraś z końcówek przewodów nie ma styku) albo włącznik latarki jest uszkodzony. Przyjrzyj się schematowi — włącznik możesz sprawdzić, dotykając ujemną probówką miernika do ujemnego bieguna baterii, a dodatnią probówką do wejścia włącznika. Jeżeli pomiędzy tymi punktami będzie istnieć normalna różnica potencjałów, będzie to oznaczało, że włącznik jest uszkodzony. Jeżeli woltomierz nie będzie pokazywał żadnego napięcia, to któryś z przewodów musi być przerwany lub któraś z końcówek poluzowana.

Powyższy scenariusz dotyczył bardzo prostego obwodu, a korzystanie ze schematu uprościło sprawę do granic możliwości! Wyobraź sobie jednak obwód latarki, który jest bardzo złożony, a dodatkowo nic nie wiesz o jego działaniu. W takim przypadku schemat ideowy staje się nieocenioną pomocą, która wraz z multimetrem pozwala na przeprowadzenie procedury testowania. Ta sama podstawowa procedura testowania będzie stosowana w kółko podczas testowania wysoce złożonych układów elektronicznych o podobnej naturze. Zwykle złożone obwody składają się z wielu prostszych obwodów. Diagnozowanie złożonego układu wymaga przeprowadzenia oddzielnej procedury testowania dla każdego obwodu składowego.

Bardziej złożony obwód

Na rysunku 4.17 znajduje się schemat ideowy nieco bardziej złożonego urządzenia, który ma za zadanie pomóc w wykryciu ewentualnej usterki. W obwodzie znajduje się jeden tranzystor bipolarny *npn* oraz kilka rezystorów i kondensatorów. Zauważ, że na schemacie znajdują się trzy **punkty pomiarowe** oznaczone etykietą TP. Punkt TP1 umieszczono przy emiterze, TP2 przy bazie, a TP3 przy kolektorze tranzystora. Jeżeli miałbyś usunąć usterki w tym obwodzie, który jest wzmacniaczem małej mocy (spotykanym w starszych odbiornikach radiowych i zestawach hi-fi), to

musiałbyś wpinać kolejno swój multimetr pomiędzy uziemienie podstawy montażowej a jeden z tych trzech punktów. Odczytałbyś zmierzone wartości, zapisał je i porównał z wartościami znamionowymi.



Rysunek 4.17. Schemat ideowy obwodu wzmacniacza zawierający etykiety komponentów i oznaczenia trzech punktów pomiarowych (TP)

Analizuj kierunek przepływu prądu

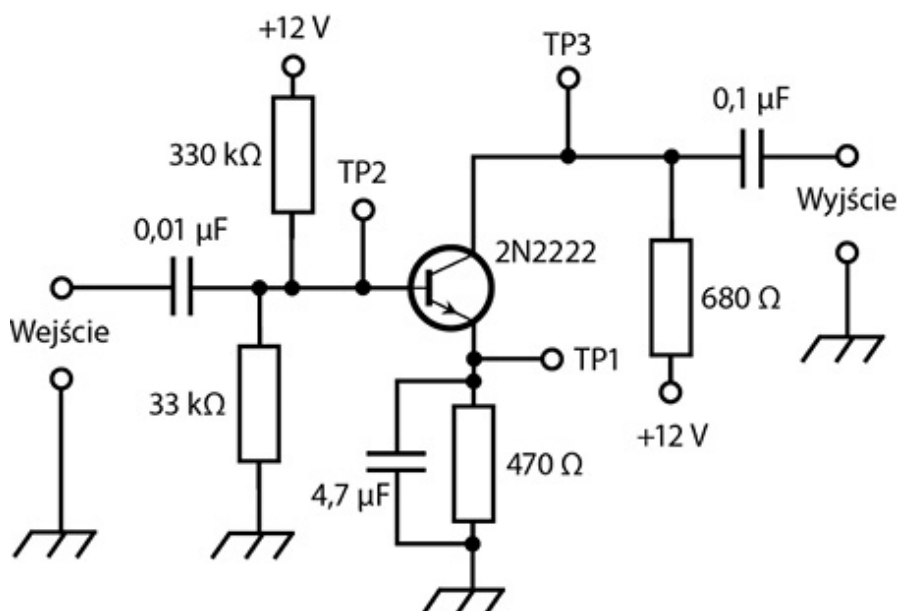
Do obwodu przedstawionego na rysunku 4.17 wpływa słaby sygnał (generowany np. na wyjściu przetwornika ultradźwiękowego), następnie jest on wzmacniany tak, aby mógłysterować urządzenie większej mocy (np. układ przełączający). Ogólnie sygnał przepływa ze strony lewej do prawej. Sygnał wejściowy podawany jest na zaciski wejściowe, przechodzi przez kondensator C2 i dochodzi do bazy (lewej elektrody) tranzystora Q1. Baza pełni rolę regulowanego „zaworu prądowego”, który powoduje duże wahania prądu przepływającego przez tranzystor Q1 pomiędzy masą (i pośrednio rezystorem R1) podłączoną do emitera (dolna elektroda) a kolektorem (górną elektrodą), do którego podłączone

jest za pośrednictwem rezystora R4 dodatnie napięcie zasilające. Kondensatory C2 i C3 pozwalają na przepływ sygnału (będącego prądem przemiennym), a jednocześnie blokują przepływ zasilającego prądu stałego — rozwiązanie to chroni zewnętrzne obwody. Kondensator C1 utrzymuje stałe napięcie prądu stałego na emiterze tranzystora, a jednocześnie pozwala na przepływ sygnału. Wartości oporu stawianego przez rezystory R2 i R3 muszą być dobrane tak, aby do bazy tranzystora Q1 dochodziło dokładnie określone napięcie zwane **biasem**. Pozwoli to na prawidłową pracę zastosowanego tranzystora.

W wielu układach elektronicznych faktyczne napięcie może się różnić od znamionowego o maksymalnie 20%. Ta informacja jest ważna — dopuszczalne odchylenia znajdziesz pod schematem lub w dołączonej do niego instrukcji. Jeżeli mierzone wartości znajdują się w tym przedziale (zwanym **tolerancją komponentu**), to możesz na razie założyć, że ta część obwodu funkcjonuje prawidłowo. Jednakże jeżeli w wyniku pomiarów uzyskasz wartości równe zero lub znacznie odbiegające od zakresu tolerancji, będzie to wystarczającym powodem, aby podejrzewać daną część obwodu o zakłócanie pracy urządzenia. Problem mogą również powodować obwody zasilające to miejsce lub kierujące tam sygnał.

Większość schematów dołączonych do sprzętu elektronicznego, a zwłaszcza do zestawów przeznaczonych do samodzielnego montażu, zawiera informacje pomocne nie tylko podczas wykrywania i usuwania usterek. Dane te przydają się podczas wstępnego testowania i regulowania urządzenia, czyli czynności, które należy wykonać po fizycznym zmontowaniu układu. Taka dokumentacja może również zawierać diagramy przedstawiające ułożenie wszystkich elementów na płytce lub podstawie montażowej. Poza prześledzeniem obiegu prądu pozwala to na analizę tego, jak obwód jest wykonany w rzeczywistości.

Zgodnie z zasadami tworzenia schematów każdy komponent powinien zawierać unikatową alfanumeryczną etykietę (zobacz rysunek 4.17). Jednakże akceptuje się również pewne inne formy tworzenia etykiet. Na rysunku 4.18 przedstawiono ten sam obwód co na rysunku 4.17. Na schemacie tym wyeliminowano listę komponentów, które nie są identyfikowane symbolicznie po swoich etykietach. Na schemacie umieszczono tylko symbole oraz odpowiadające im wartości lub oznaczenia przemysłowe. Z tego schematu wiemy, że zastosowano tranzystor typu 2N2222, a rezystory charakteryzują się oporem $470\ \Omega$, $33\ \text{k}\Omega$ ($33\ 000\ \Omega$), $330\ \text{k}\Omega$ ($330\ 000\ \Omega$) i $680\ \Omega$. Kondensator wejściowy ma pojemność $0,01\ \mu\text{F}$ (mikrofarada), a kondensator wyjściowy — $0,1\ \mu\text{F}$. Kondensator emitera podłączony równoległe do rezystora $470\ \Omega$ charakteryzuje się pojemnością $4,7\ \mu\text{F}$.



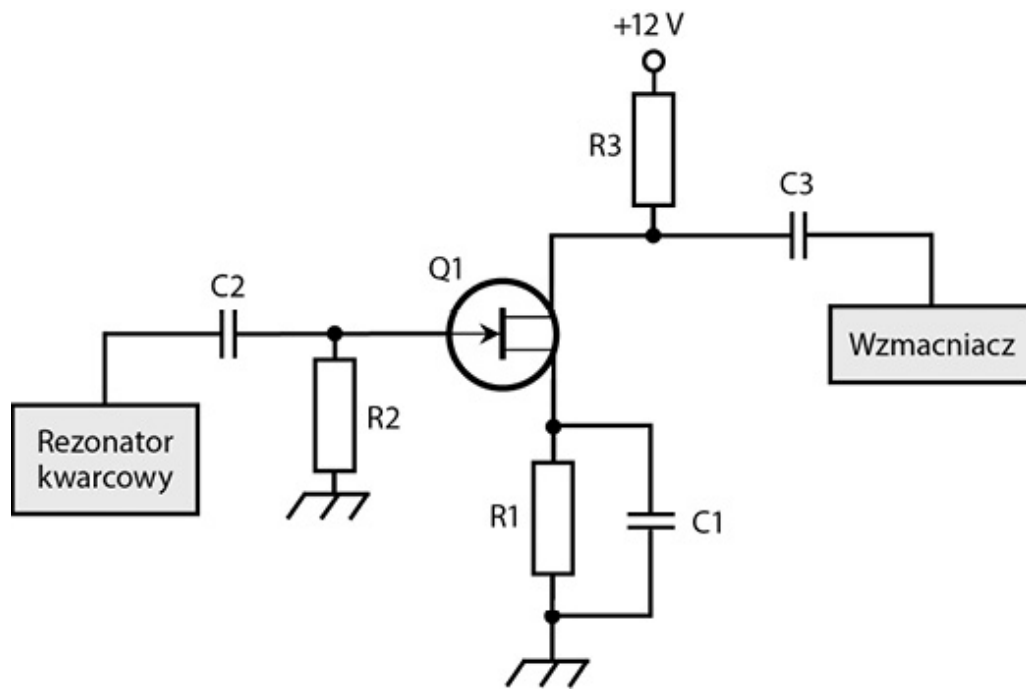
Rysunek 4.18. Schemat ideowy obwodu wzmacniacza z rysunku 4.17. Symbole opisano wartościami charakteryzującymi dane elementy. Pojemności wszystkich kondensatorów podano w mikrofaradach (μF). Opór stawiany przez rezystory podano w omach (Ω). Litera k symbolizuje tysiąckrotność

Wskazówka

W przypadku schematów takich jak ten przedstawiony na rysunku 4.18 zwykle spotkasz się z podanymi pod spodem informacjami dotyczącymi zastosowanych jednostek. Taki podpis schematu może brzmieć następująco: „Pojemności wszystkich kondensatorów podano w mikrofaradach (μF). Opór stawiany przez rezystory podano w omach (Ω), k = 1000, M = 1 000 000”.

Łączenie schematu ideowego i blokowego

Czasami możesz spotkać „hybrydy” będące połączeniem schematu ideowego i blokowego. Przykład takiego schematu znajduje się na rysunku 4.19. Nadaje się on dobrze do opisu obwodu i pokazania zależności pomiędzy nim a innymi obwodami znajdującymi się w danym systemie.

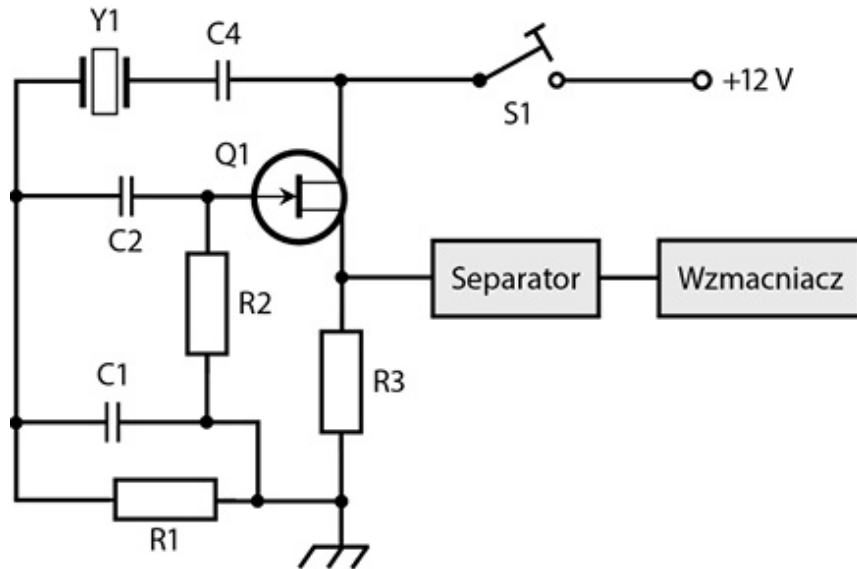


Rysunek 4.19. Kombinacja schematu ideowego i blokowego układu rezonatora, separatora i wzmacniacza — szczegółowo przedstawiono obwód separatora

Na rysunku 4.19 wyszczególniono separator — obwody tego typu występują w nadajnikach radiowych. Rezonator kwarcowy (poprzedzający separator) i wzmacniacz (znajdujący się za separatorem) są przedstawione jako bloki z umieszczoną wewnątrz etykietą.

Schemat taki może służyć dwóm celom. Po pierwsze: widzimy szczegóły budowy separatora. Po drugie: wiemy, jakie jest jego miejsce w całym urządzeniu — widzimy, z jakimi innymi obwodami jest on połączony. Ze schematu przedstawionego na rysunku 4.19 jasno wynika, że do separatora dochodzi sygnał z rezonatora kwarcowego, a sygnał wyjściowy kierowany jest do wzmacniacza. Resztę urządzenia (jak mogłeś się już zorientować — prostego nadajnika radiowego) można również przedstawić za pomocą schematów będących „hybrydami” schematu ideowego i blokowego.

Na rysunku 4.20 pokazano „hybrydę” schematu ideowego i blokowego, która przedstawia szczegóły budowy rezonatora, a separator i wzmacniacz są przedstawione symbolicznie za pomocą bloków. Z rysunku tego wynika, że wyjście rezonatora jest podłączone do separatora, który z kolei jest połączony ze wzmacniaczem. Jediną nową rzeczą przedstawioną na tym rysunku jest szczegółowa budowa rezonatora. Jeżeli przyjrzesz się rysunkom 4.19 i 4.20, to możesz wyobrazić sobie schemat, który przedstawia szczegółową budowę całego urządzenia aż do momentu, w którym sygnał jest kierowany do wzmacniacza. Przyglądając się budowie rezonatora (rysunek 4.20), możesz dojść do wniosku, że został on zaprojektowany do nadawania alfabetu Morse’a — obwód zawiera klucz telegraficzny.



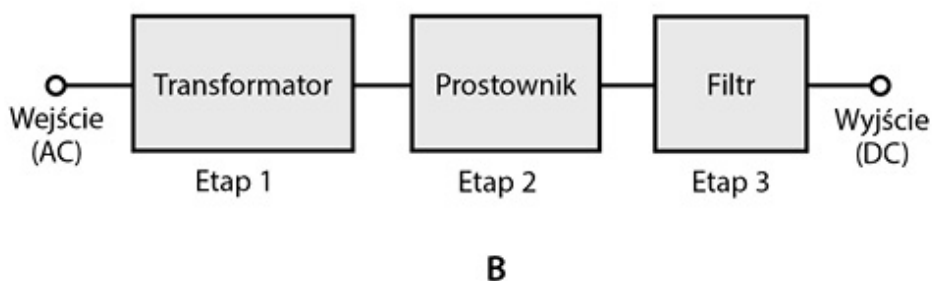
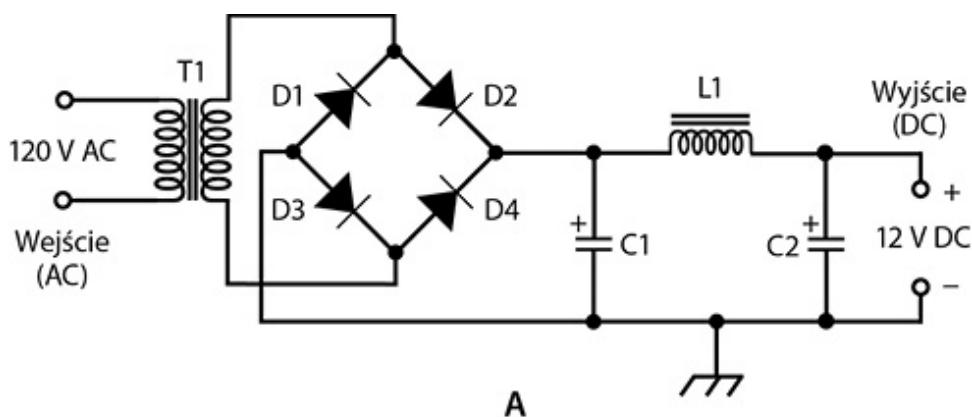
Rysunek 4.20. Kombinacja schematu ideowego i blokowego urządzenia przedstawionego wcześniej na rysunku 4.19; tym razem pokazano szczegółowy schemat ideowy modułu rezonatora

Pamiętasz schemat blokowy zasilacza przetwarzającego prąd przemienny na prąd stały, który przedstawiono na rysunku 2.1? Na rysunku 4.21 pokazano schemat ideowy tego urządzenia. Ponadto abyś nie tracił czasu na szukanie rysunku 2.1, pod schematem ideowym umieszczono ponownie wspomniany schemat blokowy. Porównaj oba schematy. Schemat ideowy (A) zawiera wszystkie komponenty znajdujące się w obwodzie, a schemat blokowy (B) przedstawia ogólnie kolejne etapy, przez które przechodzi prąd w obwodzie urządzenia. Na rysunku 4.22 przedstawiono schemat, który dokładnie przekazuje informacje zawarte na dwóch schematach widocznych na rysunku 4.21.

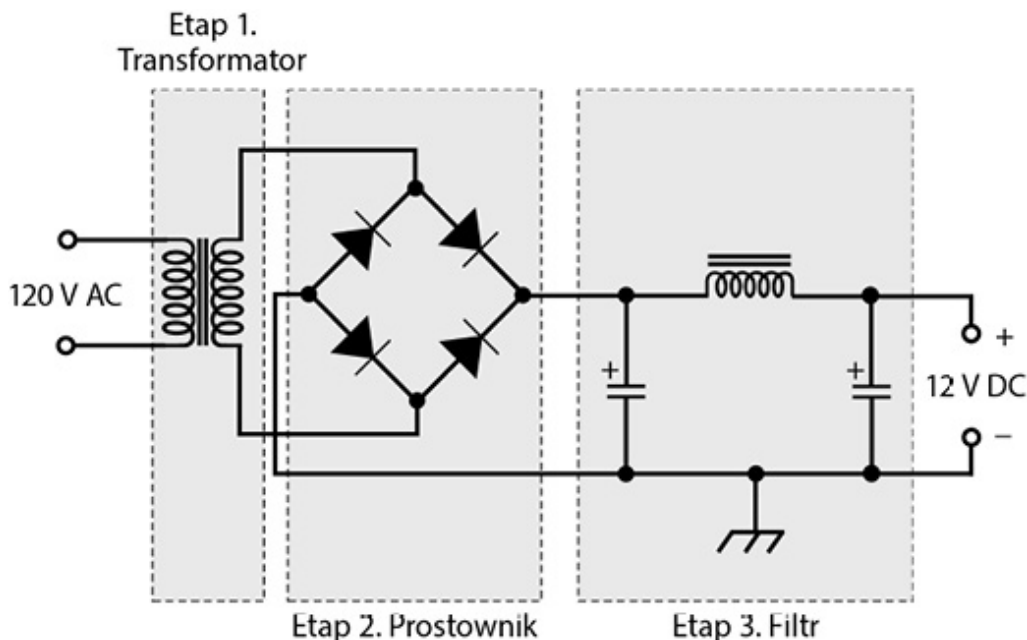
Analizuj kierunek przepływu prądu

Wyjaśnijmy w skrócie działanie urządzenia zamieniającego prąd przemienny na prąd stały, które często nazywane jest po prostu zasilaczem. Prąd wpływa do obwodu z lewej strony wszystkich schematów (rysunki 4.21 i 4.22). Prąd przemienny wpływa do

transformatora, który odpowiednio obniża jego napięcie. Cztery diody tworzące prostownik zamieniają prąd przemienny na pulsujący prąd stały. Mamy tutaj do czynienia z prostownikiem pełnookresowym. Ostatni etap — filtr tętnień — niweluje pulsacje napięcia. „Wygładzony” i „czysty” prąd stały jest kierowany do zacisków wyjściowych znajdujących się po prawej stronie. Na zaciskach pojawia się napięcie takie samo jak na biegunach baterii charakteryzującej się napięciem 12 V.



Rysunek 4.21. Schemat ideowy zasilacza (A) oraz schemat blokowy tego samego obwodu (B)



Rysunek 4.22. Zależności pomiędzy schematem blokowym (rysunek 2.1) a schematem ideowym (rysunek 4.21); dla uproszczenia schematu pominięto etykiety komponentów

Podsumowanie

W tym rozdziale omówiono kilka prostych obwodów elektronicznych. Dowiedziałeś się, jak należy czytać schematy, aby uzyskać informacje na temat budowy układu, oraz jak należy rysować schematy znanych Ci obwodów. Gdy zdobędziesz jeszcze trochę doświadczenia, będziesz w stanie z łatwością wyobrazić sobie wygląd gotowego prostego układu, mając przed sobą tylko jego schemat ideowy. Być może będziesz nawet w stanie wyobrazić sobie ułożenie komponentów na płytce (pomimo że ani schemat ideowy, ani schemat blokowy nie dostarczają takich informacji).

Wiesz o tym, że droga, po której jedziesz swoim samochodem, nie wygląda dokładnie tak jak linia symbolizująca ją na mapie. Możesz sobie wyobrazić wygląd drogi lokalnej lub autostrady, widząc ich symbole na mapie, chociaż tak naprawdę nic nie dostarczy Ci takich informacji

o drodze jak przejechanie jej w obu kierunkach. Analogiczne rzeczy można powiedzieć o schematach obwodów. Widząc wiele symboli na schemacie ideowym obwodu, jesteś w stanie wyobrazić sobie sposób, w jaki są połączone, a być może nawet dostrzec pewne elementy związane z fizyczną budową obwodu, jednakże najwięcej informacji na temat budowy obwodu dostarczy Ci przyglądanie się gotowemu urządzeniu elektronicznemu. Symbole stosowane na schematach powoli staną się dla Ciebie nowym językiem, którym zaczniesz się posługiwać tak jak muzyk nutami, radiotelegrafista alfabetem Morse'a, a matematyk równaniami.

Rozdział 5. Obwody złożone

Złożoność schematów może zniechęcić Cię do nauki ich czytania i rysowania. Możesz sobie pomyśleć, że każdy może nauczyć się czytać schematy prostych obwodów — takich, które zawierają jeden lub dwa tranzystory, kilka kondensatorów i kilka rezystorów, ale rozszyfrowanie bardziej rozbudowanych obwodów wymaga dziesięcioleci praktyki. To nieprawda! Musisz włożyć pewien wysiłek w proces nauki, jednakże zawsze możesz rozbić duży, skomplikowany schemat na mniejsze i prostsze obwody.

Identyfikacja bloków składowych

Obwody, których schematy na pierwszy rzut oka wyglądają przytłaczająco, składają się z wielu bloków składowych połączonych ze sobą w odpowiedniej, logicznej kolejności. Zawsze możesz korzystać z tej zasady! Każdy blok składowy to tak naprawdę prosty obwód. Urządzenie składające się z 6 diod, 10 cewek, 15 tranzystorów i kilkudziesięciu rezystorów i kondensatorów może być podzielone na 15 prostych obwodów zawierających jeden tranzystor, kilka rezystorów i kondensatorów, diodę i jedną lub dwie cewki. Analizowanie całego obwodu takiego urządzenia przypomina próbę przełknięcia na raz ogromnego hamburgera. Tak duży hamburger oraz tak skomplikowany obwód należy przyswajać w mniejszych kawałkach.

Wskazówka

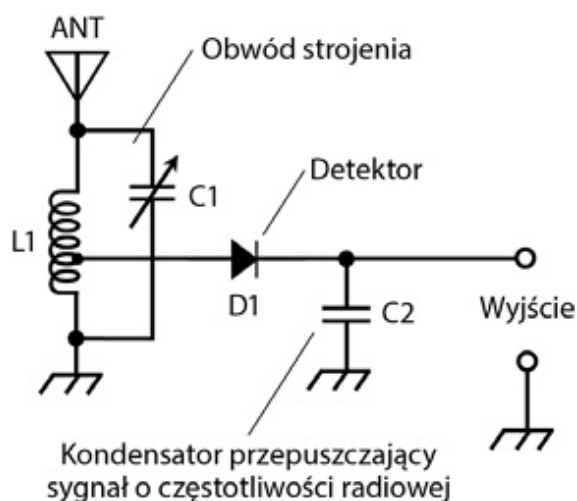
Dzisiaj złożone obwody są wykonywane na płytkach półprzewodników tworzących **układy scalone**, zwane

również **chipami**. Obudowy tych komponentów wyglądają jak bloki składowe! Patrząc na nowoczesną płytkę drukowaną obwodu, można odnieść wrażenie, że całe urządzenie zostało zaprojektowane i zbudowane na podstawie schematu blokowego, a nie ideowego! Gdybyś zobaczył schemat takiego obwodu, to składałby się on z prostokątów symbolizujących układy scalone oraz z wielu linii symbolizujących łączące je przewodniki. W rzeczywistości zwykle przewodnikami tymi są ścieżki wykonane na płycie drukowanej układu.

Na rysunku 5.1 przedstawiono kryształkowy odbiornik radiowy wyposażony w antenę, cewkę powietrzną zawierającą odczep, kondensator nastawny, diodę RF i kondensator o stałej pojemności. Termin „kryształkowy” wywodzi się z prototypu diody krystalicznej, która została wynaleziona w pierwszym dziesięcioleciu XX wieku. W celu uzyskania jednokierunkowej bramki prądowej pełniącej rolę **detektora** sygnału (**demodulatora**) osoby prowadzące eksperymenty nad łącznością radiową umieściły kawałek cienkiego drucika przypominającego swym wyglądem wąs kota na kryształce półprzewodnikowym zwanym **galeną**. Dzisiejsze diody półprzewodnikowe pomimo zupełnie innego wyglądu pełnią te same funkcje co te stare detektory kryształkowe.

Co prawda nie można nazwać obwodu przedstawionego na rysunku 5.1 mianem „skomplikowanego”, jednakże jego działanie jest dość złożone! Pomijając antenę (zewnątrzny komponent, który może mieć formę drutu biegnącego od Twojego okna do najbliższego drzewa) i słuchawkę charakteryzującą się dużą czułością, która po podłączeniu do zacisków wyjściowych pozwoli na (dość cichy) odsłuch odbieranych radiostacji, obwód składa się tylko z czterech komponentów: cewki, diody i dwóch kondensatorów.

Do wyjścia radia kryształkowego możesz podłączyć wzmacniacz — pozwoli to na podbicie sygnału do poziomu, przy którym odsłuch odbieranego sygnału w słuchawkach nagłośnionych staje się komfortowy. Nie bez powodu na rysunku 5.1 nie znalazł się symbol słuchawek. Wzmacniacz będzie stanowił dodatkowy obwód, który będzie wymagał zasilania prądem stałym (np. z baterii) — tylko w ten sposób można podbić sygnał wyjściowy do właściwego poziomu.



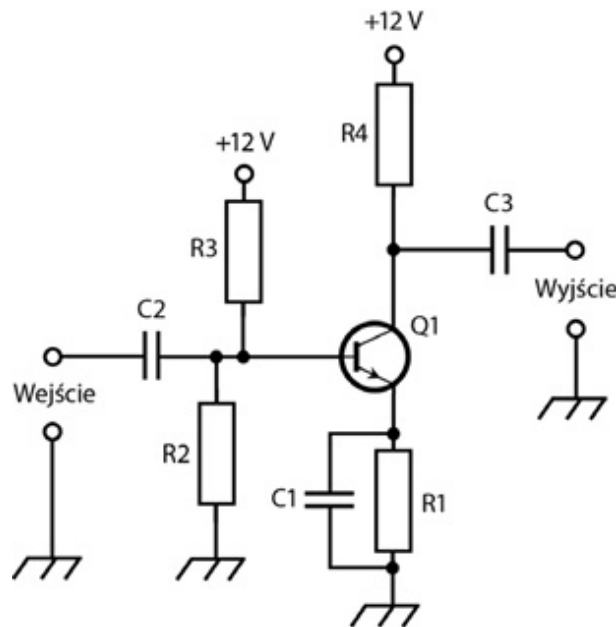
Rysunek 5.1. Schemat ideowy radia kryształkowego — obwodów strojenia i detektora (generowany sygnał audio jest bardzo słaby)

Analizuj kierunek przepływu prądu

W przedstawionym odbiorniku radiowym energia fali odbieranej przez antenę **rezonuje** w cewce L1 i kondensatorze C1. **Częstotliwość rezonansowa** zależy od rozmiaru cewki, a także pojemności kondensatora C1. Częstotliwość ta decyduje o tym, której stacji akurat słuchamy. Dioda D1 przetwarza sygnał — wytwarza pulsujący prąd stały, który zawiera zarówno częstotliwość nośną, jak i nadawany na niej sygnał audio. Kondensator C2 zwiera do masy część sygnału będącą falą nośną — na wyjście kierowany jest tylko sygnał audio. W celu uzyskania maksymalnego sygnału

należy metodą prób i błędów wyregulować odczep cewki.

Na rysunku 5.2 umieszczono kolejny dość prosty schemat ideowy — wzmacniacz audio, w którym zastosowano pojedynczy tranzystor bipolarny typu *npn*. Ponadto obwód ten składa się z czterech rezystorów, trzech kondensatorów, co daje nam w sumie osiem komponentów. Potrzebne jest również źródło prądu stałego — np. bateria zapewniająca prąd o napięciu 12 V. Obwód ten przyjmuje na wejściu relatywnie słaby sygnał audio (pochodzący np. z wyjścia radia kryształkowego), aby następnie zwiększyć jego siłę tak, by dźwięk słyszany w słuchawkach był głośny i wyraźny. Narysowanie schematu może zająć doświadczonemu inżynierowi od dwóch do trzech minut, a w przeciągu kilku kolejnych godzin będzie on w stanie zbudować obwód prototypowy i dokonać „optymalizacji” parametrów komponentów w celu uzyskania najwyższej wydajności urządzenia.



Rysunek 5.2. Przedwzmacniacz audio — obwód ten może być zastosowany do wzmocnienia sygnału pochodzącego z radia kryształkowego — pozwoli on na

wytworzenie sygnału, który będzie w stanieysterować słuchawki (ale nie głośnik)

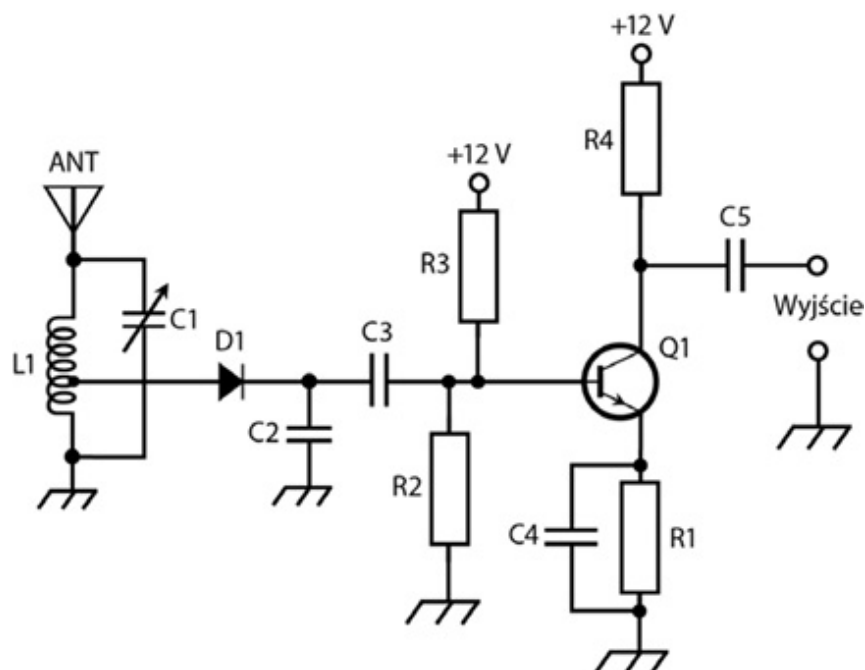
Układ przedstawiony na rysunku 5.2 nazywany jest **przedwzmacniaczem**, ponieważ wzmacnia on tylko nieznacznie moc sygnału. Gdybyś chciałysterować zestaw głośników tak, aby osoby znajdujące się w Twoim otoczeniu lub w sali lekcyjnej mogły usłyszeć dźwięk odbierany przez radio krysztalkowe, potrzebne byłoby jeszcze większe wzmocnienie sygnału. Dodatkowe podbicie sygnału może być zrealizowane przez **końcówkę mocy** — kolejny wzmacniacz podłączony do wyjścia przedwzmacniacza.

Analizuj kierunek przepływu prądu

W obwodzie przedstawionym na rysunku 5.2 sygnał audio przechodzi przez kondensator C2 i trafia do bazy tranzystora Q1. Kondensator C2 zastosowano po to, aby stały prąd zasilający nie wpływał na pracę opisanego wcześniej odbiornika radiowego. Małe zmiany prądu płynącego przez bazę tranzystora Q1 powodują duże zmiany prądu płynącego przez tranzystor. Wzmocniony sygnał audio płynie do zacisków wyjściowych za pośrednictwem kondensatora C3. Rezystory ograniczają prąd płynący przez tranzystor Q1. Wartości stawianego przez nie oporu muszą być dobrane na drodze eksperymentów, tak aby obwód działał jak najwydajniej. Kondensator C1 uziemia emiter i przechodzący przez niego sygnał audio — pozwala to na ujście części napięcia prądu stałego.

Na rysunku 5.3 przedstawiono schemat ideowy obwodu, który może się na pierwszy rzut oka wydawać bardziej skomplikowany od obwodów przedstawionych na rysunkach 5.1 lub 5.2. Ale czy naprawdę tak jest? Jeżeli przyjrzyś się przez chwilę rysunkowi 5.3, to odkryjesz, że przedstawiony na nim układ jest tak naprawdę radiem krysztalkowym i przedwzmacniaczem audio, a te obwody są już Ci znane.

Komponentom nadano nowe etykiety i numerację — elementy zostały ponumerowane, zaczynając od lewej strony schematu. Na schematach nie wolno nadawać dwóch takich samych etykiet. Na rysunku 5.3 obwód radia kryształkowego oraz przedwzmacniacza został połączony symbolicznie za pomocą cienkiej poziomej linii łączącej kropkę nad kondensatorem C2 i wyprowadzenie kondensatora C3 znajdujące się po jego lewej stronie.

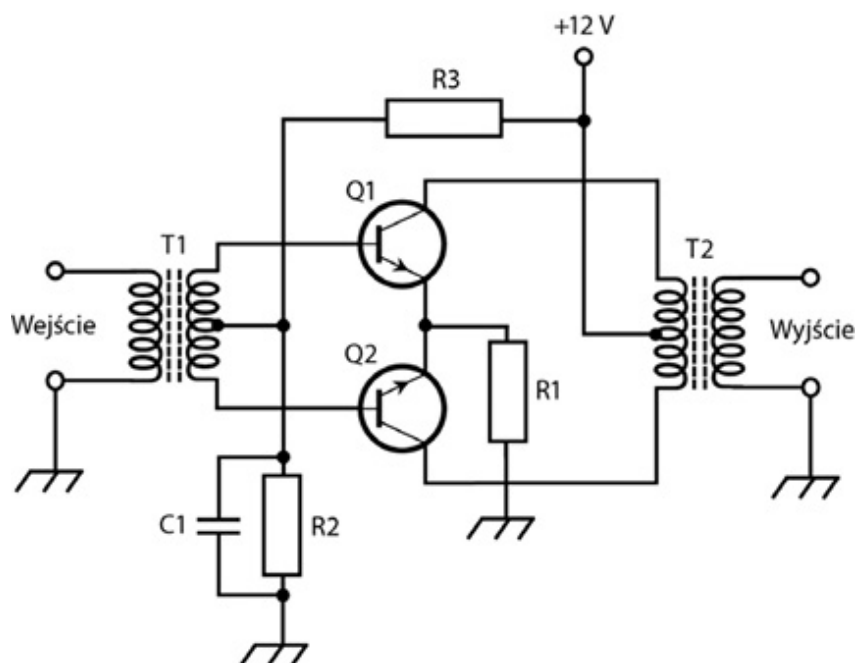


Rysunek 5.3. Połączone ze sobą obwody radia kryształkowego oraz przedwzmacniacza audio. Niektóre komponenty przedwzmacniacza zostały oznaczone nowymi etykietami (w stosunku do rysunku 5.2)

Teraz gdy możesz sobie wyobrazić schemat widoczny na rysunku 5.3 w postaci dwóch bloków składowych, to nie wydaje się on już tak skomplikowanym układem. Przepływ sygnału przez ten obwód możesz sobie wyobrazić, myśląc najpierw o przepływie sygnału przez radio kryształkowe, a następnie przez przedwzmacniacz audio. Tak naprawdę sygnał przepływa przez obwód tak szybko, że nie byłbyś w stanie nawet dostrzec tych impulsów. Czas potrzebny na przejście sygnału od anteny do wyjścia przedwzmacniacza to

niewielki ułamek sekundy. Prąd w przewodniku płynie z prędkością równą 10% prędkości światła w próżni — czyli 30 000 km na sekundę!

Obwód przedstawiony na rysunku 5.3 generuje niski sygnał wyjściowy, ale jest on i tak o wiele wyższy od sygnału generowanego przez samo radio kryształkowe nie wyposażone w żaden wzmacniacz — którego sygnał powstaje tylko z prądu zbieranego przez antenę! Jednakże sygnał generowany przez przedwzmacniacz, będący częścią obwodu znajdującego się na rysunku 5.4, jest zbyt słaby, abyysterować głośnik. Aby wzmocnić jeszcze bardziej ten sygnał, niezbędne będzie zastosowanie **końcówki mocy**. Na rysunku 5.4 znajduje się dwutranzystorowy układ tego typu. Jest to tak zwany **wzmacniacz przeciwsobny**. Jeden z tranzystorów wzmacnia dodatnią część amplitudy sygnału audio, a drugi wzmacnia ujemną część amplitudy tego sygnału. Można powiedzieć, że oba tranzystory wzmacniają przeciwne części amplitudy sygnału. Po nałożeniu na siebie sygnałów generowanych przez oba tranzystory powstanie wzmocniona wersja sygnału wejściowego.



Rysunek 5.4. Końcówka mocy wytwarzająca sygnał mogący z powodzeniemysterować zestaw głośnikowy

Obwód widoczny na rysunku 5.4 wzmacnia relatywnie niski sygnał generowany przez przedwzmacniacz audio. Sygnał generowany przez samo radio kryształkowe byłby zbyt słaby, aby właściwieysterować końcówkę mocy. Układ ten, zwany również **wzmacniaczem mocy**, akceptuje sygnał o pewnym poziomie i wzmacnia go o określoną wartość. Gdyby sygnał wejściowy był zbyt słaby, to wzmacniacz mocy nie byłby w stanie wygenerować sygnału wyjściowego. Urządzenie to wymaga do właściwej pracy sygnału wejściowego o odpowiedniej mocy. Ze zbyt słabego sygnału wejściowego nie powstałoby nic innego jak odrobina ciepła wypromieniowana przez komponenty tego układu. Układ przedstawiony na rysunku 5.3 (przedwzmacniacz audio) generuje sygnał o mocy wystarczającej doysterowania przeciwsobnego wzmacniacza mocy. Układ widoczny na rysunku 5.1 (samo radio kryształkowe) nie byłby w stanie dostarczyć wystarczająco silnego sygnału.

Analizuj kierunek przepływu prądu

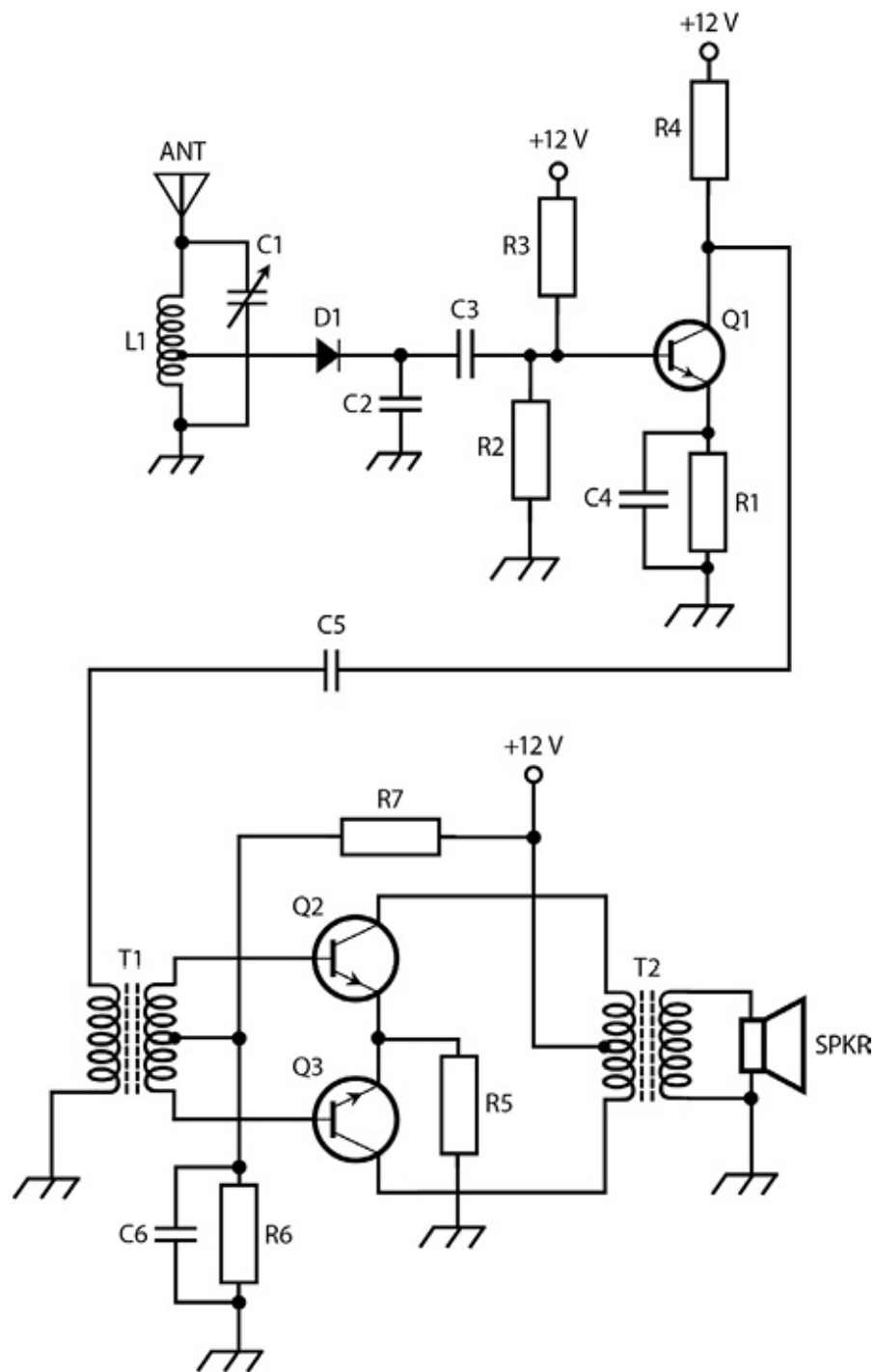
W obwodzie przedstawionym na rysunku 5.4 sygnał wejściowy przechodzi przez transformator T1 — płynie w jego uzwojeniu wtórnym. Szczegóły dalszego działania obwodu są raczej skomplikowane, wiążą się z okresem fali i charakterystykami tranzystora — rzeczami, które nie są przedmiotem rozważań tej książki. Generalnie tranzystor Q1 obsługuje jedną połowę cyklu sygnału audio, a tranzystor Q2 jego drugą połowę. Sygnał ten ma postać pulsacji powstających w uzwojeniu wtórnym transformatora T1. Transformator T2 łączy oba cykle i powstaje jednolita fala sygnału, który jest mocniejszy niż sygnał wchodzący to transformatora T1.

Gdybyś teraz połączył **kaskadowo** (jeden za drugim) obwody przedstawione na rysunkach 5.1, 5.2 i 5.4, to uzyskałbyś

dość głośny odbiornik radiowy AM (modulacji amplitudy)! Na rysunku 5.5 znajduje się schemat ideowy całego odbiornika radiowego wyposażonego w trzy tranzystory. Ponownie zmieniono względem poprzednich schematów etykiety pewnych komponentów, tak aby ich oznaczenia numeryczne wzrastały wraz z przebiegiem sygnału od anteny do głośnika.

A zatem tak to wygląda!

Jeżeli zobaczyłbyś schemat widoczny na rysunku 5.5 na początku tego rozdziału, to pewnie byś się zdenerwował, jednakże teraz już wiesz, jak zostały ze sobą połączone poszczególne bloki składowe tego obwodu, i wiesz, że nie musisz „dławić się, próbując zjeść całego hamburgera na raz”. Jest to dość proste, nieprawdaż?



Rysunek 5.5. Obwód kompletnego odbiornika radiowego; etykiety niektórych symboli znajdujących się w sekcji wzmacniacza mocy są inne niż na rysunku 5.4; na schemacie dodatkowo umieszczono symbol głośnika

Cały proces tworzenia wszystkich układów elektronicznych można podzielić na kilka etapów. Najpierw pojedyncze

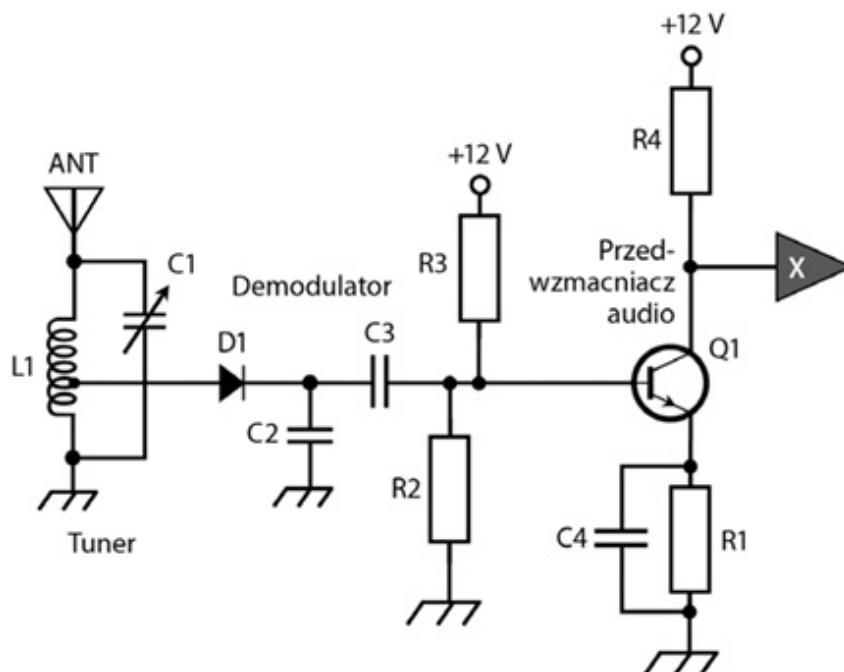
komponenty (rezystory, kondensatory, diody itp.) są ze sobą łączone tak, aby utworzyły proste obwody. Następnie proste obwody są ze sobą łączone w celu utworzenia bardziej złożonych obwodów. Na koniec złożone obwody są ze sobą łączone w celu utworzenia kompletnych urządzeń. Kilka różnych urządzeń może współtworzyć jakiś większy system. Dobrym przykładem takiego systemu jest amatorska radiostacja. Może ona się składać z **urządzenia nadawczo-odbiorczego, układu dopasowującego anteny,** komputera, **interfejsu** znajdującego się pomiędzy urządzeniem nadawczo-odbiorczym a komputerem, procesora dźwięku podłączonego pomiędzy mikrofonem a urządzeniem nadawczo-odbiorczym. Każde z tych urządzeń składa się z wielu skomplikowanych obwodów, które z kolei składają się z wielu prostych obwodów, a te składają się z komponentów takich jak rezystory, kondensatory, diody, tranzystory itp.

Podział na strony

Na rysunku 5.5 przedstawiono „dość skomplikowany” obwód, którego przedstawienie na schemacie wymaga narysowania go w „dwóch piętrach”. Demodulator i przedwzmacniacz umieszczono na górze, a wzmacniacz mocy umieszczono w dolnej części rysunku. Długa zakręcona linia, na której środku znajduje się kondensator C5, symbolizuje połączenie wyjścia przedwzmacniacza z wejściem wzmacniacza mocy. Technicznie rzecz biorąc, schemat ten jest poprawny, ale niektórzy wolą widzieć cały obwód w jednym poziomie. Aby przedstawić obwód widoczny na rysunku 5.5 na jednej płaszczyźnie, musielibyśmy go bardzo pomniejszyć lub narysować na boku, korzystając z powierzchni całej strony. Jest jeszcze jedna opcja. Możemy przedstawić schemat na rozkładówce — taki zabieg stosuje

się w gazetach, gdy chce się pokazać w dużej skali coś spektakularnego.

Istnieje jeszcze jeden sposób rozwiązania powyższego problemu. Możemy podzielić schemat na kilka stron. Taki zabieg co prawda nie jest konieczny w przypadku omawianego schematu radia, jednakże z pewnością przyda się przy schematach bardziej złożonych systemów, np. radiowych urządzeń nadawczo-odbiorczych, odbiorników telewizyjnych, systemów komputerowych. Inżynierowie często korzystają z tej techniki. Wspomniany wcześniej schemat prostego radioodbiornika przedstawiliśmy za jej pomocą na rysunkach 5.6a i 5.6b. Na rysunku 5.6a umieszczono schemat obwodu demodulatora i przedwzmacniacza audio. Na schemacie tym w miejscu wyjścia przedwzmacniacza wewnątrz trójkątnego symbolu strzałki zwróconej w prawo na zewnątrz strony umieszczono znak X. Na rysunku 5.6b umieszczono wzmacniacz mocy, który w obwodzie wejściowym zawiera znak X umieszczony wewnątrz trójkątnego symbolu strzałki zwróconej w lewo ku zewnętrznej krawędzi strony.



Rysunek 5.6a. Tuner, demodulator i przedwzmacniacz audio (obwody składowe odbiornika radiowego); strzałka w kształcie trójkąta z literą X symbolizuje odwołanie do ilustracji B znajdującej się na kolejnej stronie

Wskazówka

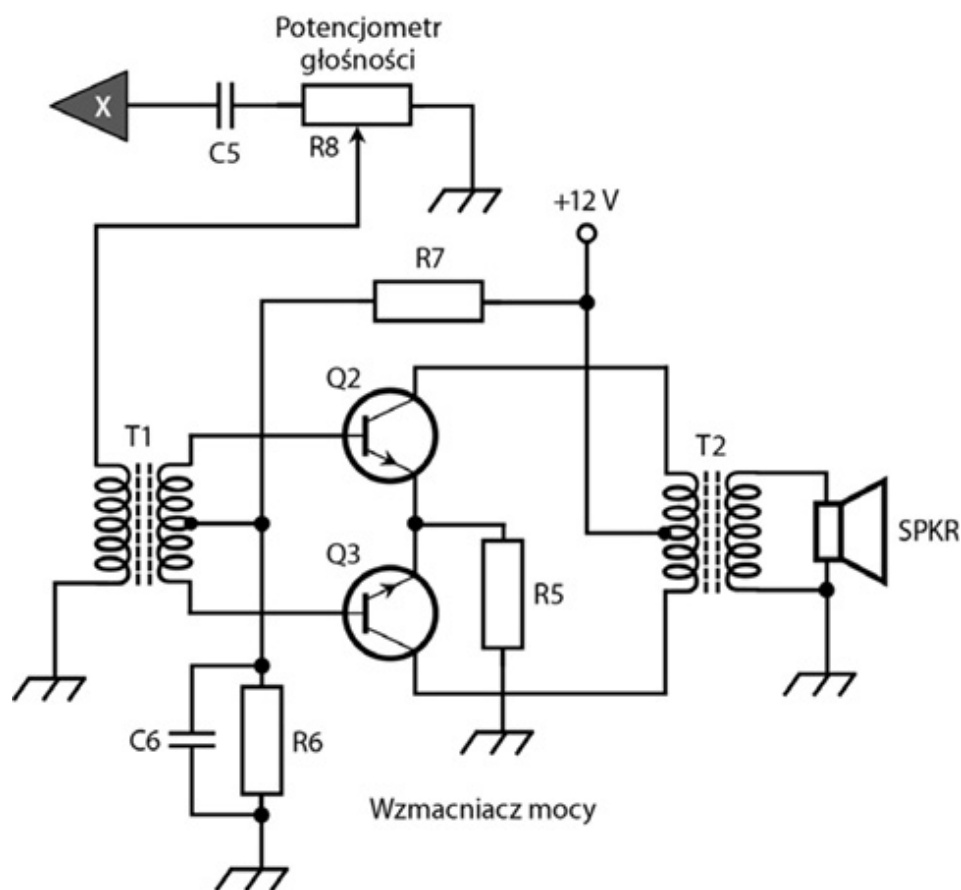
Na rysunkach 5.6a i 5.6b znajdują się strzałki w kształcie trójkąta z literą X — symbolizują one punkty układu, które są połączone ze sobą bezpośrednio. Umieszczono je w miejscu długiej linii z rysunku 5.5. W przypadku tego obwodu potrzebujemy tylko jednej pary strzałek. Jednakże niektóre obwody potrzebują dwóch lub więcej par takich oznaczeń. Wtedy można je opisać np. literami X, Y i Z. W takim przypadku miejsca oznaczone tymi samymi literami będą symbolizowały punkty obwodu, które są ze sobą połączone bezpośrednio.

Przeanalizujemy przepływ sygnału przez obwód widoczny na rysunku 5.6a. Fala radiowa powoduje przepływ prądu przez antenę oraz cewkę L1. Kondensator C1 wprawia **obwód**

rezonansowy LC (obwód składający się z cewki i kondensatora — litera L symbolizuje indukcyjność, a C pojemność) w rezonans, co pozwala na dostrojenie się do częstotliwości sygnału radiowego stacji, której chcemy słuchać. Dioda D1 odbiera sygnał radiowy, oddzielając od siebie falę radiową i falę dźwiękową. Kondensator C3 przekazuje sygnał audio do bazy tranzystora Q1. Kondensator kieruje część sygnału będącą falą radiową do uziemienia — dalsza część obwodu nie potrzebuje energii fali radiowej (jej obecność zakłócałaby wręcz pracę kolejnych obwodów). Tranzystor Q1 wzmacnia ekstremalnie słaby sygnał audio pojawiający się na bazie. Rezystory R1, R2, R3 i R4 zapewniają tranzystorowi optymalne napięcie prądu stałego (**bias**) — umożliwia to optymalne wzmocnienie sygnału. Emiter został uziemiony za pośrednictwem kondensatora C4, który uziemia sygnał audio i pozwala na ujęcie części prądu. Sygnał audio oraz trochę prądu zasilającego (+12 V) wychodzą z tej części schematu poprzez symbol strzałki oznaczonej literą X.

Teraz przyjrzyjmy się rysunkowi 5.6b i prześledźmy przepływ sygnału od momentu, w którym wpływa on do obwodu widocznego na rysunku 5.6b z obwodu widocznego na rysunku 5.6a. Energia sygnału dźwiękowego oraz część stałego prądu zasilającego pojawia się w punkcie oznaczonym strzałką z literą X. Kondensator C5 blokuje prąd stały, a fala sygnału audio przedostaje się do potencjometru R8, który służy do regulacji głośności. Pełne napięcie sygnału pojawia się na skrajnych zaciskach potencjometru R8. Suwakiem można wybrać dowolną wartość napięcia sygnału audio — od zera (potencjometr ustawiony w skrajnej prawej pozycji — od strony uziemienia) do pełnego napięcia sygnału (skrajne lewe położenie potencjometru — od strony kondensatora C5). Napięcie sygnału audio wchodzi do transformatora T1. Od tego momentu sygnał przebywa taką samą drogą, jak opisano to w ramce „Analizuj kierunek przepływu prądu” opisującej rysunek 5.4. Jediną różnicą są

etykiety komponentów. Kontynuowaliśmy numerację rozpoczętą na rysunku 5.6a. Do schematu dodaliśmy również głośnik (przy uzwojeniu wtórnym transformatora T2), a wcześniej znajdowały się tam po prostu zaciski wyjściowe wspomnianego transformatora.



Rysunek 5.6b. Kolejne elementy radioodbiornika: wzmacniacz mocy i głośnik; strzałka w kształcie trójkąta z literą X symbolizuje odwołanie do ilustracji A znajdującej się na poprzedniej stronie

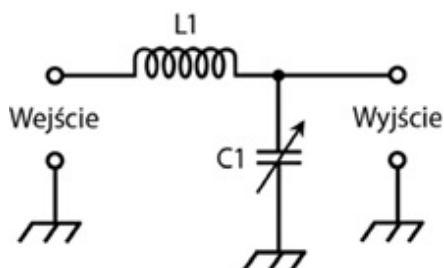
Wskazówka

Czy przyglądając się rysunkom 5.6a i 5.6b, zauważyłeś, że umieszczono na nich dodatkowe etykiety zawierające nazwy bloków funkcyjnych? Taki zabieg należy stosować (o ile masz na to wystarczająco miejsca na stronie), gdy masz do czynienia z obwodami

wielostopniowymi (omawiany obwód jest tego dobrym przykładem). Do rysunku 5.6a dodaliśmy etykiety „demodulator” i „przedwzmacniacz audio”, a na rysunku 5.6b znalazła się etykieta „wzmacniacz mocy”.

Kolejne obwody

Na rysunku 5.7 przedstawiono **układ dopasowania anteny**. Układ ten ma kształt litery L, a więc niektórzy nazywają go **mostkiem L** (obróć kartkę o 90 stopni w kierunku zgodnym z kierunkiem ruchu wskazówek zegara i przyjrzyj się schematowi w lustrze). Litera L nie ma tutaj nic wspólnego z indukcją.



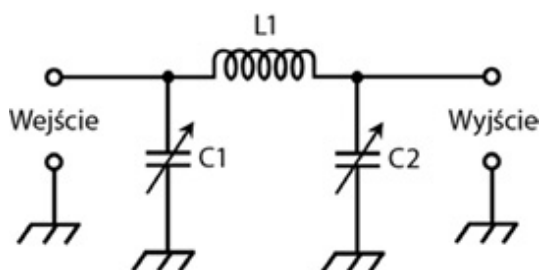
Rysunek 5.7. Mostek typu L składający się z cewki i kondensatora nastawnego

Wskazówka

Układy przedstawione na rysunkach 5.7, 5.8 i 5.9 mogłyby być bardziej wszechstronne, gdyby w miejscu cewek charakteryzujących się stałą wartością indukcji wstawiono cewki regulowane. **Cewki dostrojcze** są elementami często stosowanymi przez radioamatorów. Aby zobaczyć, jak wyglądają te komponenty, wpisz w wyszukiwarce grafiki angielskie hasło *roller inductor*. Powinieneś odnaleźć tym sposobem wiele zdjęć tych podzespołów pozwalających na precyzyjną regulację indukcji. Niektóre z nich posiadają wykalibrowane wałki,

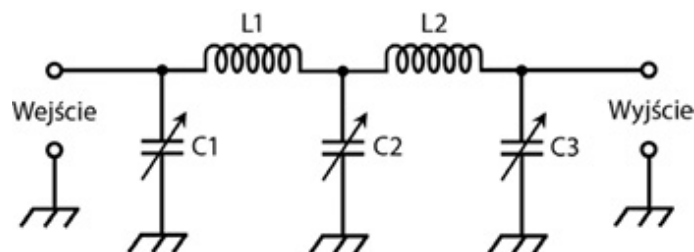
które umożliwiają łatwy powrót do dowolnego wcześniejszego ustawienia.

Na rysunku 5.8 przedstawiono inny układ dopasowania anteny, który składa się z obwodu przedstawionego na rysunku 5.7 oraz dodatkowego kondensatora znajdującego się w pobliżu wejścia. Inżynierowie czasem nazywają obwód tego typu mianem **mostka pi** — jego ułożenie na schemacie przypomina kształt wielkiej greckiej litery pi (Π). Mostki typu L i typu Π są często stosowane w obwodach dopasowania anteny używanych z nadajnikami radiowymi pracującymi z częstotliwościami poniżej 150 MHz.



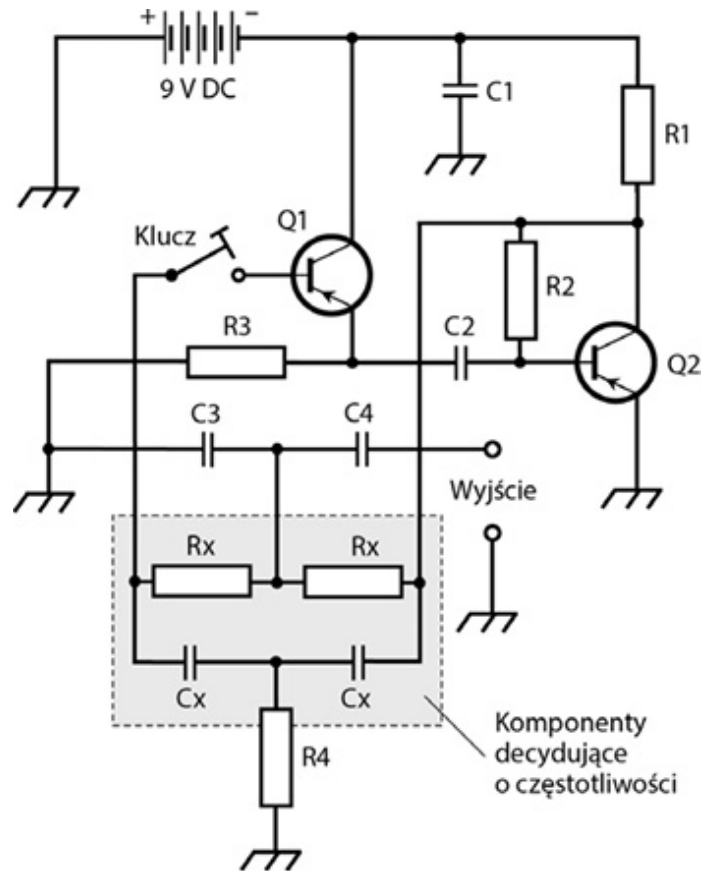
Rysunek 5.8. Mostek typu Π składający się z cewki i dwóch kondensatorów nastawnych

Na rysunku 5.9 przedstawiono obwód, który jest nieco bardziej złożony od obwodów widocznych na rysunkach 5.7 i 5.8, jednakże w praktyce jest on po prostu połączeniem dwóch opisanych wcześniej obwodów. Jeżeli do mostka P dołączymy mostek L, to otrzymamy tak zwany **mostek Π -L**. Taki układ jest lepszy od dwóch układów przedstawionych wcześniej — sprawia, że nadajnik radiowy może pracować z antenami, które bez takiego układu niezbyt dobrze radziłyby sobie z przekazywaniem mocy. Dodanie dwóch komponentów zmienia dużo w obwodzie!



Rysunek 5.9. Mostek Π -L składający się z dwóch cewek i trzech kondensatorów nastawnych

Nie wiem, czy pamiętasz jeszcze czasy, w których trzeba było opanować **alfabet Morse'a** (zwany również kodem Morse'a), żeby dostać licencję radioamatora, ale te czasy już, na szczęście, minęły. Jednakże niektórzy radioamatorzy wciąż lubią komunikować się za pomocą alfabetu Morse'a. W tym celu należy się go nauczyć. W praktyce będzie do tego również potrzebne urządzenie pozwalające nadawać sygnał Morse'a. Schemat takiego obwodu przedstawiono na rysunku 5.10. Jest to tak naprawdę generator drgań sygnału audio włączany i wyłączany za pomocą **prostego klucza Morse'a** lub **klucza telegraficznego**, który na schemacie został oznaczony etykietą „klucz”. Technicznie rzecz biorąc, klucz telegraficzny jest przełącznikiem typu SPST, możesz go oznaczyć etykietą S1.



Rysunek 5.10. Generator służący do ćwiczenia nadawania w alfabecie Morse'a; zastosowano w nim tranzystor bipolarny *pn*p; wartości charakteryzujące komponenty R_x i C_x decydują o częstotliwości pracy urządzenia

Przyglądając się rysunkowi 5.10, możesz się zastanawiać, dlaczego schemat generatora audio jest tak skomplikowany. Czy nie można zbudować po prostu wzmacniacza takiego jak omówiony wcześniej przedwzmacniacz czy wzmacniacz mocy i część jego sygnału wyjściowego skierować z powrotem na wejście? Tak naprawdę możesz to zrobić, ale jeżeli chcesz dysponować podczas ćwiczeń dźwiękiem o dobrej jakości, to o wiele lepszym rozwiązaniem jest zbudowanie przedstawionego generatora. Generator ten zawiera **mostek TT**, który składa się z rezystorów R_x i kondensatorów C_x . Mostek TT generuje dźwięk o częstotliwości, która wydaje się miłą dla ucha ludzkiego. Ponadto częstotliwość ta jest przewidywalna i stała (generator charakteryzuje się stałym **tonem**).

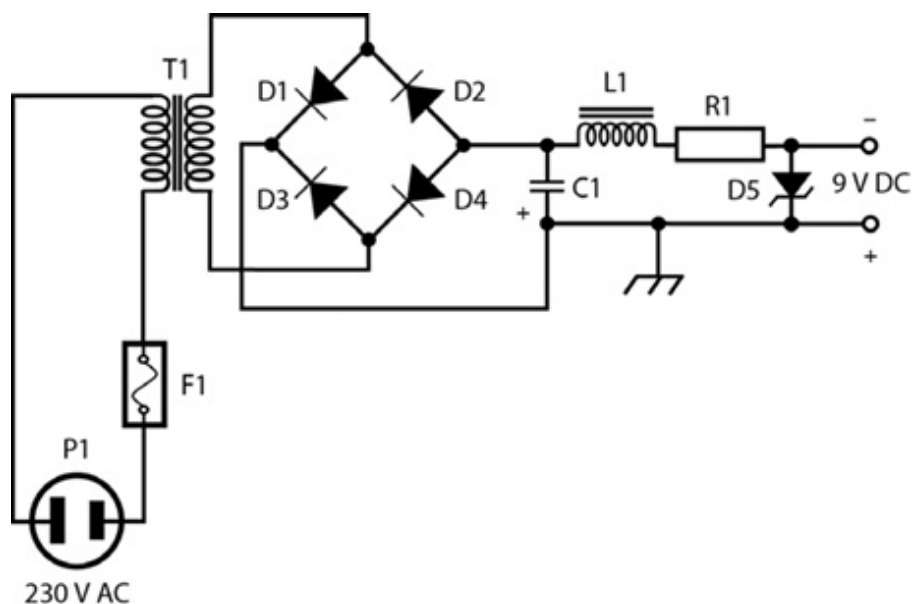
Analizuj kierunek przepływu prądu

Sygnał audio w obwodzie pokazanym na rysunku 5.10 krąży w kółko — w ten sposób dochodzi do modulacji. Możemy zacząć analizę obiegu sygnału od dowolnego punktu — w końcu i tak do niego wrócimy. Jeżeli zaczniemy od klucza, to sygnał następnie przechodzi do bazy tranzystora Q1, gdzie jest wzmacniany i dochodzi do **odwrócenia** jego **fazy** (fala sygnału jest odwracana). Sygnałem wyjściowym tranzystora Q1 jest sygnał wychodzący z jego emitera, a nie kolektora — wynika to z wyboru inżyniera, który obrał sobie za cel zaprojektowanie stabilnego i niezawodnego obwodu. Sygnał następnie przechodzi przez bazę tranzystora Q2, gdzie jest wzmacniany i ponownie odwracany, a więc z tranzystora Q2 otrzymujemy sygnał o **fazie zgodnej** z sygnałem wychodzącym z klucza. Sygnał wychodzi z tranzystora Q2 za pośrednictwem kolektora, a następnie przechodzi przez mostek TT składający się z rezystorów Rx i kondensatorów Cx — wartości znamionowe tych komponentów decydują o częstotliwości generowanego sygnału. Stąd sygnał wraca z powrotem do klucza i może ponownie obieć cały obwód! Sygnał wyjściowy urządzenia jest pobierany za pośrednictwem kondensatora C4 z punktu pomiędzy dwoma rezystorami Rx.

Obwód widoczny na rysunku 5.10 jest zasilany z baterii o napięciu 9 V. Zwróć uwagę na to, że zastosowano tranzystory typu *pnp*, a więc kolektor jest zasilany napięciem ujemnym, a dodatnie złącze baterii jest połączone bezpośrednio z masą. Czyli nasz obwód jest **odwrotnie spolaryzowany**. Możemy pokusić się o zbudowanie zasilacza wytwarzającego prąd stały o napięciu -9 V z przemiennego prądu sieciowego o częstotliwości 50 Hz i napięciu 230 V. Dzięki temu nie będziemy musieli zasilać obwodu z baterii. Jeżeli

postanowimy zaprojektować taki zasilacz, to musimy pamiętać o tym, że musi on dostarczać prąd o napięciu ujemnym względem masy.

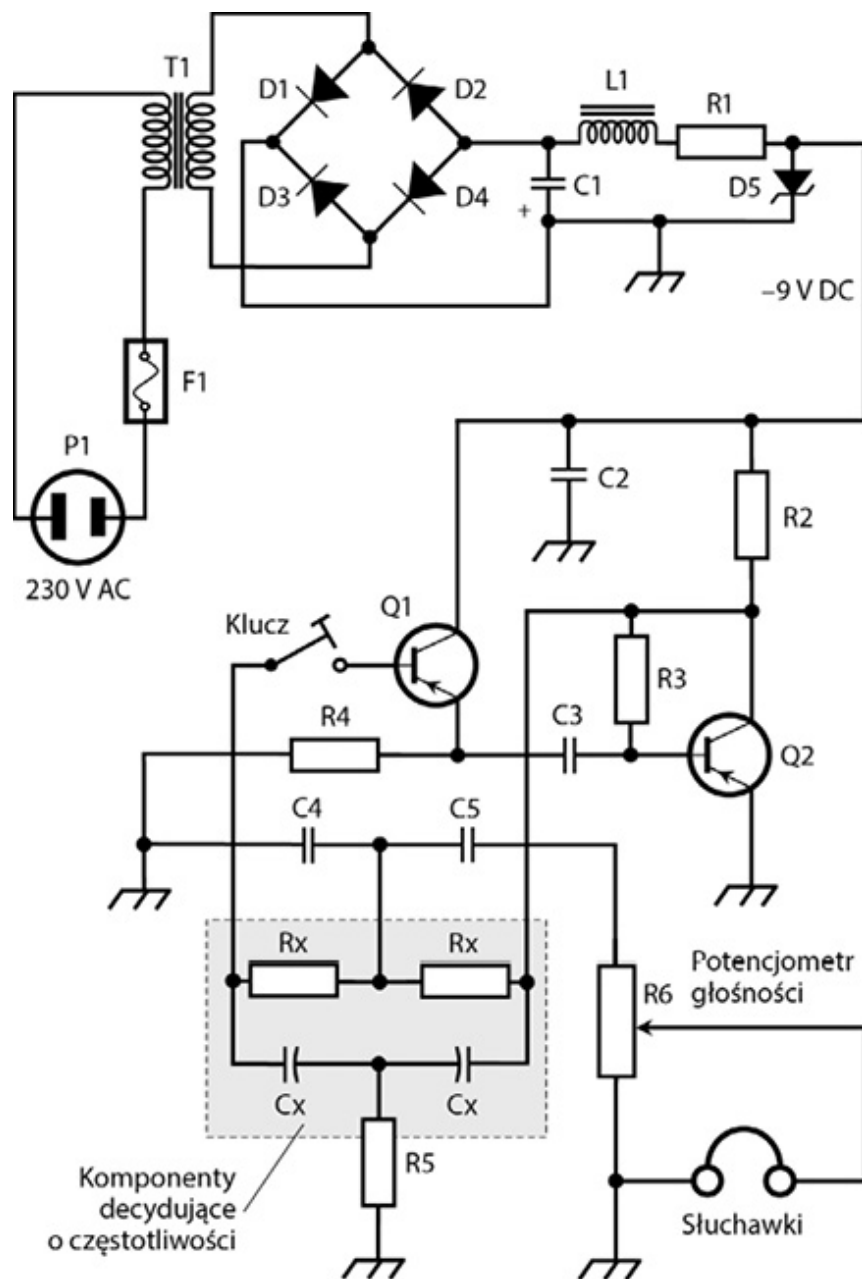
Na rysunku 5.11 znajduje się schemat zasilacza, który wytworzy prąd stały o napięciu -9 V . Jest to obwód podobny do tego, który został pokazany wcześniej w rozdziale 4., na rysunku 4.13. Ułożenie podzespołów jest niemalże takie samo — ale diody są zwrócone w przeciwnych kierunkach (w tym również dioda Zenera). Odwrócono również polaryzację kondensatora elektrolitycznego. Ponadto napięcie generowane przez zasilacz przedstawiony na rysunku 5.11 jest niższe od napięcia generowanego przez zasilacz przedstawiony na rysunku 4.13.



Rysunek 5.11. Regulowany zasilacz generujący prąd stały o napięciu -9 V — można go użyć do zasilania obwodu generatora służącego do ćwiczenia alfabetu Morse'a; zauważ, że w tym obwodzie odwrócono polaryzację — możemy go zastosować do zasilania obwodów wyposażonych w tranzystory *pnp*

Na rysunku 5.12 przedstawiono cały system generatora służącego do ćwiczenia alfabetu Morse'a, który może być zasilany bezpośrednio z gniazdka sieciowego. Obwód ten składa się z zasilacza przedstawionego na rysunku 5.11 oraz

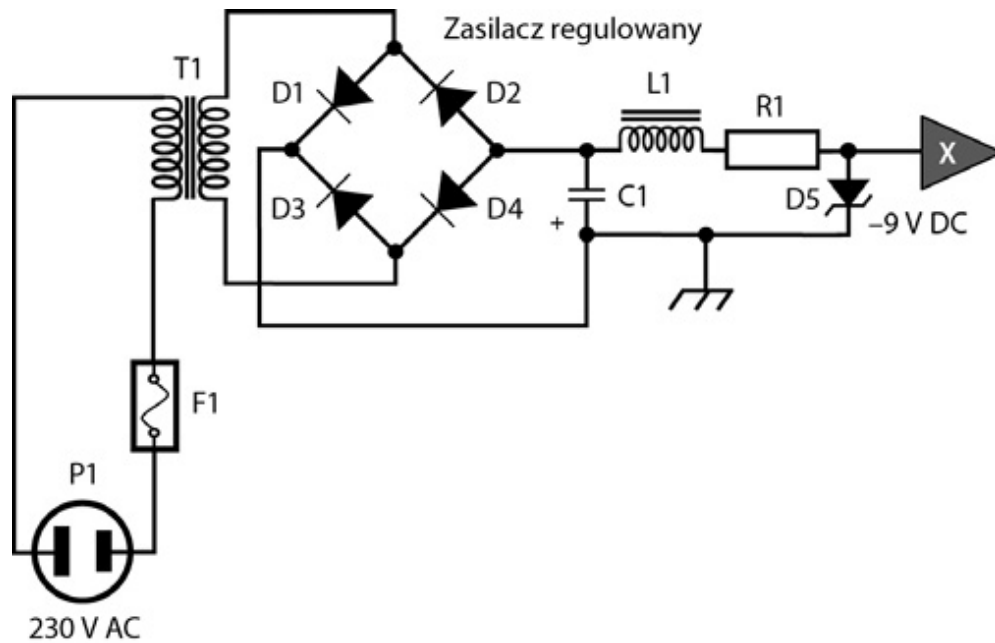
generatora widocznego na rysunku 5.10. Tak jak to miało miejsce w przypadku schematu radiod odbiornika (rysunek 5.5), połączyliśmy wyjście zasilacza z wejściem generatora za pomocą jednej linii, która tym razem mogła być krótsza (zobacz rysunek 5.12). Do obwodu dodaliśmy również potencjometr głośności i parę słuchawek podłączonych do wyjścia mostka TT.



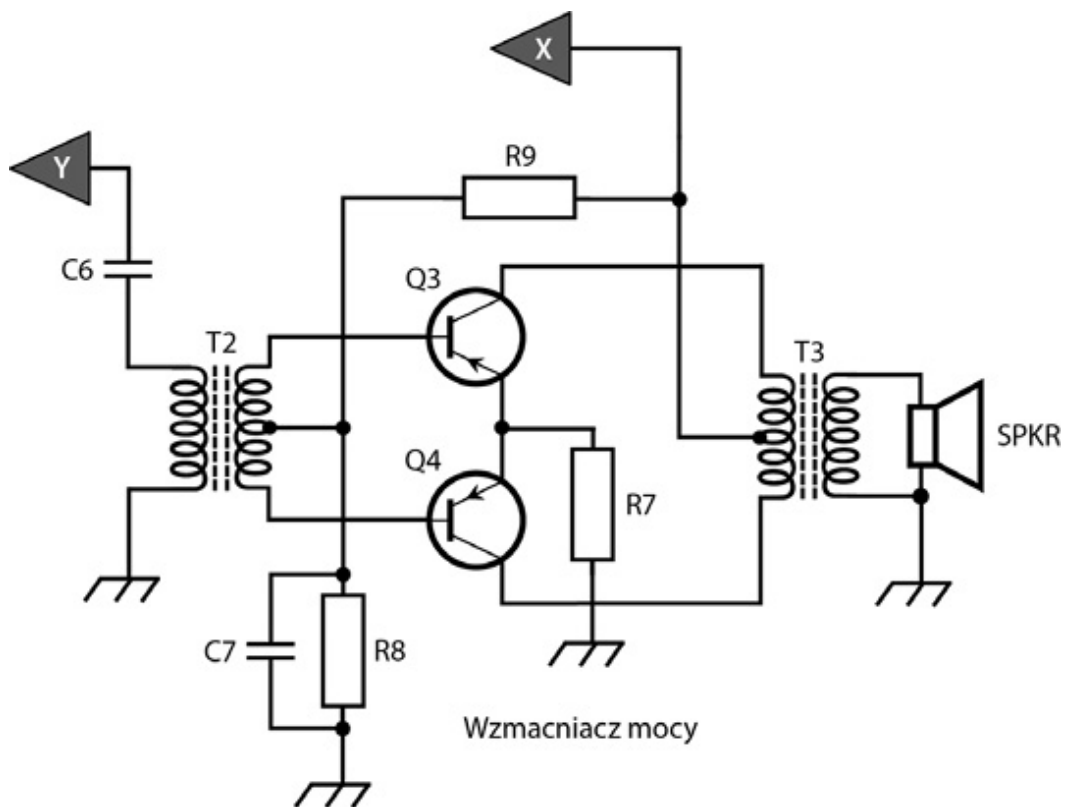
Rysunek 5.12. Układ powstały w wyniku połączenia regulowanego zasilacza oraz generatora przeznaczonego do ćwiczenia alfabetu Morse'a; do obwodu dodano potencjometr głośności oraz słuchawki

W przypadku obwodu znajdującego się na rysunku 5.12 można zastosować te same techniki, które stosowaliśmy wobec schematu z rysunku 5.5. Możesz narysować schemat w poziomie, obracając stronę o 90 stopni — w ten sposób zasilacz umieścisz po lewej, a modulator po prawej stronie. Możesz też zastosować specjalne znaki i umieścić ten schemat na kilku stronach, co moim zdaniem jest lepszym rozwiązaniem. Wszystko będzie czytelne, a w celu odczytania schematu nie trzeba będzie odwracać kartki na bok.

Pójdźmy o krok dalej. Sygnał wychodzący z mostka TT generatora można wzmocnić tak, aby dało się nim wysterować zestaw głośnikowy. Dzięki temu będziesz mógł „przemówić” alfabetem Morse'a do osób zgromadzonych w pomieszczeniu (wypełnienie całego pomieszczenia osobami zainteresowanymi słuchaniem alfabetu Morse'a to już zupełnie inny problem). Zastosujemy tutaj wzmacniacz przeciwsobny podobny do tego, jaki stosowaliśmy w radiodbiorniku (zobacz rysunek 5.4). Zamiast tranzystorów *pnp* zastosujemy tranzystory *nnp*. Teraz mamy do czynienia z systemem składającym się z trzech obwodów: zasilacza, generatora i wzmacniacza. Na rysunkach 5.13a, 5.13b i 5.13c umieszczono schemat ideowy całego systemu. Schemat rozbito na trzy strony.



Rysunek 5.13a. Regulowany zasilacz urządzenia przeznaczonego do ćwiczenia używania alfabetu Morse'a; trójkątna strzałka oznaczona literą X wskazuje na pozostałe elementy obwodu, które umieszczono na rysunkach 5.13b i 5.13c znajdujących się na kolejnych stronach

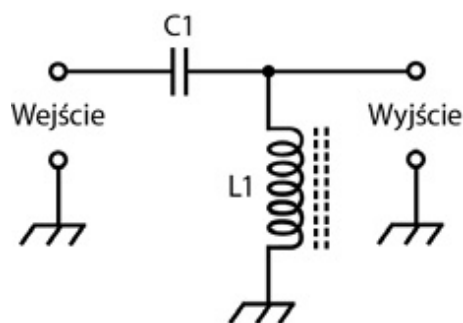


Rysunek 5.13c. Wzmacniacz mocy będący elementem urządzenia przeznaczonego do ćwiczenia alfabetu Morse'a; zwróć uwagę na tranzystory pnp, które są zasilane prądem o napięciu ujemnym (masa charakteryzuje się bardziej dodatnim potencjałem niż linia zasilająca); trójkątna strzałka z literą X symbolizuje odwołanie do rysunku a znajdującego się dwie strony wcześniej, a trójkątna strzałka z literą Y symbolizuje odwołanie do rysunku b znajdującego się na stronie wcześniejszej

Uwaga!

Przyglądając się rysunkom 5.13a, 5.13b i 5.13c, zwróć uwagę na oznaczenia umieszczone na strzałkach. Wskazująca w prawą stronę strzałka oznaczona literą X, która znajduje się na rysunku 5.13a, odwołuje się do dwóch miejsc na kolejnych stronach — zwróconej w lewo strzałki oznaczonej literą X, która znajduje się na rysunku 5.13b, i zwróconej w lewo strzałki oznaczonej literą X, która znajduje się na rysunku 5.13c. Strzałki oznaczone literą Y występują tylko na rysunkach 5.13b i 5.13c.

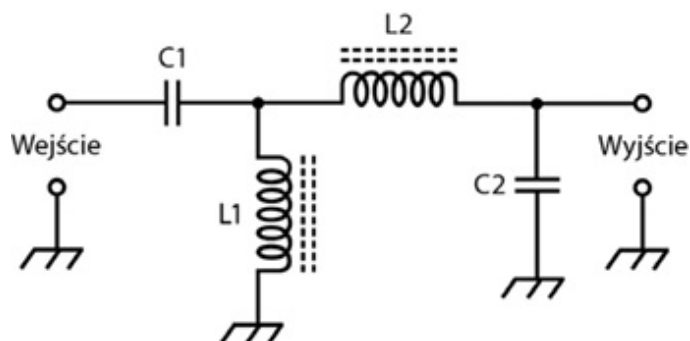
Na rysunku 5.14 pokazano prosty **obwód rezonansowy LC**. Przypomina on mostek L przedstawiony na rysunku 5.7. Tym razem zamieniono jednak miejscami cewkę oraz kondensator. Ponadto obwód znajdujący się na rysunku 5.14 służy do czego innego niż obwód z rysunku 5.7. Pokazany wcześniej obwód służył głównie do dostrajania systemów antenowych lub dopasowania charakterystyk wyjściowych nadajnika do posiadanej anteny. Obwód przedstawiony na rysunku 5.14 przepuszcza lub blokuje sygnał w zależności od częstotliwości. Jest to tak zwany **filtr górnoprzepustowy**. Przepuszcza on sygnały o wyższych częstotliwościach, blokując jednocześnie te, które charakteryzują się niższymi częstotliwościami. Częstotliwość sygnału, poniżej której jest on blokowany (a powyżej której jest przepuszczany), zależy od wartości, jakimi charakteryzują się cewka i kondensator.



Rysunek 5.14. Obwód prostego filtra częstotliwościowego

Na rysunku 5.15 znajduje się bardziej złożony obwód rezonansowy LC składający się z dwóch filtrów ułożonych jeden za drugim. Pierwszy filtr składający się z kondensatora C1 i cewki L1 to ten sam filtr górnoprzepustowy, który pokazano wcześniej na rysunku 5.14. Drugi obwód LC składa się z cewki L2 i kondensatora C2 — jest to **filtr dolnoprzepustowy**. Charakteryzuje się on działaniem przeciwnym do filtra górnoprzepustowego — przepuszcza sygnały o niższych częstotliwościach. Kiedy za filtrem górnoprzepustowym umieścimy filtr dolnoprzepustowy i dobierzemy **częstotliwości graniczne** tych filtrów tak, aby

częstotliwość graniczna filtra górnoprzepustowego była niższa od częstotliwości granicznej filtra dolnoprzepustowego, to uzyskamy **filtr środkowoprzepustowy** — przepuszcza on sygnał, którego częstotliwość znajduje się pomiędzy dwoma częstotliwościami granicznymi.



Rysunek 5.15. Filtr środkowoprzepustowy złożony z dwóch prostych, ale różnych filtrów połączonych kaskadowo

Wskazówka

W elektronice często spotyka się obwody połączone ze sobą kaskadowo. Czasami spotkasz się z kilkoma identycznymi obwodami połączonymi właśnie w ten sposób. Mogą się one nawet składać z takich samych komponentów charakteryzujących się identycznymi właściwościami. Jednakże nie jest to regułą. Zapewne spotkasz się z sytuacją, w której obwody takie będą połączone szeregowo (koniec jednego obwodu będzie połączony z początkiem drugiego — obwody będą przypominać kolejne ogniwa łańcucha), mogą być one również połączone ze sobą równolegle — wtedy będą przypominać szczeble drabiny.

Jeżeli wiesz, jak działa jeden obwód w układzie złożonym z kilku podobnych obwodów, to wiesz również, jak działa cały układ. Problem występujący w jednym obwodzie może

również wystąpić w innych — w celu znalezienia źródła problemu należy korzystać z pomocy schematu ideowego. Na przykład: jeżeli uszkodzony rezystor bazowy spowodował, że generator drgań zmienił częstotliwość pracy, to gdy w innym, podobnie zbudowanym generatorze wystąpi taki sam problem, możesz posłużyć się schematem w celu znalezienia rezystora bazowego i sprawdzenia poprawności jego działania. Znalezienie właściwego rezystora byłoby zadaniem dość trudnym, gdybyś nie dysponował schematem. Wymiana uszkodzonego rezystora to koszt rzędu kilkudziesięciu groszy, jednakże nawet tak mały i tani komponent może sprawić, że całe skomplikowane urządzenie przestanie działać prawidłowo!

Rozbicie skomplikowanego systemu na złożone obwody sprawia, że łatwiej jest określić, w którym obwodzie może znajdować się element powodujący nieprawidłową pracę całego systemu. Później taki podejrzany obwód można podzielić na mniejsze, proste obwody, a następnie można określić, który z tych prostszych obwodów może zawierać uszkodzony element. Stosując systematyczną metodę eliminacji oraz korzystając z pomocy schematu ideowego, urządzenie możesz naprawić o wiele łatwiej, niżbyś się tego spodziewał. Bez pomocy schematu praca ta byłaby o wiele trudniejsza i dłuższa. Proces zawężania miejsca, które potencjalnie może być źródłem problemu, od całego systemu do złożonego obwodu, od złożonego obwodu do prostego obwodu, a na koniec od obwodu do konkretnego komponentu nosi nazwę **wykrywania i usuwania usterek na poziomie komponentów**.

Jesteś zatrudniony!

Gdy już będziesz w stanie wykryć i usunąć usterki dużych systemów elektronicznych, to wkrótce odkryjesz, że jest na Ciebie duże zapotrzebowanie na rynku pracy. Gdy ktoś Cię wezwie, to wystarczy, żebyś przyjechał na

miejsce o czasie, zrobił swoje i wyszedł. Gdy świat dowie się o tym, że jesteś kompetentny i niezawodny, to do końca życia nie będziesz musiał martwić się o pracę.

Wiele problemów w pracy złożonych systemów elektronicznych wynika z uszkodzenia jednego komponentu. Czasami taki komponent może doprowadzić do uszkodzenia innych elementów układu, jednakże naprawę należy zacząć od pierwszego komponentu. Czasami może zdarzyć się tak, że jednocześnie uszkodzeniu ulegną dwa niezależne elementy. Jednakże jest to po prostu rzadki zbieg okoliczności. Oczywiście powinieneś być obeznany ze sprzętem, który próbujesz naprawiać. Po zrozumieniu standardowego funkcjonowania danego systemu możesz szukać na schemacie miejsca, w którym może znajdować się źródło problemu. Korzystając z opisanej wcześniej procedury, możesz zidentyfikować większość podejrzanych komponentów. Później wystarczy, że odnajdziesz fizycznie podejrzane komponenty w układzie i sprawdzisz je kolejno za pomocą odpowiednich przyrządów pomiarowych.

Wskazówka

Nawet jeżeli dysponujesz dobrym sprzętem pomiarowym, to określanie miejsca, w którym może znajdować się źródło problemu (a zwłaszcza konkretnych komponentów), może sprawiać problemy, jeżeli nie dysponujesz schematem ideowym danego układu. Prawdopodobnie nie będziesz miał nawet pojęcia, od której części płytki drukowanej układu zacząć pracę!

Przyzwyczajanie się do pracy ze złożonymi schematami

Nieważne jak bardzo kochasz elektronikę — nie możesz oczekiwać, że już na samym początku zaczniesz sprawnie czytać skomplikowane schematy. Musisz przejść cały proces nauki. Po pierwsze: musisz nauczyć się wszystkich symboli stosowanych na schematach urządzeń, którymi się zajmujesz. Podczas nauki bardzo przydatne mogą okazać się złożone schematy, które zawierają wiele symboli — część z nich prawdopodobnie nie będzie Ci znana. Co prawda gdy zasiądziesz do analizy złożonego schematu, nie będziesz rozumiał wszystkich procesów, do których dochodzi w prezentowanym układzie, jednakże możesz za pomocą takich schematów uczyć się symboli komponentów.

Gdy zaznajomisz się z symbolami większości komponentów, odłóż złożone schematy i poszukaj schematów ideowych podstawowych, powszechnie stosowanych, prostych obwodów. Dużo takich schematów znajdziesz w czasopiśmie przeznaczonych dla elektroników hobbystów. W książce *Electricity Experiments You Can do at Home* mojego autorstwa opisałem proste schematy, które dodatkowo opatrzyłem opisami. Analizuj schematy różnych obwodów. Nie poprzestawaj na przykład tylko na lekturze schematów wzmacniaczy. Przyjrzyj się również schematom modulatorów, zasilaczy, przełączników krzemowych, układów radiowych, układów audio i innym, jakie uda Ci się znaleźć. Zauważysz podobieństwa pomiędzy różnymi rodzajami obwodów. Część układów będzie do siebie podobna, a jedyną różnicą będą wartości charakteryzujące niektóre komponenty. Gdy patrząc na schemat, będziesz w stanie powiedzieć, że masz do czynienia ze wzmacniaczem, modulatorem lub detektorem, będzie to znaczyło, że robisz postępy.

Gdy jesteś w stanie zidentyfikować proste obwody na podstawie ich schematów ideowych, to czas, abyś się zajął bardziej złożonymi schematami — ale nie przesadzaj jeszcze z ich złożonością! Jeżeli będziesz próbował analizować zbyt

skomplikowane schematy, to możesz doznać takiej frustracji, że zechcesz poddać się i porzucić dalszą naukę. Kolejnym krokiem powinna być lektura schematów urządzeń składających się z przeanalizowanych wcześniej prostych obwodów. Czasami dostrzeżesz dodanie komponentów, które mają na celu dopasowanie sygnału wyjściowego generowanego przez jeden obwód do charakterystyk wejściowych drugiego obwodu. Schematów szukaj w książkach i publikacjach zawierających informacje na temat teorii działania oraz praktycznego zastosowania układu prezentowanego na schemacie ideowym. Dobrze byłoby, gdybyś samodzielnie zbudował niektóre z opisanych urządzeń w swoim warsztacie.

Prawdopodobnie zdziwi Cię to, jak w praktyce wygląda układ zbudowany na podstawie schematu ideowego. Możesz przeanalizować różnice pomiędzy wykonanym obwodem a jego reprezentacją na schemacie. Eksperymentując z tymi obwodami (np. wymieniając różne komponenty), będziesz dalej poszerzał swoją wiedzę na temat elektroniki. Możesz nawet poprawić działanie jakiegoś obwodu. Wszystkie poprawki należy dokładnie zapisywać — później pozwoli Ci to stworzyć schemat zmodyfikowanego obwodu. Możesz także zaznaczać zmiany ołówkiem na oryginalnym schemacie ideowym obwodu, z którego korzystałeś podczas prac montażowych.

Gdy zbudowanie prostego obwodu na podstawie jego schematu nie będzie nastroczało Ci trudności, to możesz połączyć ze sobą dwa obwody, aby utworzyć jedno złożone urządzenie. Weź dwa schematy z książki i narysuj pojedynczy schemat zawierający te dwa układy. Stworzony przez Ciebie schemat przyda Ci się podczas prac montażowych. Możesz już posiadać wystarczająco dużo wiedzy, aby zbudować dodatkowy układ będący **interfejsem** (jest to układ, który łączy wyjście jednego obwodu z wejściem drugiego, tak aby oba obwody funkcjonowały jak najlepiej). Budując obwody

przedstawione na analizowanych schematach, zdobędziesz o wiele szybciej wiedzę na temat elektroniki niż podczas zwyczajnego oglądania schematów ideowych.

Wskazówka

Wielogodzinna lektura schematów ideowych może być nużąca. Ale analiza fragmentu obwodu, a następnie wykonanie go w rzeczywistości sprawi, że proces nauki nie będzie nudny. Jeżeli masz szczęście lub jesteś **technofilem** (miłośnikiem technologii), czynność ta wyda Ci się wręcz fascynująca!

W mgnieniu oka zdobędziesz solidną wiedzę na temat schematów oraz budowy obwodów. Obwody, które wcześniej wydawały Ci się skomplikowane, będą wkrótce wydawały się znajome i proste. Jednakże powinieneś być jeszcze ostrożny. Możesz czuć pokusę pozostania przy obwodach, które znasz najlepiej, i nie zapuszczać się na nieznane terytoria. Wypędź z siebie lenia! Jeżeli podczas lektury prostych schematów zaczynasz czuć się komfortowo, to znak, że musisz zwiększyć poziom trudności i zajrzeć do schematów, które będą wydawać Ci się skomplikowane. Jeżeli nie będziesz się zmuszać do pokonywania coraz to większych wyzwań, to przestaniesz się rozwijać i staniesz w miejscu. Staraj się budować coraz bardziej skomplikowane urządzenia. Oczywiście jeżeli doprowadzisz to do przesady, może Cię to kosztować sporo pieniędzy. Jeżeli nie możesz czegoś zbudować, to zajmuj się po prostu czytaniem schematu i rozszyfrowywaniem różnych podzespołów znajdujących się w obwodzie.

Nigdy nie przestanie Cię dziwić to, jak wiele już wiesz, a jednocześnie jak dużo rzeczy musisz się jeszcze nauczyć. Wielu ludzi rozpoczynających przygodę z elektroniką uważa na przykład, że komercyjny nadajnik radiowy (modulujący amplitudę) musi być wysoce złożonym urządzeniem. Bardzo

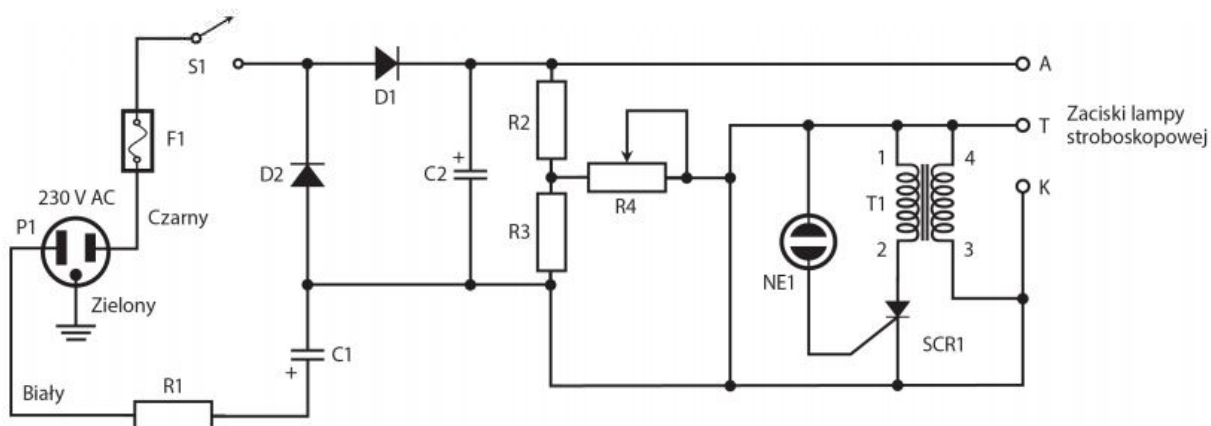
ich dziwi to, że taki nadajnik jest prostszy od starego kieszonkowego tranzystorowego odbiornika radiowego. Komercyjny nadajnik radiowy jest stosunkowo prostym urządzeniem, pomimo że może mieć wagę i wymiary dużej lodówki. Rozmiar nadajnika zależy od rozmiaru komponentów, a rozmiar komponentów zależy od mocy pobieranej przez układ. Sam zasilacz układu może ważyć tyle samo co wspomniana wcześniej lodówka. Zasilacz oraz inne komponenty sprawiają, że profesjonalne nadajniki radiowe muszą być duże. Jednakże transformator zasilający mały amatorski nadajnik będzie ważył mniej niż kilogram. Na schematach oba transformatory będą wyglądały tak samo. Złożoność urządzenia nie ma przełożenia na rozmiar komponentów. Wpływa ona jedynie na liczbę obwodów znajdujących się w urządzeniu.

Masywne podzespoły są rzadko skomplikowane zarówno z punktu widzenia elektroniki, jak i schematu. Małe układy, które mogą zmieścić się w Twojej dłoni, często odpowiadają za złożoność schematu (gdy zostaną one rozłożone na komponenty składowe). Dobrym przykładem jest tu tablet. Układy scalone (zwane również chipami) znajdujące się w tym urządzeniu zawierają miliony pojedynczych diod, tranzystorów, kondensatorów i rezystorów. Dlatego osoba zaczynająca przygodę z elektroniką nie powinna unikać jakiegoś obwodu lub urządzenia tylko dlatego, że ich rozmiar sugeruje skomplikowaną budowę. Możesz się mylić, ale nawet gdybyś miał rację, to na każdym schemacie odnajdziesz rzeczy, które będziesz rozumiał.

Po zaliczeniu etapu pośredniego w nauce schematów możesz zająć się skomplikowanymi obwodami, urządzeniami i systemami. Możesz dzielić je na złożone obwody lub moduły, a później na proste obwody. Postaraj się znaleźć skomplikowane schematy ideowe, które są opatrzone wyjaśnieniami działania prezentowanego obwodu.

Przypomnij sobie schemat blokowy, który znalazł się na rysunku 2.2 – obwód lampy stroboskopowej przedstawiony w rozdziale 2. Porównaj go ze schematem ideowym znajdującym się na rysunku 5.16. Przedstawiono na nim wszystkie komponenty znajdujące się w obwodzie. W celu zmieszczenia schematu na stronie narysowano go w pionie. Obwód został zaprojektowany tak, aby można go było zasilać prądem przemiennym o napięciu 120 V (taki prąd spotykamy w jednofazowych gniazdkach na terenie USA). Prąd wpływa do obwodu z lewej strony (po obróceniu kartki ze schematem na bok). Do trzech styków wtyczki podłączono trzy przewody oznaczone różnymi kolorami. Jeden przewód podłączono do bezpiecznika, drugi do układu zegarowego, a trzeci przewód, biegnący od styku bolca uziemiającego w gniazdku, jest połączony z uziemieniem obudowy układu.

Prześledźmy górną ścieżkę przepływu prądu: płynie on przez bezpiecznik F1 (zakładamy, że przełącznik S1 zwiera obwód). Prąd następnie przepływa tylko w jednym kierunku przez diody prostownicze D1 i D2.



Rysunek 5.16. Kompletny obwód lampy stroboskopowej pokazany wcześniej na rysunku 2.2 (w rozdziale 2.); aby zmieścić ten schemat na stronie, obrócono go o 90 stopni

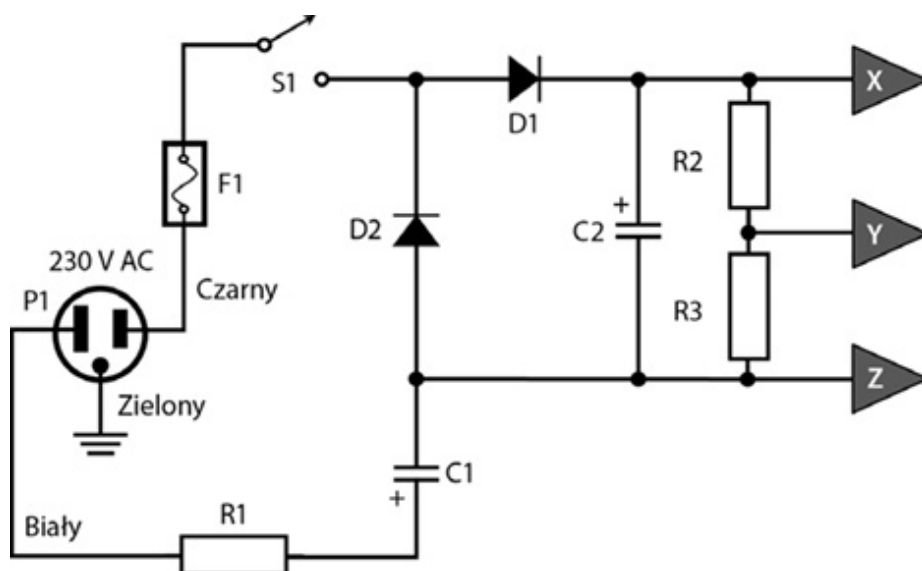
Prąd konwencjonalny płynie w kierunku wskazywanym przez strzałki znajdujące się w tych symbolach, a elektrony poruszają się w kierunku przeciwnym. Jednym z rozgałęzień znajdujących się za diodami prąd biegnie bezpośrednio do zacisku A lampy stroboskopowej, a drugim rozgałęzieniem płynie do komponentów, które wpływają na pracę układu zegarowego — rezystory R1 - R4, kondensatory C1 i C2, a także żarówkę neonową NE1. Elementy te wpływają na częstotliwość błysków lampy (jak długo lampa jest zgaszona pomiędzy bardzo krótkimi błyskami). Krzemowy prostownik sterowany (SCR1) włącza i wyłącza lampę stroboskopową. Rezystory R2 i R3 poza wpływaniem na czas trwania błysku tworzą połączenie, przez które przepływa prąd pomiędzy górną i dolną częścią obwodu — umożliwia to wysłanie właściwego sygnału do transformatora T1, a następnie do zacisków T i K lampy.

Na rysunkach 5.17a i 5.17b przedstawiono ten sam obwód, który znajduje się na rysunku 5.16. Schemat podzielono na dwie strony, dzięki temu umieszczono go w poziomie bez konieczność odwracania o 90 stopni. Na pierwszej części schematu (rysunek 5.17a) pokazano zasilacz i część układu zegarowego. Na drugiej części schematu (rysunek 5.17b) znalazł się potencjometr regulujący częstotliwość (R4) oraz pozostałe elementy układu zegarowego, przełącznik i transformator zasilający lampę stroboskopową, który dostarcza jej prąd o odpowiednim napięciu.

Podsumowanie

Rysowanie i odczytywanie schematów wiąże się z dzieleniem złożonych obwodów na prostsze. Cała sztuka polega na analizowaniu pojedynczych elementów systemu, a nie na traktowaniu go jak ogromnej monolitycznej struktury. Podczas analizy kolejnych złożonych schematów ideowych zależności pomiędzy obwodami będą Ci się wydawać coraz

bardziej oczywiste. Czasami zdarzy Ci się momentalnie zauważyć wszystkie „tajemnice” analizowanego obwodu — będziesz wtedy chciał krzyknąć „Aha!”.



Rysunek 5.17a. Część obwodu lampy stroboskopowej zawierająca wtyczkę, bezpiecznik i prostownik; trójkątными strzałkami z literami X, Y i Z oznaczono połączenia elektryczne, których dalszy bieg przedstawiono na rysunku 5.17b na kolejnej stronie

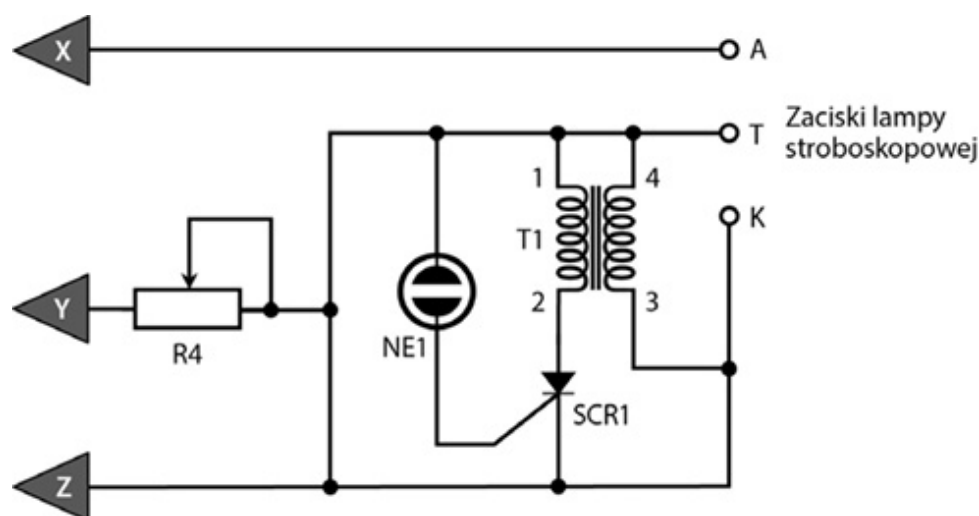
Wskazówka

Czytając schemat w celu wykrycia i usunięcia usterki związanej z jakimś urządzeniem, nie musisz rozumieć funkcji pełnionej przez absolutnie każdy jego element. W wielu wypadkach będziesz musiał martwić się tylko o elementy obwodu, w których potencjalnie może kryć się usterka.

Nauka odczytywania i rysowania schematów ideowych przypomina naukę nadawania i odbierania wiadomości w alfabecie Morse'a. Alfabet ten składa się z symboli dźwiękowych, a schemat obwodu składa się z symboli graficznych. Po opanowaniu któregoś z tych systemów komunikacji możesz zacząć z niego korzystać — alfabet

Morse'a służy do przekazywania słów i zdań, a schematy służą do przekazywania pomysłów i idei.

Przypatrzmy się jeszcze chwilę alfabetowi Morse'a. Długa sekwencja kropek i kresek nie znaczy nic do momentu podzielenia jej na słowa. Gdy zaczniesz się posługiwać sprawnie tym alfabetem, przestaniesz słyszeć dźwięki odpowiadające kropkom i kreskom, a zaczniesz słyszeć składające się z nich litery alfabetu. Dalsza praktyka sprawi, że zaczniesz słyszeć całe słowa. Jeżeli będziesz pracować z tym kodem wystarczająco długo, to zaczniesz w końcu słyszeć całe frazy i zdania — zwłaszcza gdy będzie on przydatny i będziesz komunikować się za jego pomocą całymi godzinami — tak jak ja będąc przez wiele lat radioamatorem. Kod ten stanie się dla Ciebie językiem, którym będziesz się płynnie posługiwać.



Rysunek 5.17b. Część obwodu lampy stroboskopowej zawierająca elementy układu zegarowego i transformator; trójkątnymi strzałkami z literami X, Y i Z oznaczono połączenia elektryczne, których dalszy bieg przedstawiono na rysunku 5.17a, znajdującym się na poprzedniej stronie

Umiejętność odczytywania i tworzenia schematów nabywa się w podobny sposób. Najpierw będziesz widział pojedyncze symbole. Z czasem zaczniesz widzieć proste obwody ukryte w obwodach złożonych. Później będziesz w stanie

zidentyfikować i rozszyfrować bardziej skomplikowane obwody. Na koniec będziesz w stanie wyobrazić sobie cały system. Umiejętności tych nie nabędziesz szybko, ale będą się one rozwijać za każdym razem, gdy będziesz je ćwiczył i podróżował (oczywiście powoli) przez kolejne meandry elektroniki.

Rozdział 6. Nauka przez praktykę

Wcześniej wspominałem o napisanej przeze mnie książce *Electricity Experiments You Can Do at Home*. W niniejszym rozdziale zaadaptowałem kilka projektów przedstawionych w tej książce wraz ze schematami ideowymi i wykonawczymi. Praca nad tymi eksperymentami powinna być zarówno dobrą zabawą, jak i dobrym sposobem na poszerzanie swoich kompetencji. Podczas pracy „automatycznie” będziesz rozwijać umiejętność odczytywania i interpretowania schematów. Zacznijmy od przygotowania się do pracy, przyjrzenia się liście elementów i stwórzmy prostą płytkę przeznaczoną do testowania obwodów. Następnie będziesz mógł wykonać eksperymenty opisane w dalszej części tego rozdziału. Jeżeli Ci się one spodobają, to możesz kupić przywołaną wcześniej książkę i kontynuować pracę nad kolejnymi projektami.

Wskazówka

Nie musisz kupować wszystkich elementów, budować płytki obwodu eksperymentalnego i wykonywać opisanych tutaj eksperymentów, jeżeli nie masz na to ochoty. Uważam, że jest to dobry i przyjemny sposób nauki, jednakże jeżeli nie chcesz wydawać pieniędzy i tracić czasu na tego typu „zabawy”, to możesz też nauczyć się czegoś, czytając ten rozdział i wykonując eksperymenty w swojej wyobraźni.

Twoja płytka eksperymentalna

Osoba przeprowadzająca eksperymenty potrzebuje dobrego warsztatu. Mój warsztat jest wykonany z kawałka sklejki umieszczonego nad klawiaturą starego pianina — wisi on na łańcuchach pokrytych warstwą mosiądzu i przyczepionych do sufitu. Twój warsztat nie musi być aż tak egzotyczny. Możesz wykorzystać dowolny stabilny i solidny blat. Powierzchnia, na której pracujesz, powinna być wykonana z materiału nie będącego przewodnikiem (takiego jak drewno), na którym umieszczono ochronną plastikową matę lub dywan o krótkim włosiu (dobrze sprawdzi się tutaj wycieraczka). Będziesz potrzebował również jasnej, regulowanej lampki biurkowej.

Przed przystąpieniem do wykonywania jakichkolwiek prac kup okulary ochronne w dowolnym markecie budowlanym. Pracuj tylko i wyłącznie w okularach ochronnych. Nawet jeżeli uważasz, że nie są one konieczne, to wyrób sobie nawyk noszenia okularów ochronnych podczas prac związanych z urządzeniami elektrycznymi i elektroniką. Nigdy nie wiesz, kiedy ucinany fragment drutu może wystrzelić w kierunku Twojej gałki ocznej. Zagrożenie dla oczu stanowią również iskry elektryczne.

Wskazówka

W tabeli 6.1 wymieniono rzeczy, które przydadzą Ci się do przeprowadzenia eksperymentów opisanych w tym rozdziale. Prawie wszystkie z nich zakupisz w sklepie z podzespołami RTV. Część z nich możesz kupić w sklepie budowlanym lub w supermarkecie.

W celu wykonania eksperymentów opisanych w tym rozdziale będziesz potrzebował płytki przeznaczonej do wykonywania testowanych obwodów — **płytki**

eksperymentalnej. Drewno niezbędne do wykonania swojej płytki uzyskałem ze składu drzewnego. Na stercie wybrakowanej tarcicy znalazłem kawałek sosny o szerokości około 27 cm i grubości 15 mm. Deskę tę dostałem za darmo, jednakże musiałem zapłacić kilka dolarów za przycięcie jej tak, aby miała kształt prostokąta, którego dłuższy bok miał długość 31,8 cm.

Tabela 6.1. Lista elementów niezbędnych do przeprowadzenia prostych eksperymentów z elektrycznością. Średnicę przewodów podano w mm (milimetrach), natężenie prądu w A (amperach), napięcie prądu w V (woltach), moc w W (watach), a dopuszczalne napięcie wsteczne diod wyrażono w V (woltach).

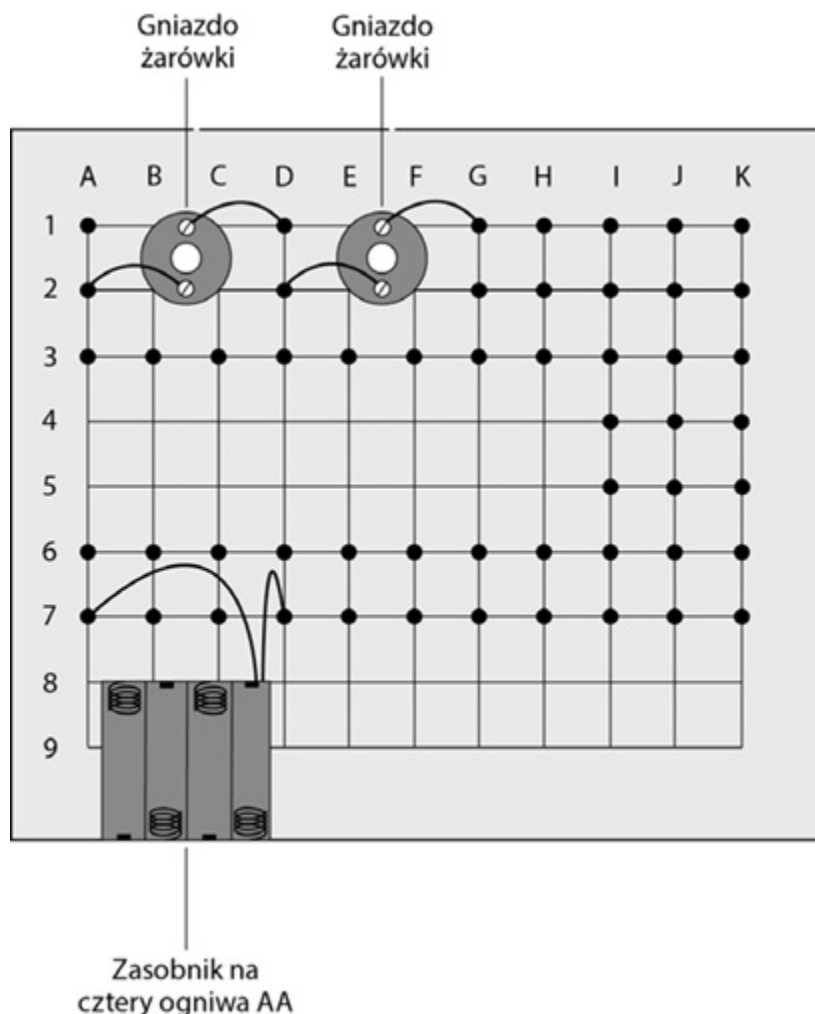
Ilość	Sklep	Opis
1	skład drewna	deska sosnowa o wymiarach około 27×32×1,5 cm
1	sklep budowlany	okulary ochronne
1	sklep budowlany	mały młotek
12	sklep budowlany	wkręty do drewna o płaskim łbie
100	sklep budowlany	gwoździe wykonane ze stali polerowanej o długości 31,8 mm
1	supermarket	drewniana lub plastikowa linijka o długości przynajmniej 30 cm
1	sklep budowlany	tubka spoiwa pozwalającego na klejenie drewna i tworzyw sztucznych
1	sklep z podzespołami elektronicznymi	multimetr cyfrowy
1	sklep budowlany	przyrząd do zdzierania izolacji z drutu
1	sklep budowlany	małe kombinerki
1	sklep budowlany	zwój nieizolowanego drutu miedzianego o średnicy 0,5 mm
1	sklep z podzespołami elektronicznymi	paczka izolowanych przewodów zakończonych zaciskami krokodyłowymi

4	sklep budowlany	cztery ogniwa alkaliczne typu AA o napięciu znamionowym 1,5 V
1	sklep z podzespołami elektronicznymi	zasobnik na cztery ogniwa AA połączone szeregowo
5	sklep z podzespołami elektronicznymi	rezystor 220 Ω , 0,5 W
5	sklep z podzespołami elektronicznymi	rezystor 330 Ω , 0,5 W
5	sklep z podzespołami elektronicznymi	rezystor 470 Ω , 0,5 W
5	sklep z podzespołami elektronicznymi	rezystor 680 Ω , 0,5 W
5	sklep z podzespołami elektronicznymi	rezystor 1000 Ω (1 k Ω), 0,5 W
5	sklep z podzespołami elektronicznymi	rezystor 1500 Ω (1,5 k Ω), 0,5 W
5	sklep z podzespołami elektronicznymi	rezystor 3300 Ω (3,3 k Ω), 0,5 W
2	sklep z podzespołami elektronicznymi	dioda prostownicza 1 A, 600 V
2	sklep z podzespołami elektronicznymi	przykręcane gniazdo żarówki E10
2	sklep z podzespołami elektronicznymi	mała żarówka 6,3 V, 250 mA
2	sklep z podzespołami elektronicznymi	mała żarówka 7,5 V, 220 mA

Za pomocą linijki podziel deskę wzdłuż dłuższego boku na odcinki o długości ok. 25,4 mm — musisz uzyskać dziesięć odcinków o równej długości. Węższy bok podziel w ten sam sposób na osiem odcinków o długości ok. 25,4 mm każdy. Za pomocą długopisu lub pióra kulkowego narysuj linie równoległe do krawędzi płyty — uzyskasz w ten sposób siatkę. Linie oznacz literami od A do K oraz cyframi od 1 do

9 — tak jak pokazano na rysunku 6.1. Teraz będziesz dysponował 99 punktami, które mogą być określone współrzędnymi (parą litera-cyfra), takimi jak np. D-3 lub G-8.

Gdy już narysujesz siatkę na desce, weź garść wykonanych ze stali polerowanej gwoździ o długości 31,8 mm. Umieść deskę na płaskiej powierzchni, której nie zaszkodzi porysowanie lub uszkodzenie. Wbij gwoździe w każdy punkt siatki oznaczony czarną kropką na rysunku 6.1 (będziesz potrzebował do tego 53 gwoździ). Upewnij się, że stosujesz gwoździe wykonane ze stali polerowanej. Preferowane są gwoździe z małymi łbami. Gwoździe nie mogą być pokryte żadną izolującą warstwą plastiku, lakieru lub innego dielektryka. Gwoździe należy wbijać na tyle głęboko, aby nie można było ich przypadkowo wyciągnąć. Ja wbijałem gwoździe na głębokość około 8 mm (do połowy grubości deski).



Rysunek 6.1. Płytkę przeznaczoną do przeprowadzania prostych eksperymentów z udziałem elektryczności; płytkę wykonałem z deski sosnowej o wymiarach około 27×32×1,5 cm; czarne kropki pokazują miejsca, w których należy wbić gwoździe; oczka siatki mają wymiary 2,54×2,54 cm

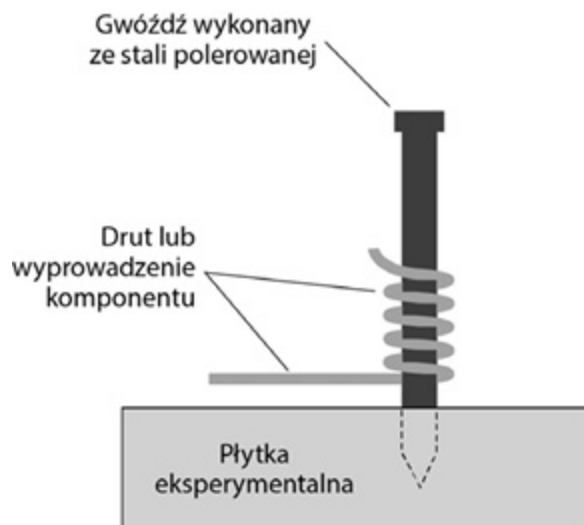
W miejscach oznaczonych na rysunku 6.1 przykręć za pomocą wkrętów gniazda żarówek. Za pomocą cienkiego nieizolowanego drutu miedzianego połącz zaciski jednego z gniazd z gwoździami umieszczonymi w punktach A-2 i D-1. Zaciski drugiego z gniazd podłącz do gwoździ umieszczonych w punktach D-2 i G-1. Drut wokół gwoździ należy owijać ciasno, wykonując przynajmniej 2 zwoje (zalecam, abyś wykonał cztery). Ewentualne zbędne fragmenty drutu wystające z gwoździ należy uciąć. Zasobnik przeznaczony na cztery ogniwa AA przyklej do

powierzchni płytki. Przed przystąpieniem do dalszych prac poczekaj, aż klej wyschnie. Może to potrwać nawet kilka godzin, a więc możesz zrobić sobie przerwę!

Po wyschnięciu spoiwa zdejmij izolację z przewodów zasobnika baterii (na odcinku około 2,5 cm) i podłącz je do gwoździ tak, jak pokazano na rysunku 6.1. Pamiętaj o tym, że przewód czerwony łączy się z dodatnim biegunem baterii, a przewód czarny z ujemnym. Przewody owiń wokół gwoździ w ten sam sposób co druty biegnące od zacisków gniazda żarówki. W zasobniku umieść cztery nowe ogniwa alkaliczne AA. Bieguny ujemne ogniw należy skierować w stronę sprężynek. W ten sposób otrzymałeś baterię dającą prąd o napięciu 6 V. Twoja płytka jest gotowa do eksperymentów.

Nawijanie drutów

Wykonana przez Ciebie płytka eksperymentalna wymaga konstruowania obwodów metodą **owijania końcówek**. Każdy gwóźdź stanowi zacisk, do którego możesz podłączyć kilka drutów lub kabli. Aby wykonać połączenie elektryczne, musisz ciasno nawinąć na gwóźdź fragment drutu lub kabla, z którego zdjęto izolację. Musisz wykonać na gwoździu przynajmniej dwa zwoje drutu, jednakże zalecam, abyś wykonał cztery lub pięć zwojów, tak jak pokazano na rysunku 6.2.



Rysunek 6.2. Technika owijania końcówek — owiń drut lub wyprowadzenie komponentu przynajmniej dwukrotnie wokół gwoźdź (lepiej jest wykonać cztery lub pięć zwojów); nadmiar drutu należy uciąć za pomocą obcęgow

Nawijając drut na gwóźdź, pamiętaj o konieczności ucięcia nadmiaru drutu. W przypadku małych komponentów, takich jak diody i rezystory, możesz nawinać na gwóźdź całe wyprowadzenie danego komponentu. W ten sposób nie będziesz zmuszony do ich ucinania. Po zdjęciu z gwoździ komponenty będą nadawały się do ponownego użycia. Podczas nawijania drutu na gwoździe warto posługiwać się kombinerkami — nie wszystkie druty będziesz w stanie nawinać gołymi rękami.

Wykonując na jednym gwoździu połączenie wielu drutów, możesz je nawijać na siebie, ale najpierw staraj się nawijać druty pojedynczo na całej długości gwoźdź. Gwoździe wystają nad deskę na wysokość około 2,5 cm, a więc dysponujesz dość dużą ilością miejsca przeznaczonego do wykonywania połączeń.

Wskazówka

Musisz być całkowicie pewien, że gwoździe są wykonane ze stali polerowanej i **nie są pokryte**

żadną powłoką. Gwoździe muszą być nowe i czyste — tylko takie gwoździe będą wydajnie pełnić funkcję zacisków elektrycznych.

Wykonując opisane dalej eksperymenty, możesz łączyć elementy na płytce w dowolny sposób. Do opisów obwodów dołączam schematy ideowe i wykonawcze. Zalecam, abyś stosował się do wytycznych pokazanych przeze mnie na schematach wykonawczych — pozwolą Ci one porównać wygląd rzeczywistego obwodu z jego schematem ideowym, nawet jeżeli nie zbudowałeś płytki prototypowej i nie chcesz pracować bezpośrednio z elektroniką.

Małe komponenty, takie jak rezystory, powinny być umieszczone pomiędzy sąsiednimi gwoździami — pozwoli to na nawinięcie każdego wyprowadzenia takiego elementu na gwóźdź. **Przewody połączeniowe**, zwane również **przewodami zaciskowymi**, powinny być przyłączone do gwoździ tak, aby ich zacisk szczękowy nie poluzował się samoczynnie. Zaciski najlepiej jest zakładać na gwoździe bokiem — tak aby przewody wychodzące z zacisków znajdowały się w płaszczyźnie poziomej. Jeżeli założysz tak zwany **zacisk aligatorowy** na gwóźdź pionowo, istnieje duże prawdopodobieństwo, że zeskoczy on z gwoździa w trakcie wykonywania jakiejś ważnej czynności!

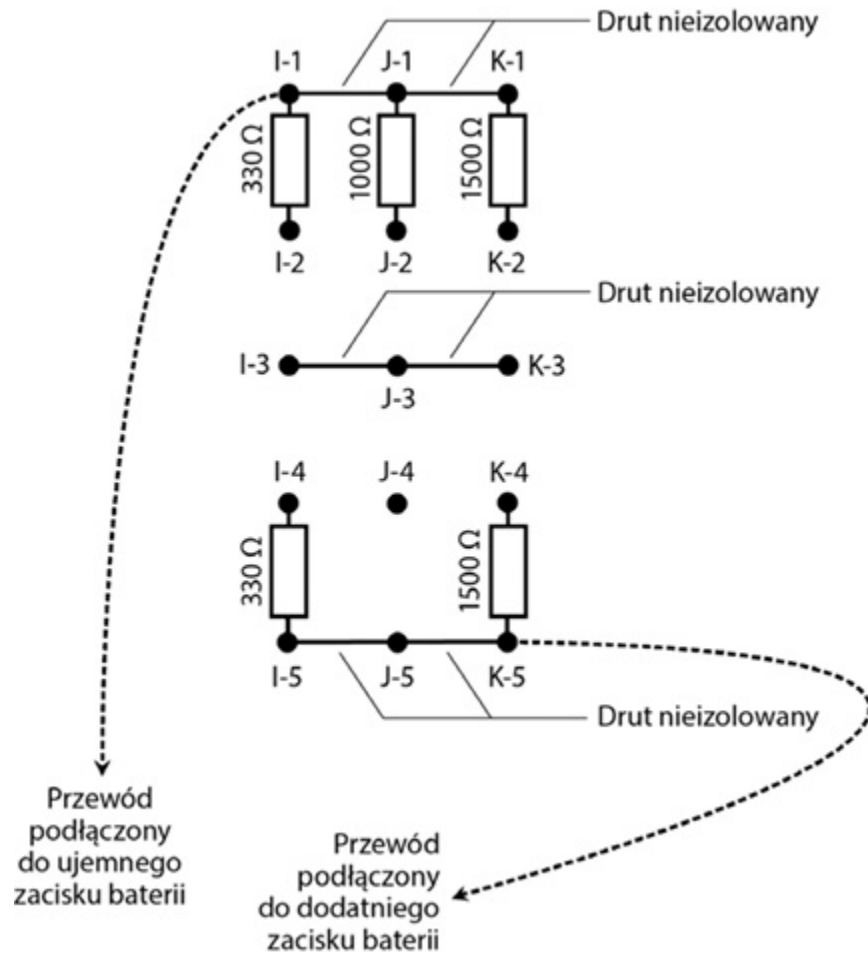
Uwaga!

Powtórzę to jeszcze raz. Podczas wykonywania eksperymentów noś okulary ochronne niezależnie od tego, czy uważasz, że są one potrzebne, czy nie.

Prądowe prawo Kirchhoffa

W tym eksperymencie zajmiesz się demonstracją jednego z najważniejszych praw dotyczących obwodów prądu stałego. Będziesz potrzebował pięciu rezystorów: dwóch o oporności 330 Ω , jednego o oporności 1000 Ω (1 k Ω) oraz dwóch o oporności 1500 Ω (1,5 k Ω). Będziesz również potrzebował czterech ogniw AA.

Zamontuj rezystory na płytce, nawijając ich wyprowadzenia na gwoździe tak, jak pokazano na rysunku 6.3. Sprawdź opór każdego z rezystorów multimetrem (ustawionym tak, aby działał jako omomierz) przed zamontowaniem rezystorów w układzie. W celu zwarcia zacisków I-1, J-1 i K-1 zastosuj nieizolowany drut miedziany o długości 13 cm. W taki sam sposób zewrzyj zaciski I-3, J-3 oraz K-3, a następnie I-5, J-5 i K-5.



Rysunek 6.3. Ułożenie rezystorów na płytce w celu zademonstrowania prądowego prawa Kirchhoffa; wszystkie wartości oporu elektrycznego podano w omach; czarne kropki symbolizują zaciski znajdujące się na płytce eksperymentalnej; linie ciągłe symbolizują połączenia wykonane za pomocą miedzianego drutu; linie przerywane symbolizują połączenia wykonane za pomocą przewodów zaciskowych

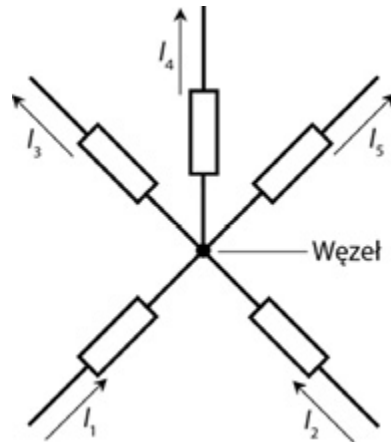
Wskazówka

Inżynierowie symbolicznie przedstawiają natężenie prądu za pomocą **zmiennej** oznaczonej wielką pochyloną literą I . Ampery są **jednostką** natężenia prądu oznaczaną symbolicznie za pomocą wielkiej litery A. Napięcie prądu wyrażamy w woltach oznaczanych symbolicznie za pomocą wielkiej litery V. Jednakże napięcie jako **zmienną** oznaczamy za

pomocą pochylonych wielkich liter E lub U . Rezystancja jako zmienna jest oznaczana za pomocą pochylonej litery R . Om jako **jednostka** oporu elektrycznego może być oznaczony całym słowem, jednakże w większości tekstów korzysta się z symbolu — greckiej wielkiej litery omega (Ω).

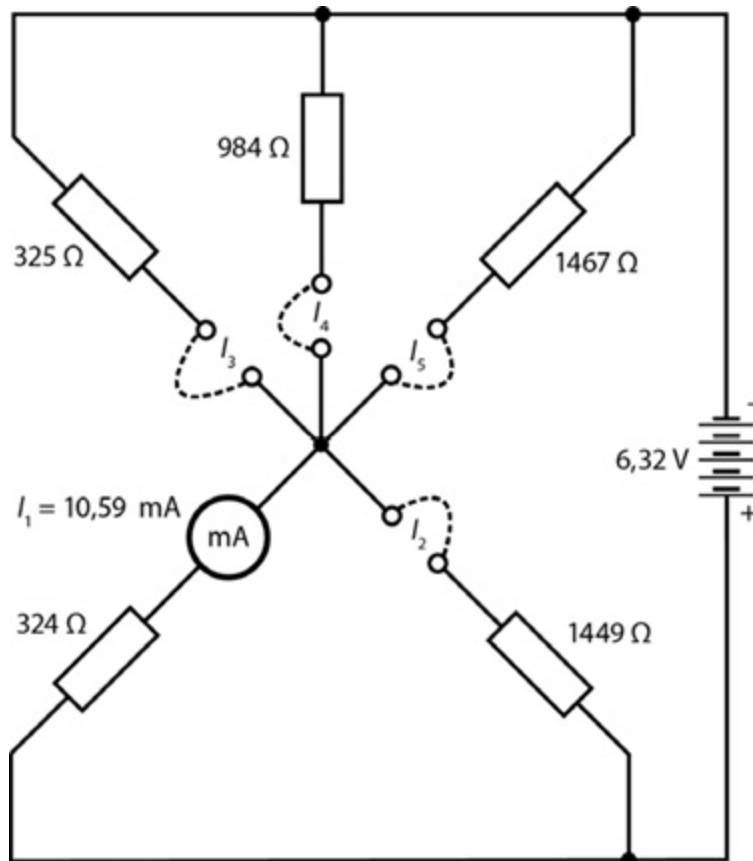
Gustaw Robert Kirchhoff (1824 - 1887) wykonywał badania i tworzył teorie dotyczące elektryczności w czasach, gdy ludzie nie mieli jeszcze o niej pojęcia. Wydedukował on podstawowe właściwości obwodów prądu stałego. Kirchhoff uważał, że suma prądów wpływających do **węzła** obwodu równa jest sumie prądów wypływających z tego węzła. Zasadę tę ilustruje rysunek 6.4. Jest to tak zwane **pierwsze prawo Kirchhoffa**. Jest ono również nazywane **prądowym prawem Kirchhoffa** lub **zasadą zachowania prądu**.

Matematycznie suma prądów wpływających do węzła zawsze będzie równa sumie prądów z niego wypływających. W przykładzie przedstawionym na rysunku 6.4 dwa prądy wpływają do punktu rozgałęzienia, a trzy prądy wypływają z tego samego punktu, a więc: $I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$. Prawo prądowe Kirchhoffa jest zawsze prawdziwe, niezależnie od tego ile prądów wpływa i ile wypływa z danego węzła.



Rysunek 6.4. Zgodnie z prądowym prawem Kirchhoffa suma prądów wpływających do dowolnego węzła obwodu równa jest sumie prądów z niego wypływających, w tym przypadku $I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$

Do sieci rezystorów podłącz baterię składającą się z czterech ogniw. Pomiary powinny być prowadzone kolejno w każdym punkcie testowym, podczas gdy pozostałe punkty będą zwarte za pomocą przewodów połączeniowych. Na rysunku 6.5 przedstawiono rzeczywiste wartości oporu rezystorów (Twoje rezystory będą stawiały opór o trochę innych wartościach). Na rysunku tym podano również wartość zmierzonego prądu I_1 — prądu płynącego przez mniejszy rezystor wejściowy.



Rysunek 6.5. Układ przeznaczony do sprawdzenia działania prądowego prawa Kirchhoffa; wartości oporu stawianego przez rezystory podano w omach; napięcie baterii, prąd I_1 oraz opory ustaliłem samodzielnie w wyniku przeprowadzenia pomiarów; linie przerywane symbolizują połączenia wykonane za pomocą przewodów zaciskowych

Mierząc natężenia czterech kolejnych prądów, pamiętaj o tym, że polaryzacja miernika powinna zgadzać się z polaryzacją baterii. Czarną probówkę miernika należy połączyć z punktem, który znajduje się bliżej ujemnego bieguna baterii, a czerwoną probówkę miernika z punktem, który jest bliżej dodatniego bieguna baterii. W ten sposób unikniesz ujemnych wartości prądu, które mogą skomplikować Twoje obliczenia. Gdy sprawdziłem napięcie na baterii miernikiem, uzyskałem wartość 6,32 V. Gdy zmierzyłem prądy od I_1 do I_5 , uzyskałem następujące wyniki (o dokładności do jednej setnej miliampera):

$$I_1 = 10,59 \text{ mA}$$

$$I_2 = 2,40 \text{ mA}$$

$$I_3 = 8,35 \text{ mA}$$

$$I_4 = 2,79 \text{ mA}$$

$$I_5 = 1,88 \text{ mA}$$

Najważniejsze w tym eksperymencie jest to, aby wszystkie punkty, w których akurat nie jest mierzony prąd, były zwarte za pomocą przewodów zaciskowych. Jeżeli tego nie dopilnujesz, to układ nie będzie połączony prawidłowo i uzyskasz nieprawidłowe wartości pomiarów. Po wykonaniu pomiarów odłącz wszystkie przewody — zapobiegnie to całkowitemu rozładowaniu baterii.

Teraz zmierzone wartości możesz podstawić do wzoru Kirchhoffa i zobaczyć, jaka jest różnica pomiędzy sumą prądów wejściowych a sumą prądów wyjściowych. W wyniku przeprowadzonych pomiarów uzyskałem następującą sumę prądów wpływających do węzła:

$$I_1 + I_2 = 10,59 + 2,40 = 12,99 \text{ mA}$$

Po dodaniu do siebie prądów wypływających z węzła otrzymałem następujący wynik:

$$I_3 + I_4 + I_5 = 8,35 + 2,79 + 1,88 = 13,02 \text{ mA}$$

Wskazówka

Przeprowadzając eksperymenty tego typu, możesz spodziewać się małej rozbieżności wyników. Wyjaśnia to otrzymaną przeze mnie różnicę prądów (0,03 mA). Błąd rzędu trzech setnych miliampera przy prądach o wartości 13 mA ma wartość mniejszą od 1%, co jest dopuszczalne.

Porównaj!

Porównaj schemat wykonawczy (rysunek 6.3) ze schematem ideowym tego samego obwodu (rysunek 6.5) — zignoruj miernik i przewody zaciskowe.

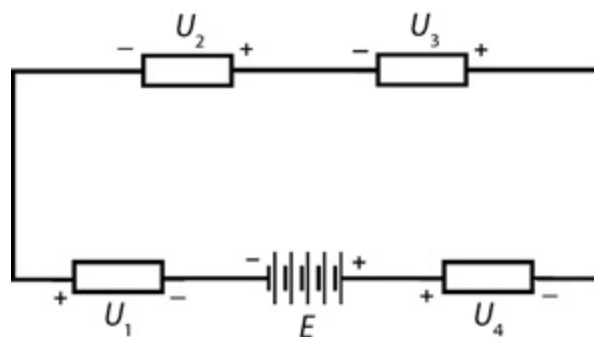
Napięciowe prawo Kirchhoffa

W kolejnym eksperymencie zbudujesz układ, który demonstruje działanie innego prawa związanego z obwodami prądu stałego. Będziesz potrzebował czterech rezystorów: jednego charakteryzującego się oporem $220\ \Omega$, jednego o oporze $330\ \Omega$, jednego o oporze $470\ \Omega$ i jednego o oporze $680\ \Omega$. Będziesz również potrzebował czterech ogniw AA.

Zgodnie z **drugim prawem Kirchhoffa** suma napięć na wszystkich komponentach szeregowego obwodu prądu stałego (biorąc pod uwagę również polaryzację) wynosi zero. Zasadę tę można również nazwać **prawem napięciowym Kirchhoffa** lub **zasadą zachowania napięcia**.

Przyjrzyj się obwodowi szeregowemu przedstawionemu na rysunku 6.6. Zgodnie z prawem napięciowym Kirchhoffa napięcie baterii (E) musi być równe sumie napięć pomiędzy zaciskami poszczególnych rezystorów. Możemy to zapisać w postaci następującego równania:

$$E + U_1 + U_2 + U_3 + U_4 = 0$$

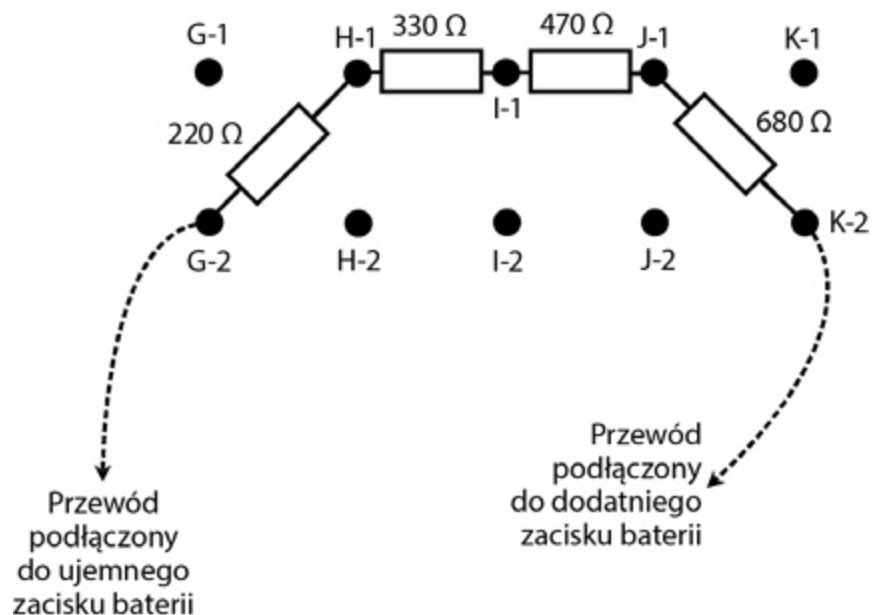


Rysunek 6.6. Zgodnie z prawem napięciowym Kirchhoffa suma napięć na wszystkich elementach charakteryzujących się opornością, które znajdują się w obwodzie szeregowym prądu stałego, jest równa odwrotności napięcia baterii; pomijając polaryzację, otrzymamy równanie $E = U_1 + U_2 + U_3 + U_4$

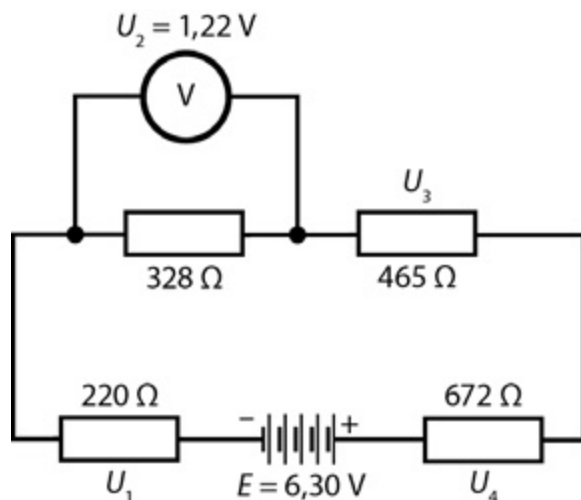
Gdybyśmy zmierzili jednocześnie napięcie na wszystkich rezystorach i na baterii i **pominęli polaryzację**, to doszlibyśmy do wniosku, że:

$$E = U_1 + U_2 + U_3 + U_4$$

Za pomocą omomierza zmierz rzeczywisty opór stawiany przez każdy z rezystorów. Zamontuj rezystory w górnym prawym rogu swojej płytki eksperymentalnej — nawiń ich wyprowadzenia na gwoździe tak, jak pokazano na rysunku 6.7. Do układu podłącz baterię i zmierz napięcie na każdym z rezystorów. Na rysunku 6.8 znalazły się rzeczywiste wartości oporu stawianego przez rezystory (Twoje rezystory mogą charakteryzować się nieco innym oporem). Na rysunku tym przedstawiono pomiar wartości U_2 . Zmierzyłem również napięcie na baterii po włączeniu jej do obwodu ($E = 6,30 \text{ V}$).



Rysunek 6.7. Zalecany sposób umieszczenia rezystorów na płytce eksperymentalnej w celu pokazania napięciowego prawa Kirchhoffa; wartości wszystkich rezystancji podano w omach; duże kropki symbolizują zaciski; przerywane linie symbolizują przewody połączeniowe



Rysunek 6.8. Obwód przeznaczony do sprawdzenia napięciowego prawa Kirchhoffa; wartości wszystkich rezystancji podano w omach; na rysunku podano zmierzone przez mnie wartości napięcia baterii (E) oraz napięcia na drugim rezystorze

Podczas wykonywania pomiarów napięć $U_1 - U_4$ czarną probówkę miernika należy podłączać do punktu obwodu,

który znajduje się bliżej ujemnego bieguna baterii, a czerwoną probówkę miernika należy podłączać do punktu obwodu, który znajduje się bliżej dodatniego bieguna baterii. W ten sposób unikniesz ujemnych wartości mierzonych napięć, które mogłyby spowodować powstanie błędów w obliczeniach. Mierząc napięcia na poszczególnych rezystorach, otrzymałem następujące wyniki:

$$U_1 = 0,82 \text{ V}$$

$$U_2 = 1,22 \text{ V}$$

$$U_3 = 1,75 \text{ V}$$

$$U_4 = 2,52 \text{ V}$$

Kiedy skończysz wykonywać pomiary, odepnij jeden z przewodów od któregoś bieguna baterii — zapobiegniesz w ten sposób jej rozładowaniu.

Gdy sprawdziłeś dwa razy poprawność wykonanych pomiarów i je zapisałeś, podstaw otrzymane wartości do wzoru:

$$E = U_1 + U_2 + U_3 + U_4$$

Zobacz, jak bardzo zbliżone wartości otrzymasz. Po lewej stronie równania wstawiłem zmierzone przeze mnie napięcie baterii:

$$E = 6,30 \text{ V}$$

Po prawej stronie równania otrzymałem następującą sumę:

$$U_1 + U_2 + U_3 + U_4 = 0,82 + 1,22 + 1,75 + 2,52 = 6,31 \text{ V}$$

W obwodzie o potencjale 6,30 V otrzymaliśmy błąd o wartości zaledwie 0,01 V, co stanowi mniej niż jedną dwudziestą procentu.

Porównaj!

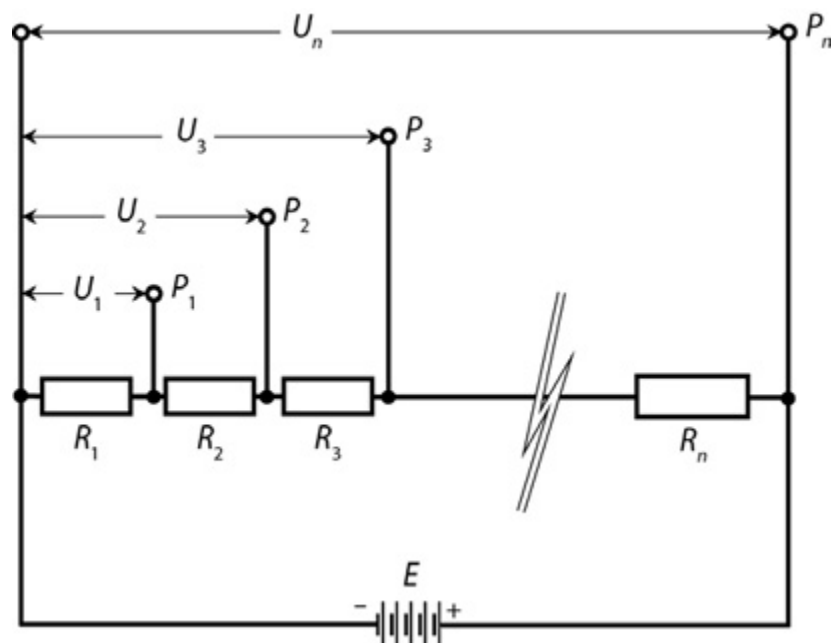
Porównaj schemat wykonawczy (rysunek 6.7) ze schematem ideowym tego samego obwodu (rysunek 6.8) i przeanalizuj przepływ prądu na obu schematach.

Rezystancyjny dzielnik napięcia

Komponenty stosowane podczas poprzedniego eksperymentu mogą być użyte w celu uzyskania prądów o różnym napięciu z tej samej baterii. Rezystory powinny pozostać podłączone na płytce w ten sam sposób jak podczas eksperymentu z napięciowym prawem Kirchhoffa.

Gdy łączysz przynajmniej dwa rezystory szeregowo ze źródłem napięcia stałego, rezystory te dzielą napięcie zależnie od wartości rezystancji. Możesz dobrać odpowiedni współczynnik, stosując oporniki charakteryzujące się odpowiednią rezystancją. Tego typu układ działa najlepiej, gdy wartości rezystancji są względnie małe. Rysunek 6.9 ilustruje zasadę działania **rezystancyjnego dzielnika napięcia**. Poszczególne rezystancje oznaczono $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$. Sumę rezystancji (opór całkowity) oznaczono symbolem R .

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$



Rysunek 6.9. W dzielniku napięcia korzysta się ze spadków napięcia na rezystorach połączonych szeregowo ze źródłem prądu stałego; zwróć uwagę na kursywę i indeksy zastosowane w etykietach rezystorów

Jeżeli napięcie zasilające obwód oznaczymy E , to prawo Ohma mówi, że natężenie prądu (I) w dowolnym miejscu układu wynosi:

$$I = E/R$$

Wzór ten jest prawdziwy, jeżeli natężenie prądu wyrazimy w amperach, napięcie w woltach, a opór w omach. W punktach P_1 , P_2 , P_3 , ... P_n różnica potencjałów pomiędzy ujemnym zaciskiem baterii wynosi odpowiednio U_1 , U_2 , U_3 , ... U_n . Ostatnie (najwyższe) napięcie U_n jest równe napięciu baterii (E). Napięcia w różnych punktach wzrastają proporcjonalnie do stosunku sumy rezystancji (do danego punktu włącznie) i całkowitej rezystancji obecnej w obwodzie mnożonej przez napięcie źródła zasilającego obwód. Tak więc teoretycznie poniższe równania powinny być prawdziwe:

$$E_1 = ER_1/R$$

$$E_2 = E(R_1 + R_2)/R$$

$$E_3 = E(R_1 + R_2 + R_3)/R$$



$$E_n = E(R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n)/R$$

$$E_n = ER/R$$

$$E_n = E$$

Wskazówka

Zauważ, że oznaczenia rezystorów zapisano tutaj kursywą. Zamiast R_1 , R_2 , R_3 itd. mamy R_1 , R_2 , R_3 itd. Taka notacja nie pojawiła się dotychczas w tej książce, jednakże wielu inżynierów stosuje ją na schematach. Nie zdziw się, jeżeli ją spotkasz. Taki sam sposób zapisu jest również stosowany w przypadku kondensatorów, cewek, diod i innych komponentów.

Podczas eksperymentu zmierzyłem różnicę potencjałów pomiędzy biegunami obciążonej baterii. W wyniku pomiaru uzyskałem wartość $E = 6,30 \text{ V}$ (zobacz część A rysunku 6.10). Na rysunku tym podano również znamionowe wartości oporu rezystorów. Opór stawiany w rzeczywistości przez te rezystory może nieco odbiegać od wartości znamionowych. Po wykonaniu pomiarów w moim obwodzie uzyskałem następujące rezystancje:

$$R_1 = 220 \Omega$$

$$R_2 = 328 \Omega$$

$$R_3 = 465 \Omega$$

$$R_4 = 672 \Omega$$

Ustaw swój miernik w tryb pomiaru natężenia prądu w miliamperach (mA). Podłącz baterię do układu oporników za pośrednictwem miernika, tak jak pokazano w części B rysunku 6.10, i dokonaj pomiaru natężenia prądu płynącego przez obwód. Spodziewam się, że miliamperomierz wyświetli wartość równą wartości napięcia baterii podzielonej przez sumę rezystancji obecnych w obwodzie, czyli:

$$I = E/R$$

$$I = 6,30/(220+328+465+672)$$

$$I = 6,30/1685$$

$$I = 0,00374 \text{ A}$$

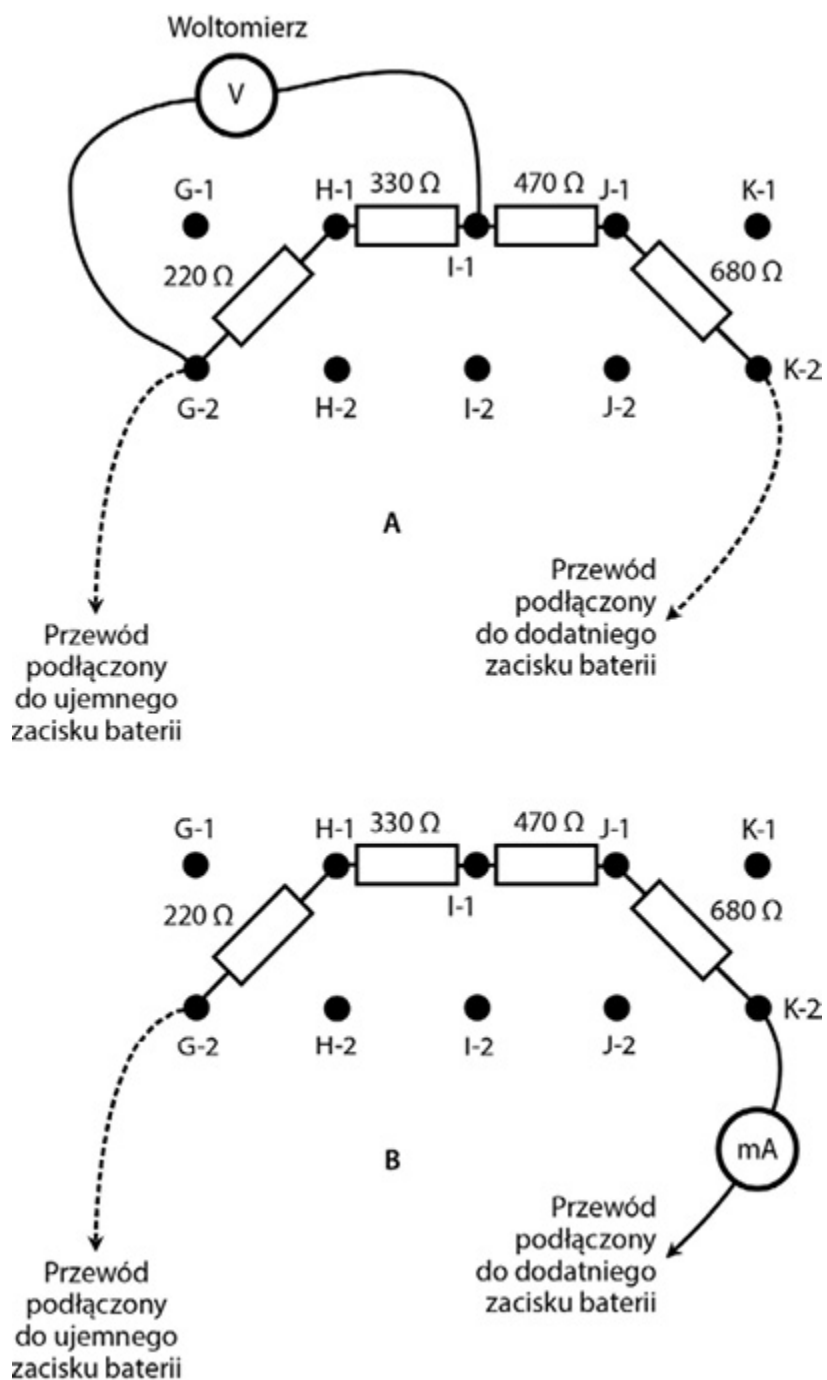
$$I = 3,74 \text{ mA}$$

W wyniku pomiaru otrzymałem natężenie prądu równe 3,73 mA — wartość ta mieści się w granicach dopuszczalnego błędu.

Ustaw swój multimetr tak, aby mógł mierzyć napięcie prądu stałego w umiarkowanym zakresie. Teraz przystąp do pomiarów napięć $U_1 - U_4$. Czarną probówkę miernika należy podłączyć na stałe do ujemnego bieguna baterii. Czerwoną probówkę podłączaj do kolejnych punktów pomiaru napięcia. Najpierw zmierz napięcie U_1 , które występuje tylko na rezystancji R_1 . Następnie korzystając ze schematu znajdującego się na rysunku 6.11, zmierz kolejne napięcia:

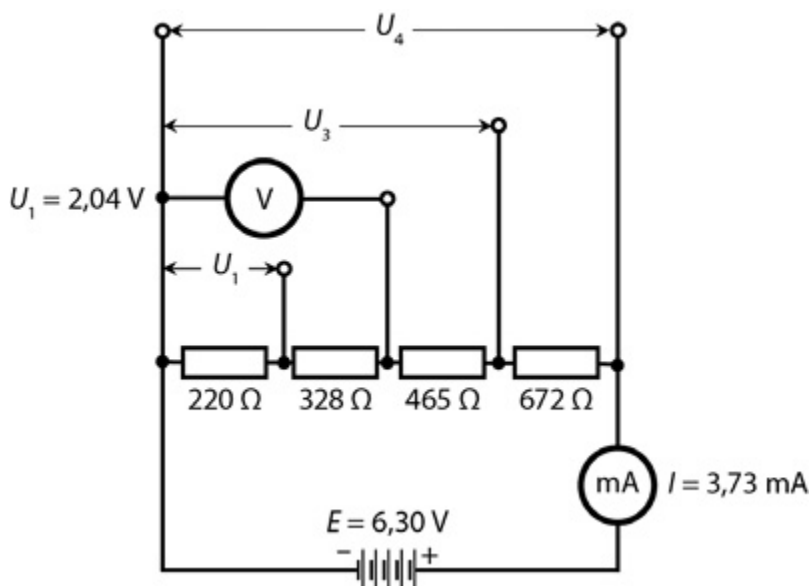
- różnicę potencjałów U_2 występującą na rezystancji R_1+R_2 ,
- różnicę potencjałów U_3 występującą na rezystancji $R_1+R_2+R_3$,

- różnicę potencjałów U_4 występującą na rezystancji $R_1+R_2+R_3+R_4$.



Rysunek 6.10. W części A rysunku pokazano sposób mierzenia napięcia w rezystancyjnym dzielniku napięcia; woltomierz na tym rysunku mierzy napięcie

U_2 (pomiędzy pierwszym i drugim rezystorem); wszystkie wartości oporu rezystorów podano w omach; duże czarne kropki symbolizują zaciski; linie przerywane symbolizują połączenia wykonane za pomocą kabli; w części B rysunku przedstawiono pomiar natężenia prądu płynącego przez obwód



Rysunek 6.11. Układ przeznaczony do sprawdzania działania rezystancyjnego dzielnika napięcia; wszystkie wartości oporu podano w omach; wartości napięcia baterii (E), napięcia U_2 (pomiędzy pierwszym i drugim rezystorem), a także rzeczywisty opór rezystorów zostały uzyskane w wyniku przeprowadzonych przeze mnie pomiarów

Na rysunku 6.11 przedstawiono układ gotowy do pomiaru napięcia U_2 (w celu zaprezentowania konkretnego przykładowego pomiaru). Mierząc kolejne napięcia, uzyskałem następujące wyniki:

$$U_1 = 0,82 \text{ V}$$

$$U_2 = 2,04 \text{ V}$$

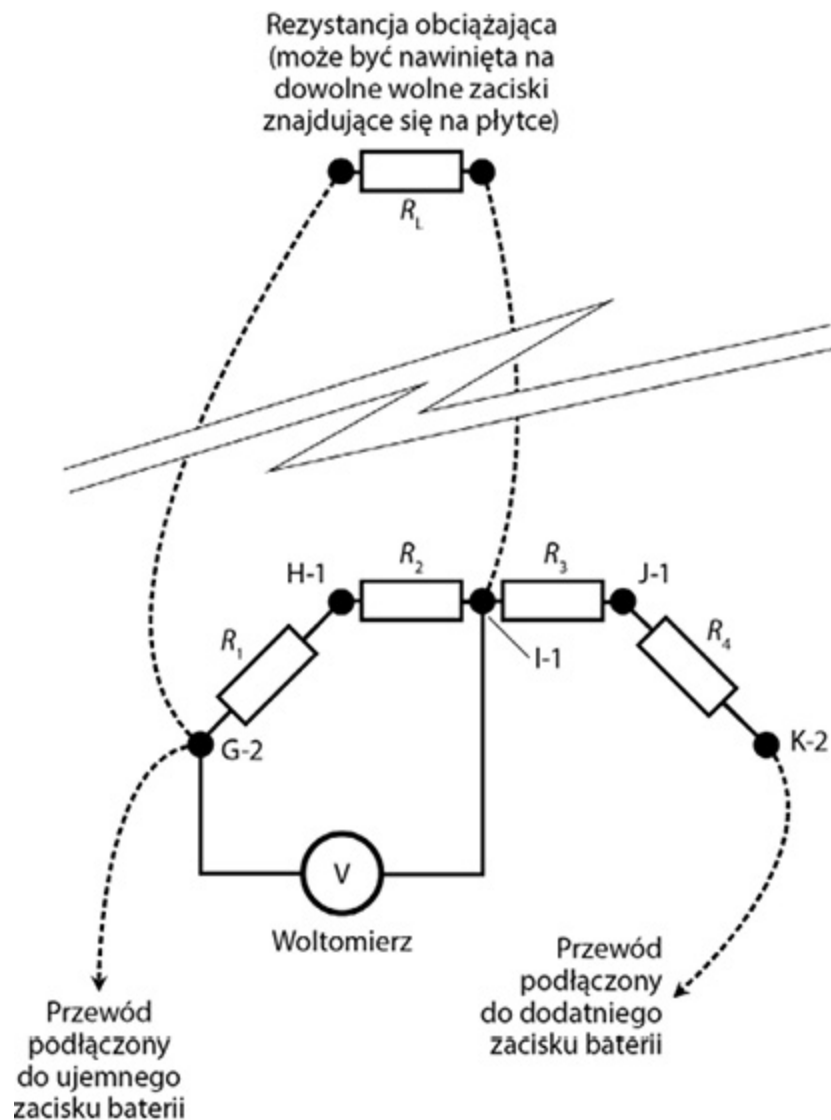
$$U_3 = 3,79 \text{ V}$$

$$U_4 = 6,30 \text{ V}$$

Gdy skończysz wykonywać pomiary, odepnij jeden z przewodów od któregoś bieguna baterii — zapobiegniesz w

ten sposób jej rozładowaniu.

Teraz podłącz miernik do rezystancji R_1+R_2 . Do obwodu podłącz za pomocą dwóch przewodów (znajdujący się w innym miejscu płytki) **rezystor obciążający**, jak pokazano na rysunku 6.12. W tym układzie prąd o napięciu U_2 będzie płynął również przez rezystor obciążający R_L . W miejscu rezystancji R_L podłącz każdy posiadany przez Ciebie rezystor. Jeżeli zakupiłeś wszystkie rezystory wymienione na liście materiałów, czeka Cię przeprowadzenie siedmiu pomiarów z rezystorami charakteryzującymi się oporem od $220\ \Omega$ do $3300\ \Omega$.



Rysunek 6.12. Układ przeznaczony do sprawdzania działania rezystancyjnego dzielnika napięcia; przerywane linie symbolizują przewody połączeniowe; schemat ten przedstawia pomiar zmian napięcia U_2 w wyniku dołączenia do układu lub odłączenia od niego rezystancji obciążającej R_L podłączonej równoległe do pary rezystorów R_1 i R_2 , które są połączone ze sobą szeregowo

Na przemian podłączaj i odłączaj jeden z przewodów łączących dzielnik napięcia z rezystorem obciążającym (R_L) — pozwoli Ci to zaobserwować wpływ tej rezystancji na napięcie U_2 . Jak widzisz, podłączenie zewnętrznego obciążenia wpływa na pracę dzielnika napięcia. Im mniejsza jest rezystancja R_L , tym mniejsze jest napięcie U_2 . Efekt ten

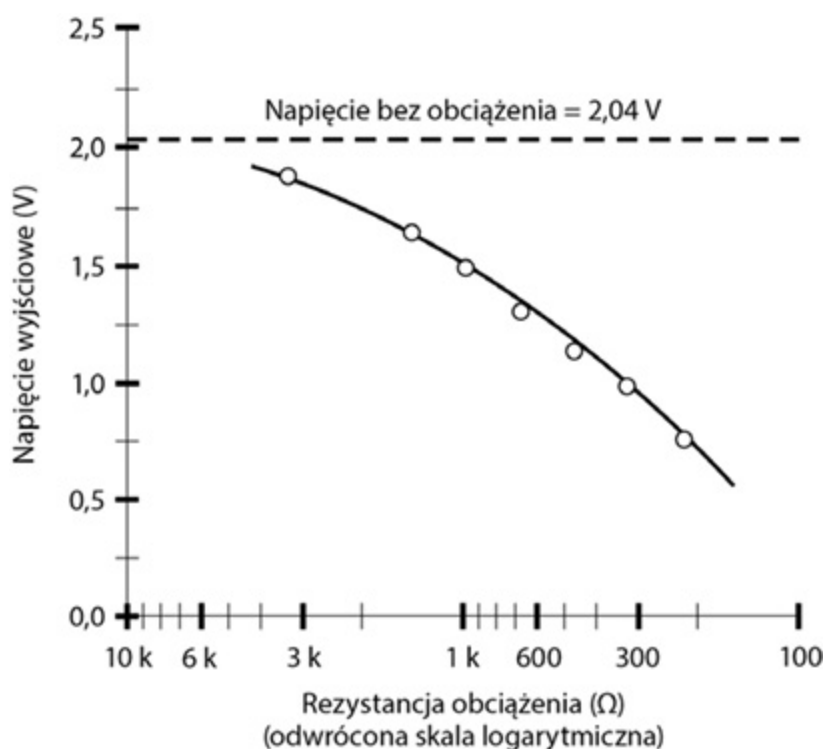
jest szczególnie widoczny, gdy rezystancja R_L przybiera małe wartości (symuluje ona „duże obciążenie”). W tabeli 6.2 umieściłem uzyskane wyniki. Aby uzyskać **wykres charakterystyki**, nanieś wyniki pomiarów na wykres — na osi poziomej umieść wartości R_L , a na osi pionowej wartości U_2 . Nanieś punkty, a następnie połącz je w celu otrzymania wykresu ilustrującego zależność napięcia od rezystancji obciążającej. Na rysunku 6.13 umieszczono wykres narysowany na podstawie danych, które uzyskałem w wyniku przeprowadzonych pomiarów. Zastosowałem na nim **odwróconą skalę logarymiczną** w celu równego rozmieszczenia wartości R_L . Zastosowanie tej skali pozwala na wyraźne pokazanie na wykresie wpływu zwiększającego się obciążenia na **konduktancję**.

Tabela 6.2. Wartości zmierzonych przeze mnie napięć przy różnych obciążeniach rezystancyjnego dzielnika napięcia przedstawionego na rysunku 6.12. W obwodzie zastosowałem rezystory o oporach $R_1 = 220 \Omega$, $R_2 = 328 \Omega$, $R_3 = 465 \Omega$ i $R_4 = 672 \Omega$. Wartości rezystancji obciążającej podane w lewej kolumnie uzyskałem w wyniku pomiarów oporu generowanego przez rezystory o znamionowym oporze 3300 Ω , 1500 Ω , 1000 Ω , 680 Ω , 470 Ω , 330 Ω i 220 Ω (w kolejności od góry do dołu)

Rezystor obciążający (Ω)	Napięcie wyjściowe (V)
3250	1,83
1470	1,63
983	1,49
671	1,32
466	1,14
326	0,96
220	0,76

Zastanów się!

Jak myślisz, jak będzie zachowywało się napięcie na obciążeniu, jeżeli do obwodu dołączysz równolegle dwa, trzy, cztery lub pięć rezystorów 220 Ω ? Podłączając rezystory w ten sposób, uzyskasz następujące wartości R_L : 110 Ω , 73 Ω , 55 Ω i 44 Ω . Podłączaj kolejno dodatkowe rezystory i zobacz, co się stanie! Jeżeli zakupiłeś wszystkie komponenty wymienione na liście elementów, to powinieneś dysponować pięcioma rezystorami charakteryzującymi się oporem 220 Ω .



Rysunek 6.13. Zmierzone przeze mnie wartości napięcia wyjściowego w zależności od rezystancji obciążenia dzielnika napięcia; linią przerywaną oznaczono napięcie (na połączonych szeregowo rezystorach R_1 i R_2) obwodu otwartego (bez obciążenia); wyniki pomiarów oznaczono na wykresie pustymi kółkami; krzywa narysowana linią ciągłą pokazuje wpływ malejącej rezystancji obciążenia na napięcie w obwodzie

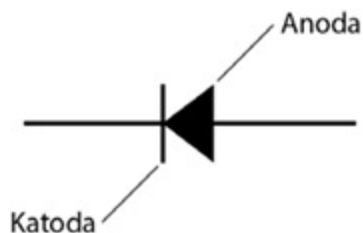
Wskazówka

W wyniku tego eksperymentu można dojść do wniosku, że inżynierowie projektujący dzielniki napięcia muszą wiedzieć, jakie będzie zewnętrzne obciążenie obwodu, w którym taki dzielnik ma działać. Jeżeli obciążenie będzie się zmieniać w dużym zakresie, a zwłaszcza gdy będzie się zwiększać, to rezystancyjny dzielnik napięcia nie będzie działał prawidłowo.

Diodowy układ obniżający napięcie

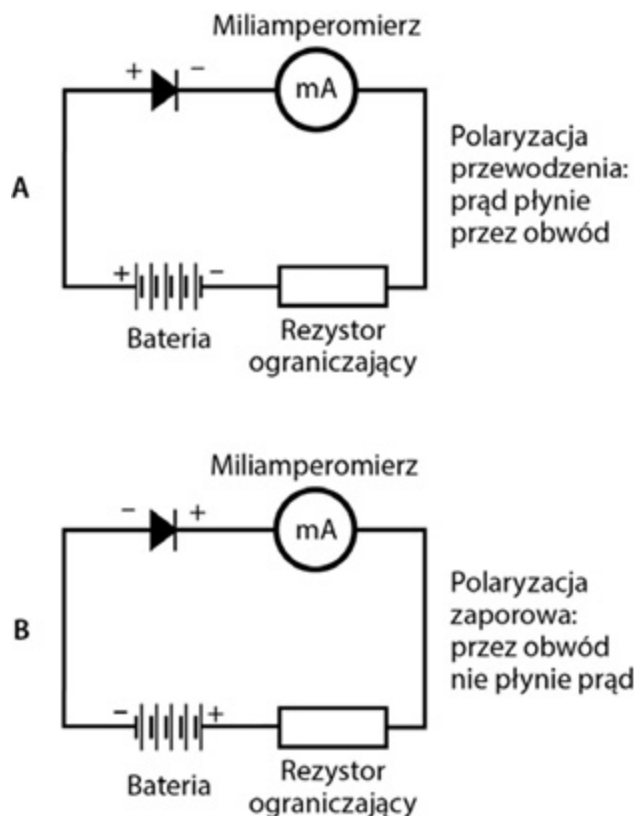
W celu obniżenia napięcia baterii dostarczającej prąd stały o niskim napięciu można zastosować diody prostownicze. Pozwalają one uzyskać bardziej przewidywalne wartości napięcia niż rezystancyjny dzielnik napięcia. Diody, które zakupiłem, dopuszczają przepływ prądu o natężeniu 1 A i charakteryzowały się **napięciem wstecznym** 600 V. Będziesz również potrzebował przynajmniej po jednym rezystorze każdego typu wymienionego w tabeli 6.1. Przydadzą Ci się również przewody zaciskowe.

Na rysunku 6.14 pokazano symbol prostej diody prostowniczej, która została wyprodukowana w wyniku połączenia kawałka półprzewodnika **typu p** oraz materiału **typu n**. Półprzewodnik typu n, symbolizowany przez krótką, prostą linię, tworzy **katodę** diody. Półprzewodnik typu p, symbolizowany przez strzałkę, tworzy **anodę**. W normalnych warunkach elektrony mogą z łatwością przepływać z katody do anody (w kierunku przeciwnym do zwrotu strzałki), ale nie z anody do katody (zgodnie ze zwrotem strzałki). Prąd konwencjonalny, który płynie od bieguna dodatniego do ujemnego, przepływa w kierunku zgodnym ze zwrotem strzałki.



Rysunek 6.14. Symbol diody półprzewodnikowej; krótka linia symbolizuje katodę, a strzałka anodę

Jeżeli połączysz szeregowo rezystor, baterię i diodę, to prąd będzie płynąć przez obwód tylko wtedy, gdy ujemny biegun baterii będzie podłączony do obwodu po stronie katody, a dodatni biegun baterii po stronie anody (tak jak pokazano w części A rysunku 6.15). Warunek taki nazywamy **polaryzacją przewodzenia**. Jeżeli w tym obwodzie odwrócimy baterię (podłączymy ją z odwrotną polaryzacją), tak jak pokazano w części B rysunku 6.15, to przez obwód nie będzie płynął prąd (chyba że będzie to prąd o wysokim napięciu). Warunek taki nazywamy **polaryzacją zaporową**. Rezystor zapobiega uszkodzeniu diody w wyniku przepływu zbyt dużego prądu (gdy dochodzi do polaryzacji przewodzenia).



Rysunek 6.15. Szeregowe połączenie baterii, rezystora, amperomierza i diody; na rysunku A polaryzacja przewodzenia sprawia, że prąd będzie płynął przez obwód, jeżeli jego napięcie będzie równe progowemu napięciu przewodzenia (lub będzie od niego wyższe); na rysunku B polaryzacja zaporowa sprawia, że prąd nie popłynie przez diodę, chyba że jego napięcie będzie bardzo wysokie

Prąd, aby przepłynąć przez diodę (nawet o polaryzacji przewodzenia), musi charakteryzować się pewnym napięciem. Inżynierowie nazywają tę „progową” wartość **napięciem przewodzenia**. W przypadku większości diod jest to ułamek wolta, jednakże wielkość ta jest w pewien sposób zależna od natężenia prądu płynącego przez diodę. Jeżeli napięcie prądu płynącego w kierunku przewodzenia przez **złącze p-n** diody jest niższe od progowego napięcia przewodzenia, to prąd taki nie popłynie przez diodę. Gdy diodę połączy się szeregowo z baterią w kierunku przewodzenia, to napięcie spadnie o wartość równą napięciu przewodzenia. Napięcie w układach ograniczających opartych na diodach nie spada wyraźnie

wraz ze wzrostem rezystancji obciążającej, co miało miejsce w układach ograniczających napięcie opartych na rezystorach.

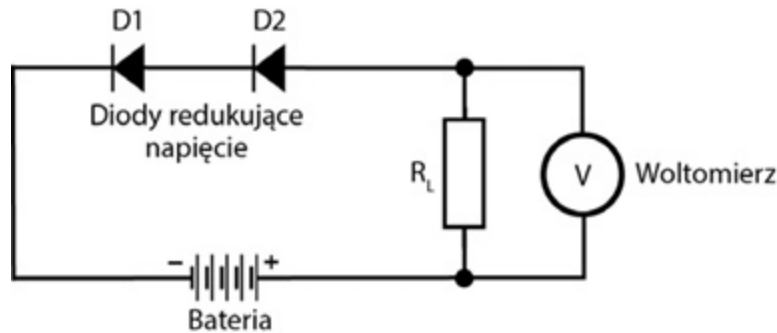
W warunkach normalnych prąd nie płynie przez diodę w kierunku zaporowym, jednakże są pewne warunki, w których dochodzi do przepływu prądu w takim kierunku. Jeżeli napięcie prądu spolaryzowanego zaporowo będzie wystarczająco wysokie (zwykle o wiele większe od wartości napięcia przewodzenia), to prąd popłynie przez półprzewodnik w wyniku tak zwanego **efektu lawinowego**. Z tego zjawiska korzysta się w diodach Zenera stosowanych do regulacji napięć w zasilaczach.

Czy wiesz, że...?

Jeżeli połączysz ze sobą szeregowo dwie identyczne diody prostownicze, zachowując jednakową polaryzację, to w takim układzie ich napięcia przewodzenia sumują się, a więc możesz uzyskać stabilny i przewidywalny spadek napięcia o wartości równej ilości diod pomnożonej przez napięcie przewodzenia pojedynczej diody. Technika ta sprawdza się, jeżeli w obwodzie znajduje się jakieś obciążenie — przez diody musi wtedy płynąć prąd.

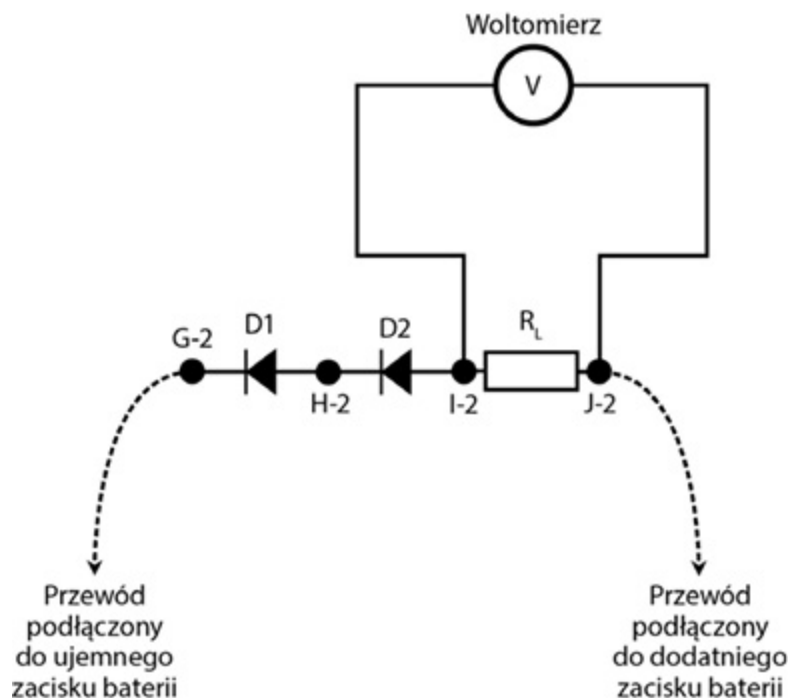
Układ obniżający napięcie możesz wykonać, łącząc ze sobą dwie diody z zachowaniem polaryzacji (jak pokazano na rysunku 6.16). Prąd będzie płynął przez rezystor obciążający R_L , jeżeli prąd płynący w kierunku przewodzenia będzie mieć wystarczające napięcie. Na rysunku 6.17 znajduje się schemat wykonawczy przedstawiający ułożenie elementów obwodu na Twojej płytce eksperymentalnej. Ustaw swój miernik w tryb pomiaru napięcia prądu stałego w zakresie od 0 V do 20 V. Podłącz miernik do rezystora obciążającego, zachowując odpowiednią polaryzację (aby otrzymać dodatnie wartości

mierzonego napięcia). W roli rezystancji R_L zastosuj wszystkie posiadane przez Ciebie rezystory (tak jak w poprzednim eksperymencie). Zmierz napięcie dla każdego zastosowanego rezystora. Będziesz musiał przeprowadzić siedem pomiarów dla rezystorów charakteryzujących się oporem od $220\ \Omega$ do $3300\ \Omega$.



Rysunek 6.16. Schemat ideowy prezentujący sposób pomiaru napięcia na rezystancji obciążającej R_L w obwodzie redukującym napięcie opartym na dwóch diodach

Rezystancja obciążająca R_L wpływa na działanie układu redukującego napięcie opartego na diodach, jednakże wpływa ona na ten układ w inny sposób, niż wpływała na omówiony wcześniej rezystancyjny dzielnik napięcia. W wyniku przeprowadzonych pomiarów zobaczysz, że wraz ze zmniejszeniem rezystancji R_L mierzona różnica potencjałów zmniejsza się, jednakże są to dość małe zmiany. Napięcie spada **coraz łagodniej** wraz ze spadkiem oporu stawianego przez rezystor R_L . Porównaj działanie tego obwodu z działaniem rezystancyjnego dzielnika napięcia, w przypadku którego wraz ze zmniejszaniem się rezystancji napięcie spadało **coraz gwałtowniej**. W tabeli 6.3 umieściłem wyniki przeprowadzonych pomiarów.

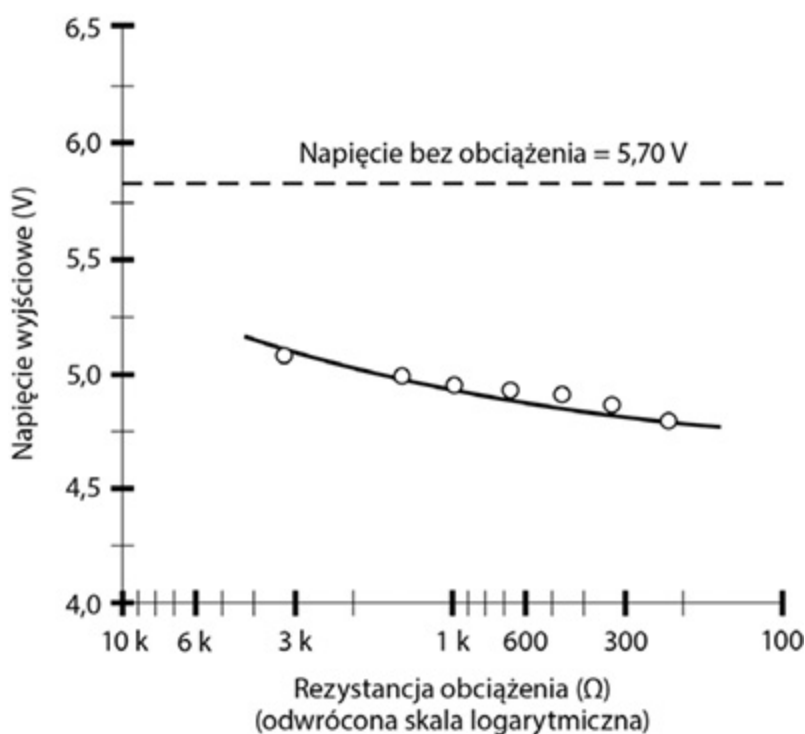


Rysunek 6.17. Sugerowany sposób połączenia na płytce eksperymentalnej obwodu przeznaczonego do pomiarów napięcia na rezystancji obciążającej obwód redukujący napięcie oparty na dwóch diodach; duże kropki symbolizują zaciski znajdujące się na płytce; linie przerywane symbolizują przewody połączeniowe; łącząc obwód, zwróć szczególną uwagę na polaryzację diod; ich katody powinny być zwrócone w kierunku ujemnego bieguna baterii

Tabela 6.3. Napięcia uzyskane w wyniku pomiarów prowadzonych przy różnych rezystancjach obciążających układ obniżający napięcie oparty na diodach; układ składał się z dwóch diod (1 A, 600 V) podłączonych w kierunku przewodzenia do baterii o napięciu 6,30 V

Rezystor obciążający (W)	Napięcie wyjściowe (V)
3250	5,08
1470	4,99
983	4,96
672	4,91
466	4,88
326	4,84
220	4,79

Na podstawie wyników pomiarów stwórz wykres, w którym oś pozioma będzie przedstawiać wartości rezystancji obciążającej, a oś pionowa zmierzoną różnicę potencjałów. Następnie połącz punkty za pomocą krzywej, tak jak to robiłeś w poprzednim eksperymencie. Wykonując to proste ćwiczenie, otrzymałem wykres pokazany na rysunku 6.18. Tak jak poprzednio zastosowałem na nim odwróconą skalę logarytmiczną w celu umieszczenia na wykresie wartości rezystancji R_L . Porównaj wykres znajdujący się na rysunku 6.18 z wykresem umieszczonym na rysunku 6.13 (z poprzednim eksperymencie).



Rysunek 6.18. Zmierzone przeze mnie wartości napięcia wyjściowego w zależności od rezystancji obciążenia układu obniżającego napięcie opartego na diodach; linią przerywaną oznaczono napięcie obwodu otwartego (bez obciążenia); wyniki pomiarów oznaczono na wykresie pustymi kółkami; krzywa narysowana linią ciągłą pokazuje charakterystykę obwodu

Zastanów się!

Powtórz ten eksperyment, stosując tylko jedną diodę. Jeżeli masz ochotę na wycieczkę do sklepu i zakup kolejnej pary diod, możesz przeprowadzić to ćwiczenie z obwodem obejmującym trzy lub cztery diody połączone szeregowo. Możesz również pokusić się o zakup kolejnych rezystorów charakteryzujących się oporem znajdującym się, powiedzmy, w granicach od 100Ω do $100\,000 \Omega$ i przeprowadzić pomiary, umieszczając je w miejscu rezystancji R_L .

Uwaga!

W zaprezentowanym układzie nie stosuj rezystorów charakteryzujących się oporem mniejszym od około 75Ω . Rezystor o oporze mniejszym od 75Ω i mocy $0,5 \text{ W}$ będzie pozwalał na przepływ prądu o zbyt dużym natężeniu, co może doprowadzić do uszkodzenia rezystora i najprawdopodobniej diod.

Niedopasowane żarówki połączone szeregowo

Gdy dwie różne żarówki połączą się szeregowo, każda z nich pracuje pod innym napięciem i pobiera inną moc wyrażoną w **woltamperach** (VA), co pokazuje poniższy eksperyment. Być może pamiętasz jeszcze z nauki podstaw elektryczności, że moc w obwodach prądu stałego jest iloczynem napięcia wyrażonego w woltach i natężenia wyrażonego w amperach — dlatego moc w obwodach prądu stałego wyrażamy w **woltamperach**. Do przeprowadzenia eksperymentu będziesz potrzebował żarówki o znamionowym napięciu $6,3 \text{ V}$, żarówki o znamionowym napięciu $7,5 \text{ V}$, czterech ogniw AA i kilku przewodów zaciskowych.

Twoja płytka eksperymentalna posiada dwa przykręcane gniazda żarówek. Ułóż płytkę tak, aby po lewej stronie mieć jedno gniazdo, a po prawej drugie. W gniazdo znajdujące się po lewej stronie wkręć żarówkę 6,3 V, a w gniazdo znajdujące się po prawej stronie wkręć żarówkę 7,5 V. Za pomocą krótkiego nieizolowanego drutu zewrzyj zaciski D-1 i D-2 — górny zacisk lewego gniazda żarówki ma być połączony z dolnym zaciskiem prawego gniazda żarówki. Następnie połącz pozostałe zaciski gniazd żarówek z biegunami baterii — żarówki mają być połączone szeregowo. Obie żarówki nie będą świecić pełną mocą.

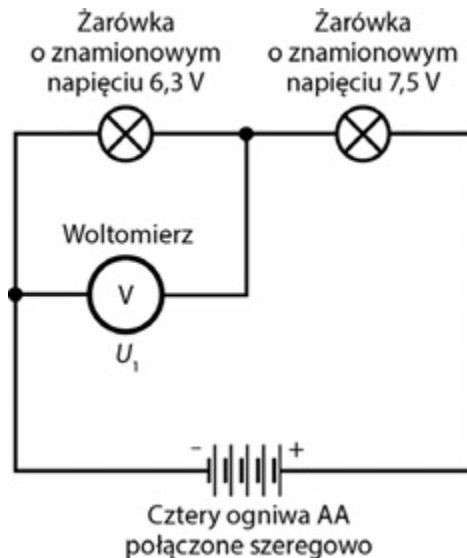
Żarówkę znajdującą się bliżej ujemnego bieguna baterii nazwijmy „żarówką U”. Będzie to żarówka, która znajduje się po Twojej lewej stronie. Żarówkę znajdującą się bliżej dodatniego bieguna baterii nazwijmy „żarówką D”. Będzie ona znajdować się po Twojej prawej stronie. Wykręć z gniazda żarówkę U. W chwili, gdy żarówka ta straci styk z gniazdem, zgaśnie również żarówka D. Wkręć z powrotem żarówkę U i wykręć żarówkę D. Po jej wykręceniu zgaśnie żarówka U. Jest to zjawisko typowe dla obwodu szeregowego. Jeżeli któryś z komponentów przerwie obwód, prąd przestanie płynąć również przez wszystkie pozostałe elementy obwodu.

Zaciski żarówki U zewrzyj za pomocą przewodu połączeniowego. Żarówka N zgaśnie, bo pomiędzy jej zaciskami nie będzie żadnej różnicy potencjałów. Żarówka D zacznie za to świecić z prawie pełną jasnością. Usuń przewód zwierający zaciski żarówki U i zewrzyj nim zaciski żarówki D. Żarówka D zgaśnie, a żarówka U zacznie świecić z pełną jasnością. Zjawisko to jest typowym zjawiskiem występującym w obwodach szeregowych. Jeżeli zewrzemy zaciski dowolnego komponentu znajdującego się w obwodzie, wszystkie pozostałe komponenty tego obwodu dostaną więcej mocy.

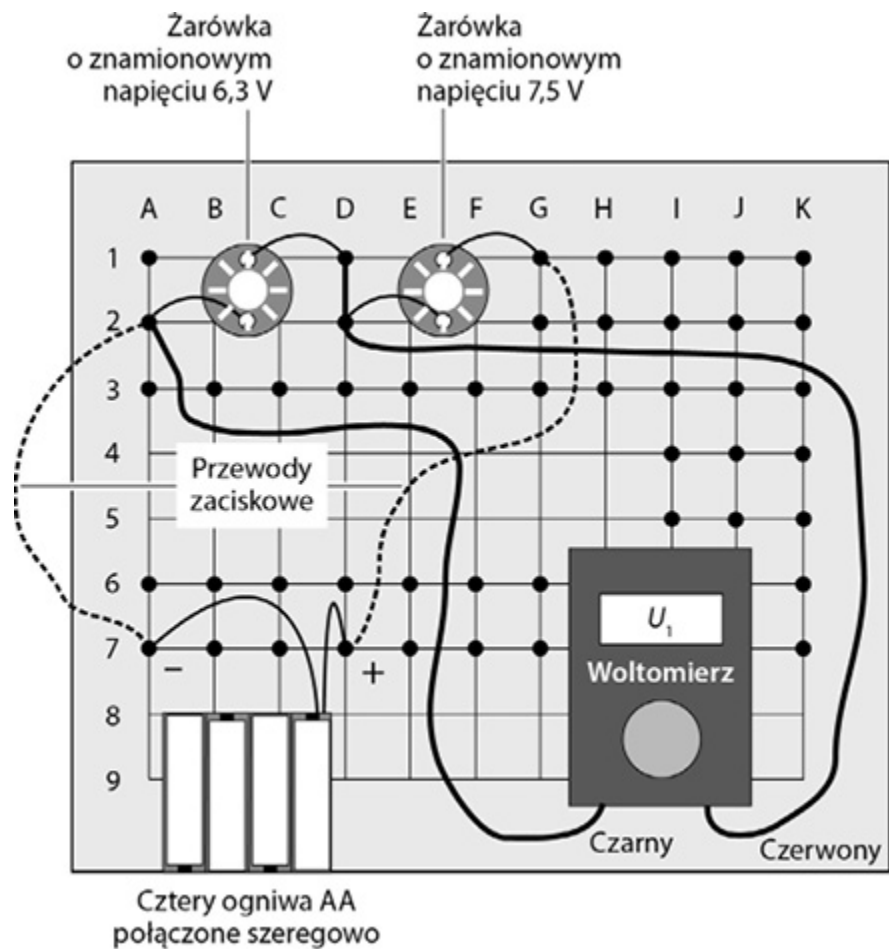
Ustaw miernik tak, aby mierzył napięcie prądu stałego. Podłącz przewody zaciskowe tak, aby żarówki były ponownie połączone szeregowo i świeciły ułamkiem swojej mocy maksymalnej. Zmierz napięcie U_1 pomiędzy zaciskami żarówki U — pokazano to na schemacie ideowym znajdującym się na rysunku 6.19 oraz na schemacie wykonawczym znajdującym się na rysunku 6.20. Następnie dokonaj pomiaru napięcia U_2 pomiędzy zaciskami żarówki D — pokazano to na schemacie ideowym znajdującym się na rysunku 6.21 oraz na schemacie wykonawczym znajdującym się na rysunku 6.22. W wyniku przeprowadzonych pomiarów uzyskałem następujące wartości napięć:

$$U_1 = 2,20 \text{ V}$$

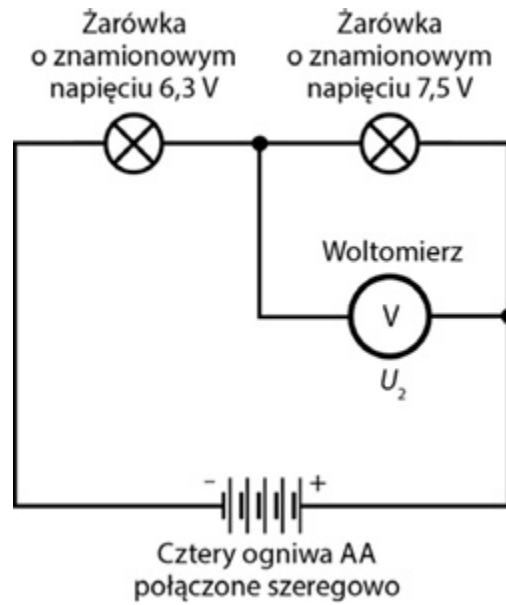
$$U_2 = 3,64 \text{ V}$$



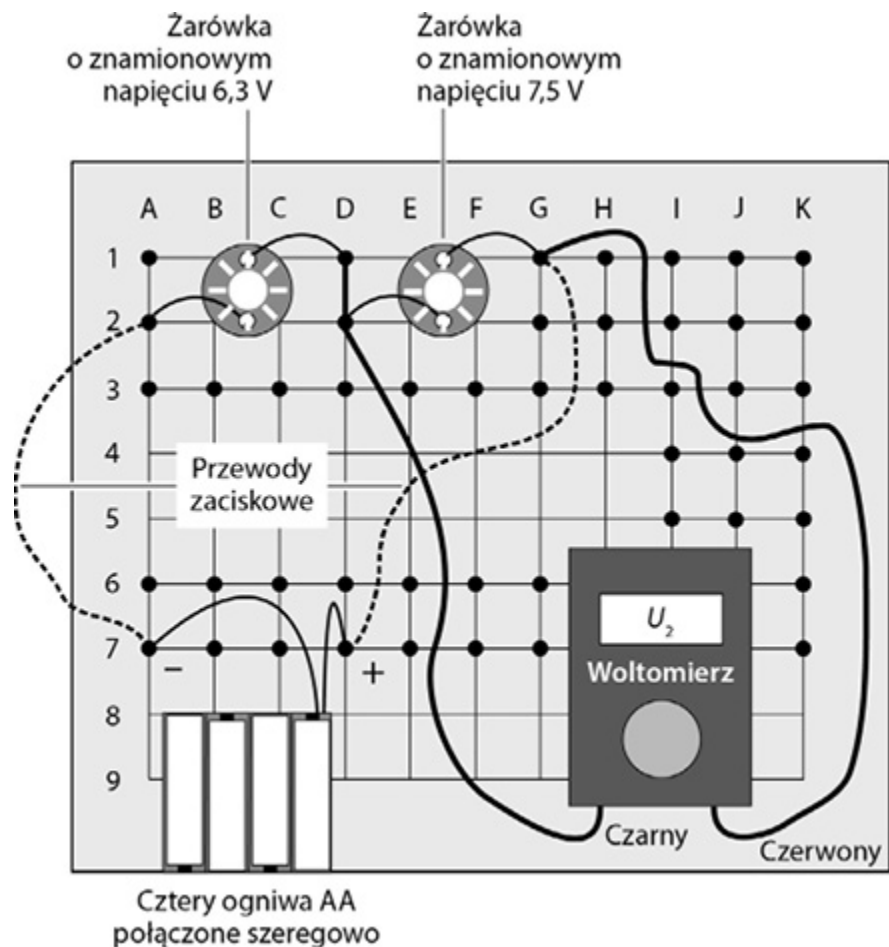
Rysunek 6.19. Pomiar napięcia U_1 pomiędzy zaciskami żarówki znajdującej się bliżej ujemnego bieguna baterii (żarówka U o napięciu znamionowym 6,3 V)



Rysunek 6.20. Obwód przedstawiony na schemacie ideowym znajdującym się na rysunku 6.19, wykonany w praktyce na płytce eksperymentalnej



Rysunek 6.21. Pomiar napięcia U_2 pomiędzy zaciskami żarówki znajdującej się bliżej dodatniego bieguna baterii (żarówka D o napięciu znamionowym 7,5 V)



Rysunek 6.22. Obwód przedstawiony na schemacie ideowym znajdującym się na rysunku 6.21, wykonany w praktyce na płytce eksperymentalnej

Wskazówka

Jeżeli nie jesteś w stanie zakupić żarówek dokładnie o takim napięciu, jakie podano w tabeli 6.1, to w markecie budowlanej lub sklepie z podzespołami RTV kup dwie żarówki, które charakteryzują się nieznacznie różnymi napięciami znamionowymi lub mocami. Obie żarówki powinny być przeznaczone do pracy pod napięciem w granicach od 6 V do 12 V.

Teraz możesz określić napięcie U — różnicę potencjałów pomiędzy skrajnymi zaciskami dwóch żarówek połączonych

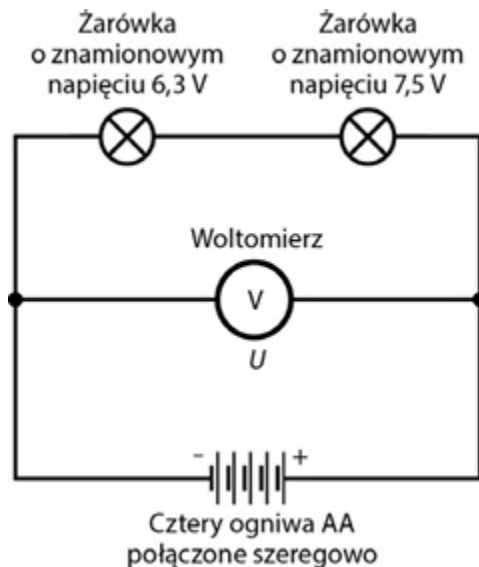
szeregowo. Schemat ideowy układu pomiarowego pokazano na rysunku 6.23, a schemat wykonawczy tego obwodu na rysunku 6.24. Teoretycznie w wyniku pomiaru powinieneś uzyskać wartość:

$$U = U_1 + U_2$$

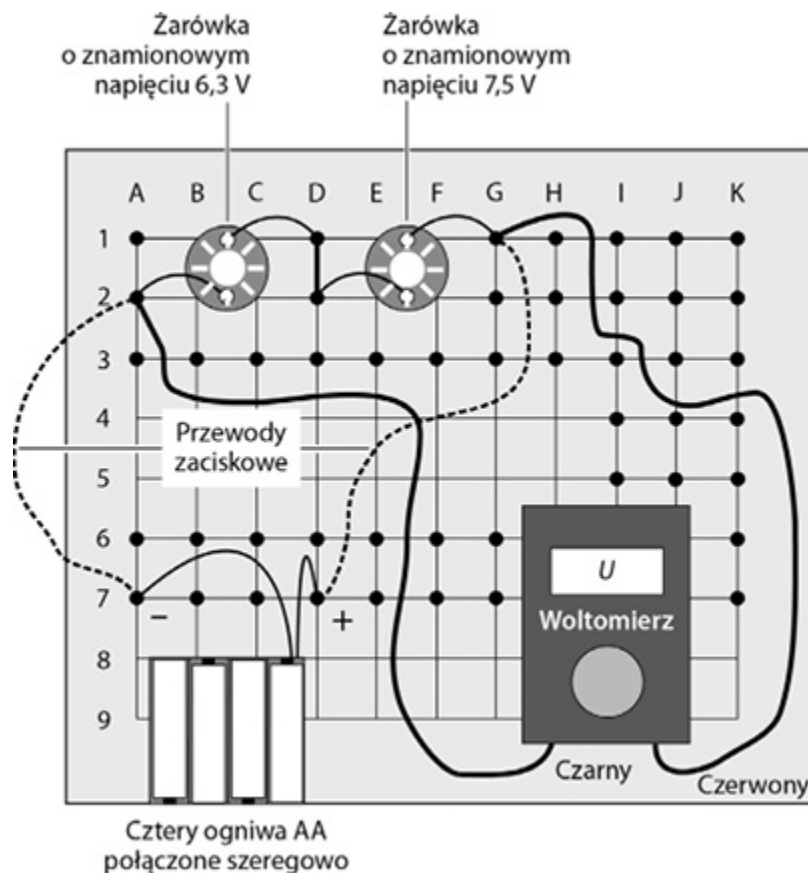
Podstawiając do tego wzoru wartości uzyskane w wyniku przeprowadzonych wcześniej pomiarów, otrzymałem przewidywaną wartość napięcia U :

$$U = 2,20 + 3,64$$

$$U = 5,84 \text{ V}$$



Rysunek 6.23. Pomiar napięcia U pomiędzy zaciskami dwóch różnych żarówek połączonych szeregowo

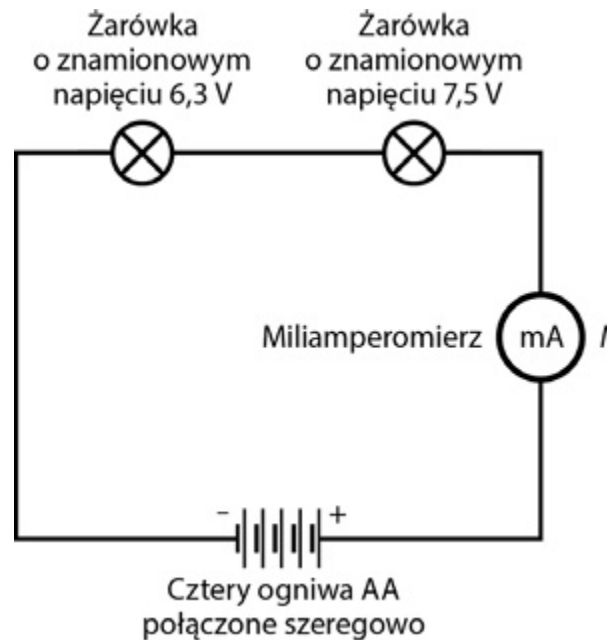


Rysunek 6.24. Obwód przedstawiony na schemacie ideowym znajdującym się na rysunku 6.23, wykonany w praktyce na płytce eksperymetalnej

Mój pomiar wykazał, że $U = 5,85 \text{ V}$ — wartość ta jest wyraźnie niższa od $6,30 \text{ V}$. Początkowe pomiary napięcia ogniwa wykonywałem bez podłączania do niego odbiorników. Jak widać, dwie żarówki stanowią dość duże obciążenie dla baterii składającej się z czterech ogniwa AA. Muszę również wziąć pod uwagę to, że używałem tej samej baterii do wielu eksperymentów (również takich, które nie zostały opisane tutaj), a to mogło w znacznym stopniu rozładować ogniwa AA, z których korzystałem.

Ustaw swój miernik w tryb pomiaru natężenia prądu stałego (w miliamperach) i włącz go w obwód tak, jak pokazano na schemacie ideowym umieszczonym na rysunku 6.25 i odpowiadającym mu schemacie wykonawczym umieszczonym na rysunku 6.26. Takie podłączenie miernika

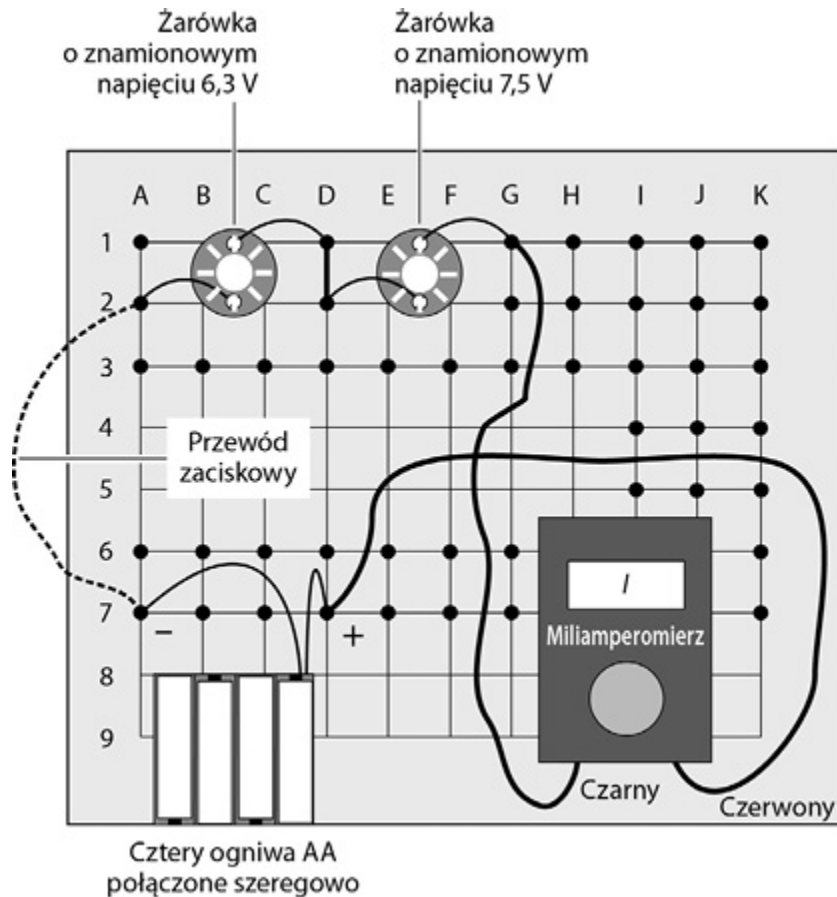
do obwodu pozwoli na pomiar natężenia prądu płynącego przez dwie żarówki połączone szeregowo. Mój miernik pokazał natężenie 139 mA (0,139 A).



Rysunek 6.25. Pomiar natężenia prądu płynącego przez dwie różne żarówki połączone szeregowo

Teraz znasz już napięcie pomiędzy zaciskami każdej z żarówek, a także wiesz, jakie jest natężenie prądu pobieranego przez cały obwód. Możesz teraz określić moc całego obwodu oraz moc każdej z żarówek. Niech P_{VA1} symbolizuje moc (wyrażoną w woltamperach) pobieraną przez żarówkę U . W celu obliczenia tej mocy skorzystaj z poniższego wzoru:

$$P_{VA1} = U_1 I$$



Rysunek 6.26. Obwód przedstawiony na schemacie ideowym znajdującym się na rysunku 6.25, wykonany w praktyce na płytce eksperymentalnej

Po podstawieniu do tego wzoru wartości uzyskanych w wyniku przeprowadzonych pomiarów otrzymałem:

$$P_{VA1} = 2,20 \times 0,139 = 0,306 \text{ VA}$$

Niech P_{VA2} symbolizuje moc (wyrażoną w woltamperach) pobieraną przez żarówkę D. W celu obliczenia tej mocy skorzystaj z poniższego wzoru:

$$P_{VA2} = U_2 I$$

Po podstawieniu wartości otrzymałem:

$$P_{VA2} = 3,64 \times 0,139 = 0,506 \text{ VA}$$

Niech P_{VA} symbolizuje moc (wyrażoną w woltamperach) pobieraną przez działające jednocześnie dwie żarówki. W

celu obliczenia tej mocy skorzystaj ze wzoru:

$$P_{VA} = UI$$

Po podstawieniu wartości uzyskanych w wyniku przeprowadzonych eksperymentów otrzymałem:

$$P_{VA} = 5,85 \times 0,139 = 0,813 \text{ VA}$$

Teoretycznie moc pobierana przez dwie żarówki powinna być sumą mocy pobieranych przez każdą z tych żarówek:

$$P_{VA} = P_{VA1} + P_{VA2}$$

Dodając te wartości do siebie ($P_{VA1} = 0,306 \text{ VA}$ i $P_{VA2} = 0,506 \text{ VA}$), otrzymałem:

$$P_{VA} = 0,306 + 0,506 = 0,812 \text{ VA}$$

Różnica otrzymanych wyników stanowi mały ułamek procentu tych wartości, a więc eksperyment wykonałem poprawnie.

Podsumowanie i wnioski







Dobry schemat ideowy (lub zestaw takich schematów) bardzo przydaje się podczas projektowania, tworzenia, a także wykrywania i usuwania usterek sprzętu elektronicznego. Schematy wykonawcze mogą również okazać się bardzo przydatne podczas pracy. Lektura żadnego schematu nie zastąpi obcowania z prawdziwym sprzętem elektronicznym. Jednak posiadanie schematu ideowego i wykonawczego z pewnością ułatwi Ci pracę z elektroniką.


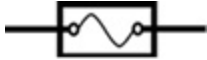






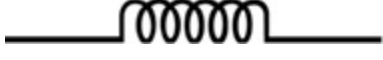

Jeżeli wykonałeś wszystkie eksperymenty opisane w tym rozdziale, to prawdopodobnie uzyskałeś trochę inne wyniki pomiarów. Jeśli zastosowałeś zupełnie inne komponenty (np. żarówki stosowane w ostatnim eksperymencie), to z

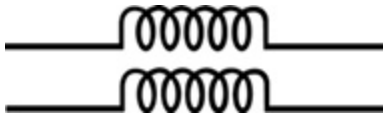
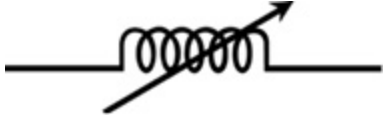
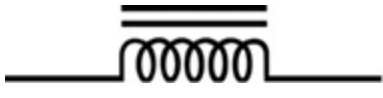
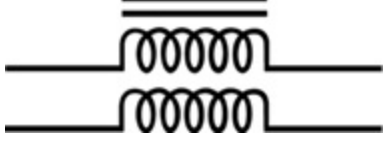
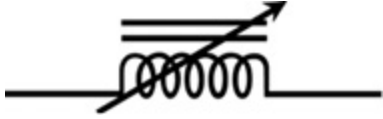
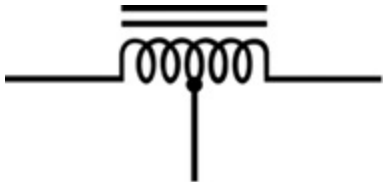


pewnością uzyskałeś zupełnie inne wartości mierzonych wielkości. Jeżeli wykonałeś eksperymenty albo po prostu wyobrażałeś je sobie podczas lektury tego rozdziału, to wiesz, że schematy ideowe, schematy wykonawcze, ilustracje i tabele uzupełniają się wzajemnie! Wszystkie te narzędzia należą do arsenału, z którego inżynier potrafi czerpać przydatną mu wiedzę.

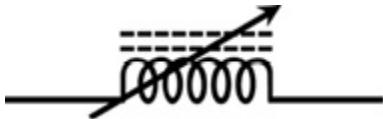
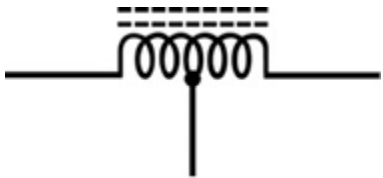

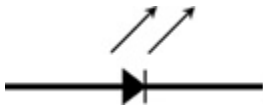





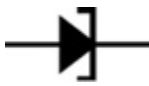
Chciałbym ponownie polecić Ci moją książkę *Electricity Experiments You Can Do at Home*. Lektura tej książki pozwoli Ci zdobyć wiedzę teoretyczną, a także doświadczenie laboratoryjne. Ponadto dowiesz się o wielu dość dziwnych zjawiskach. Jeżeli natomiast szukasz książki, która zawiera nieco szerszy zakres wiedzy teoretycznej na temat elektroniki i elektrotechniki, a jednocześnie przedstawia na tyle proste przekształcenia matematyczne, że żaden miłośnik elektroniki nie znudzi się podczas lektury, to polecam Ci najnowsze wydanie *Teach Yourself Electricity and Electronics*. Obie te książki zostały wydane przez wydawnictwo McGraw-Hill i znajdziesz je w większych księgarniach internetowych.


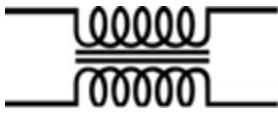


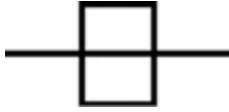


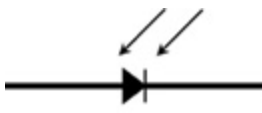


Dodatek A Symbole stosowane na schematach

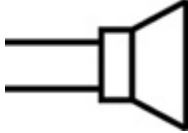




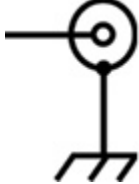


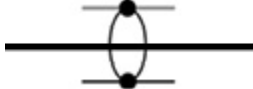
akumulator elektrochemiczny	
amperomierz	
anoda (lampa elektronowa)	
antena — symbol ogólny	
antena pętlowa	
antena pętlowa wielozwojowa	
antena symetryczna	






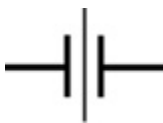
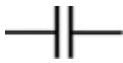
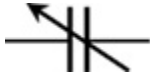
	
bezpiecznik	
bramka AND	
bramka NAND	
bramka NOR	
bramka NOT	
bramka OR	
bramka XOR	
cewka powietrzna	
cewka powietrzna z zaczepami	
cewka powietrzna, bifilarna	







	
cewka powietrzna, nastawna	
cewka z rdzeniem ferromagnetycznym	
cewka z rdzeniem ferromagnetycznym, bifilarna	
cewka z rdzeniem ferromagnetycznym, nastawna	
cewka z rdzeniem ferromagnetycznym, z zaczepami	
cewka z rdzeniem wykonanym ze sproszkowanego żelaza	
cewka z rdzeniem wykonanym ze sproszkowanego żelaza, bifilarna	
cewka z rdzeniem wykonanym ze sproszkowanego żelaza, nastawna	

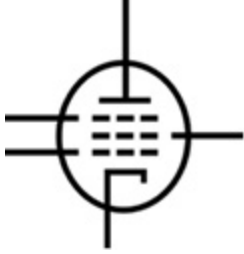
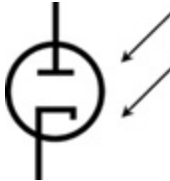
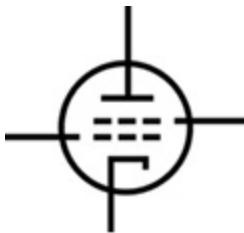

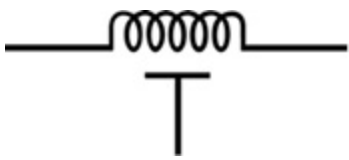

	
cewka z zaczeplami, z rdzeniem wykonanym ze sproszkowanego zelaza	
dioda — symbol ogólny	
dioda elektroluminescencyjna (LED)	
dioda Gunna	
dioda PIN	
dioda pojemnościowa (waraktor)	
dioda polowa	
dioda Schottky'ego	
dioda tunelowa	
dioda Zenera	






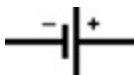
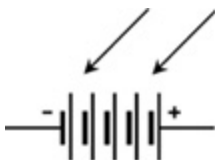
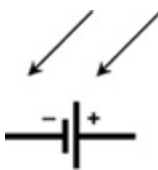

	
dławik nasycony	
falowód giętki	
falowód kołowy	
falowód prostokątny	
falowód skręcający	
filtr ferrytowy	
fotodioda	
galwanometr	
generator sygnału	
głośnik	

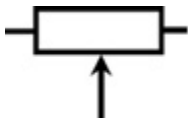




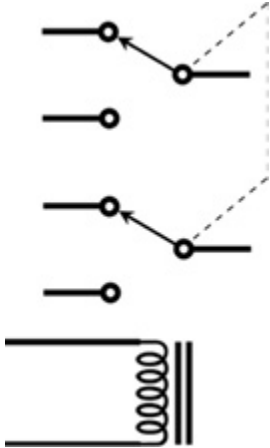
	
gniazdko dwustykowe, niespolaryzowane	
gniazdko dwustykowe, spolaryzowane	
gniazdko trójfazowe	
gniazdko trójstykowe	
gniazdo wtykowe współosiowe (słuchawkowe)	
gniazdo wtykowe, słuchawkowe, dwustykowe	
gniazdo wtykowe, słuchawkowe, trójstykowe	
kabel koncentryczny	

katoda bezpośrednio żarzona (lampa elektronowa)	
katoda bezpośrednio żarzona (lampa elektronowa)	
katoda zimna (lampa elektronowa)	
katoda żarzona pośrednio (lampa elektronowa)	
klucz telegraficzny	
kondensator przepustowy	
kondensator stały	
kondensator zmienny	
kondensator zmienny typu split-rotor	

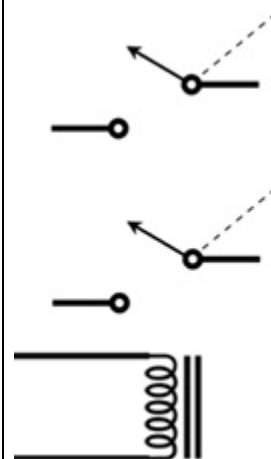
	
kondensator zmienny typu split-stator	
kryształ piezoelektryczny	
lampa dioda	
lampa heksoda	
lampa heptoda	
lampa pentoda	

	
lampa światłoczuła	
lampa tetroda	
lampa trioda	
linia opóźniająca	
miernik (symbol ogólny)	
mikroamperomierz	

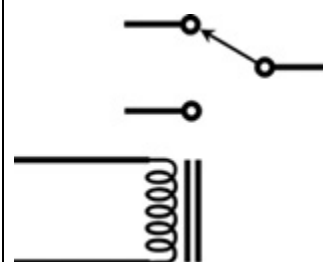
	
mikrofon	
mikrofon kierunkowy	
miliamperomierz	
neonówka	
ogniwo elektrochemiczne	
ogniwo fotowoltaniczne	
ogniwo słoneczne	
optoizolator	

potencjometr	
prostownik (lampa próżniowa)	
prostownik (lampa wypełniona gazem)	
prostownik krzemowy, sterowany	
prostownik półprzewodnikowy	
przełącznik DPDT	

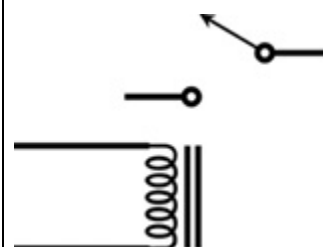
przełącznik DPST



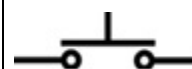
przełącznik SPDT



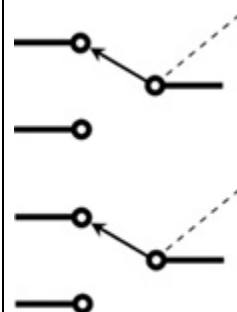
przełącznik SPST



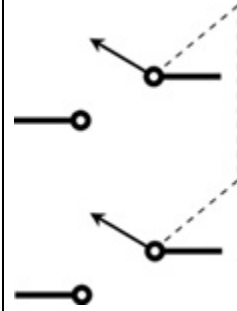
przełącznik chwilowy



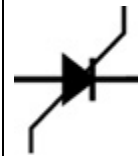
przełącznik DPDT



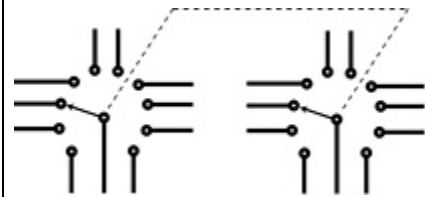
przełącznik DPST



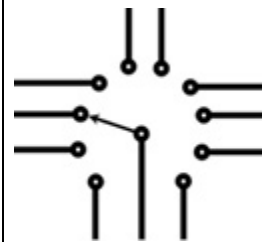
przełącznik krzemowy sterowany



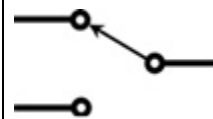
przełącznik obrotowy, podwójny



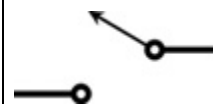
przełącznik obrotowy, pojedynczy



przełącznik SPDT



przełącznik SPST



przerywacz



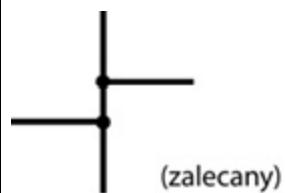
przewody krzyżujące się, niezwarłe ze sobą



lub



przewody krzyżujące się, zwarte



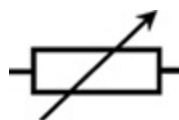
lub



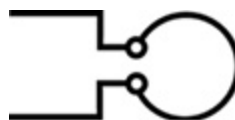
punkt kontrolny



reostat

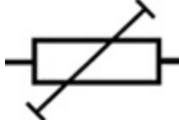

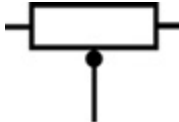









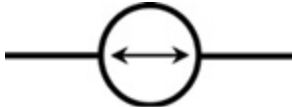

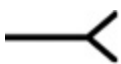

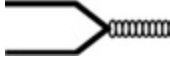
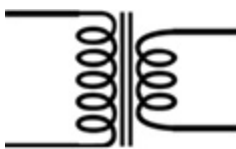
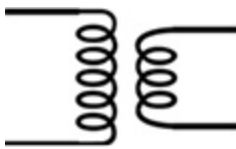
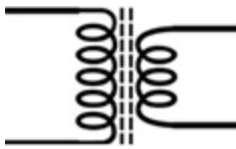
rezonator

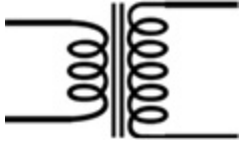
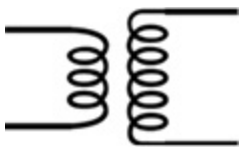
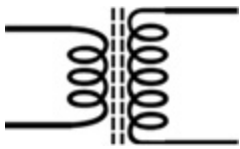
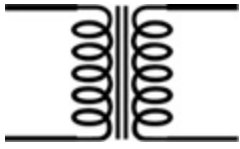
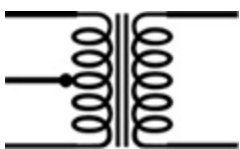
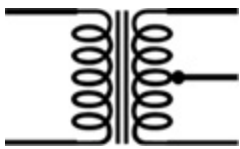
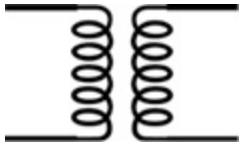
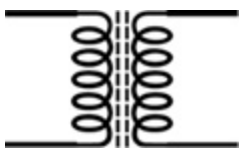


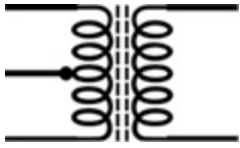
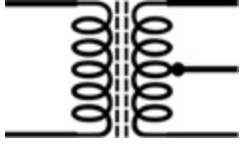
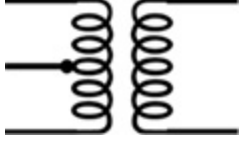

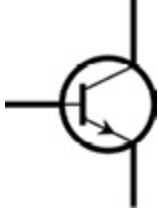
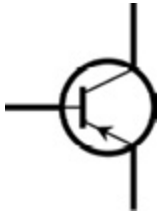
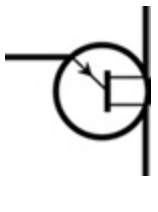
rezonator wnąkowy

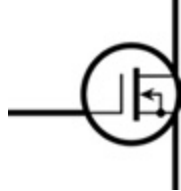
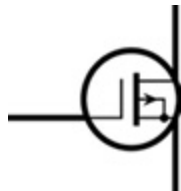
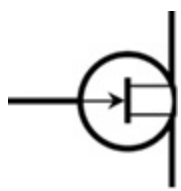
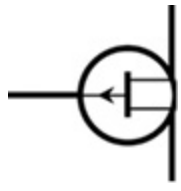
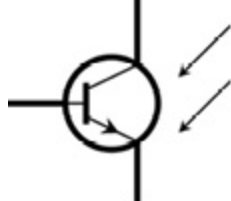
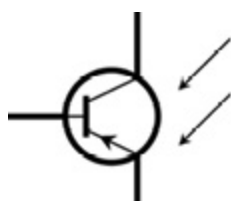


rezystor nastawny	
rezystor stały	
rezystor z zaczepami	
siatka (lampa elektronowa)	
słuchawka nagłowna	
słuchawka nagłowna (pojedyncza)	
słuchawki nagłowne	
słuchawki nagłowne (stereofoniczne)	
sonda, częstotliwość radiowa	

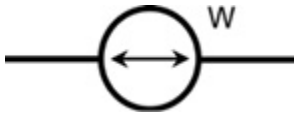
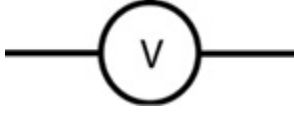






	 lub 
sprzęgacz kierunkowy	
styk męski (symbol ogólny)	
styk żeński (symbol ogólny)	
termopara	 lub 
transformator obniżający napięcie z rdzeniem ferromagnetycznym	
transformator obniżający napięcie z rdzeniem powietrznym	
transformator obniżający napięcie z rdzeniem wykonanym ze sproszkowanego żelaza	

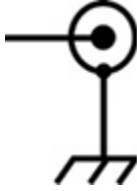

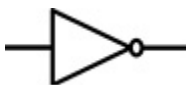
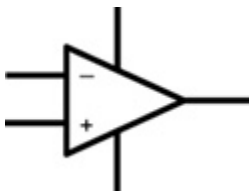


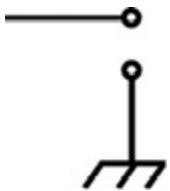
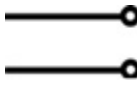
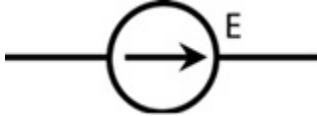
transformator podwyższający napięcie z rdzeniem ferromagnetycznym	
transformator podwyższający napięcie z rdzeniem powietrznym	
transformator podwyższający napięcie z rdzeniem wykonanym ze sproszkowanego żelaza	
transformator z rdzeniem ferromagnetycznym	
transformator z rdzeniem ferromagnetycznym, w którym uzwojenie pierwotne posiada zaczepty	
transformator z rdzeniem ferromagnetycznym, w którym uzwojenie wtórne posiada zaczepty	
transformator z rdzeniem powietrznym	
transformator z rdzeniem wykonanym ze sproszkowanego żelaza	

<p>transformator z rdzeniem wykonanym ze sproszkowanego żelaza, w którym uzwojenie pierwotne posiada zaczepty</p>	
<p>transformator z rdzeniem wykonanym ze sproszkowanego żelaza, w którym uzwojenie wtórne posiada zaczepty</p>	
<p>transformator, w którym uzwojenie pierwotne posiada zaczepty</p>	
<p>transformator, w którym uzwojenie wtórne posiada zaczepty</p>	
<p> tranzystor bipolarny typu <i>nnp</i></p>	
<p> tranzystor bipolarny typu <i>ppn</i></p>	
<p> tranzystor jednozłączowy</p>	

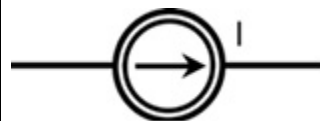
<p>tranzystor polowy typu metal-tlenek-półprzewodnik (MOSFET) z kanałem typu n</p>	
<p>tranzystor polowy typu metal-tlenek-półprzewodnik (MOSFET) z kanałem typu p</p>	
<p>tranzystor polowy z kanałem typu n</p>	
<p>tranzystor polowy z kanałem typu p</p>	
<p>tranzystor światłoczuły typu nnp</p>	
<p>tranzystor światłoczuły typu $pnnp$</p>	
<p>tranzystor światłoczuły, polowy, z kanałem typu n</p>	

tranzystor światłoczuły, polowy, z kanałem typu <i>p</i>	
triak	
tyrystor diodowy obukierunkowy (diak)	
układ scalony (symbol ogólny)	
uziemienie (zwarcie doziemne)	
uziemienie do obudowy lub podstawy montażowej	
watomierz	

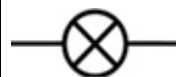
watomierz kierunkowy	
woltomierz	
wtyczka dwustykowa spolaryzowana	
wtyczka dwustykowa, niespolaryzowana	
wtyczka słuchawkowa dwustykowa	
wtyczka słuchawkowa trójstykowa	
wtyczka trójfazowa	
wtyczka trójstykowa	
wtyczka współosiowa (słuchawkowa)	

	
wzmacniacz — symbol ogólny	
wzmacniacz odwracający	
wzmacniacz operacyjny	
zacisk dodatniego napięcia	
zacisk ujemnego napięcia	
zaciski asymetryczne (symbol ogólny)	
zaciski symetryczne (symbol ogólny)	
źródło napięciowe	

źródło prądowe



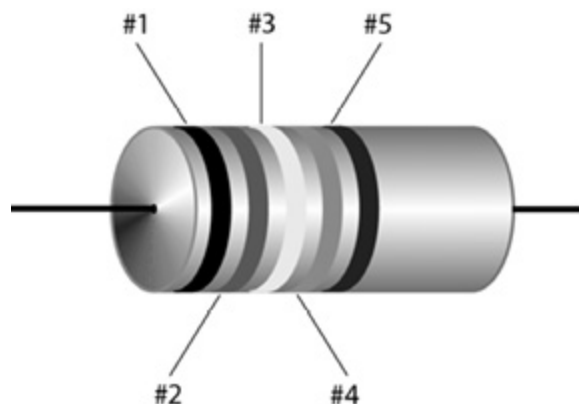
żarówka



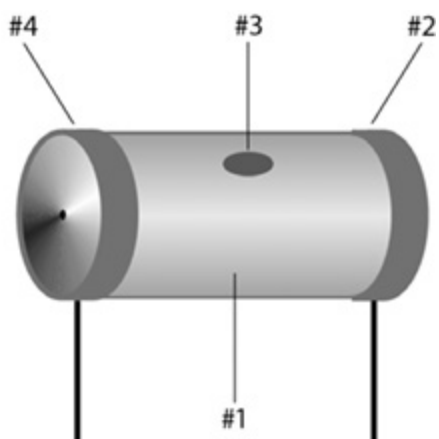
Dodatek B Rezystory — kod paskowy

Opór i tolerancję rezystorów oznacza się często za pomocą **kolorowych pasków**. Na rezystorach węglowych i warstwowych często nadrukowuje się trzy, cztery lub pięć pasków. Inne rezystory są na tyle dużymi komponentami, że można na nich nadrukować wartości liczbowe bezpośrednio informujące o oporze i tolerancji.

Na rezystorach **osiowych** (ich złącza wyprowadzono bezpośrednio z boków) paski są nanoszone w kolejności takiej, jak pokazano na rysunku B.1. W przypadku rezystorów **radialnych** (ich złącza wyprowadzono pod kątem prostym w stosunku do korpusu) kolorowe oznaczenia są nanoszone tak, jak pokazano na rysunku B.2. Pierwsze dwa kolorowe paski symbolizują cyfry z zakresu od 0 do 9, a trzeci pasek (lub pole) symbolizuje mnożnik — potęgę, do której podniesiono liczbę 10. W tej chwili nie zwracaj jeszcze uwagi na czwarty i piąty pasek. W tabeli B.1 przedstawiono wartości liczbowe, jakim odpowiadają różne kolory.



Rysunek B.1. Lokalizacja kodu paskowego na rezystorze osiowym



Rysunek B.2. Lokalizacja oznaczeń na rezystorze radialnym

Tabela B.1. Zestawienie wartości i kolorów trzech pierwszych pasków nadrukowywanych na rezystorach stałych, znaczenie czwartego i piątego paska zostanie wyjaśnione w dalszej części tego rozdziału

Kolor paska	Cyfra (pierwszy i drugi pasek)	Mnożnik (trzeci pasek)
czarny	0	1
brązowy	1	10
czerwony	2	100
pomarańczowy	3	1000 (1 k)
żółty	4	10 ⁴ (10 k)
zielony	5	10 ⁵ (100 k)

niebieski	6	10^6 (1 M)
fioletowy	7	10^7 (10 M)
szary	8	10^8 (100 M)
biały	9	10^9 (1000 M lub 1 G)

Założmy, że znalazłeś rezystor posiadający trzy paski: żółty, fioletowy i czerwony (ułożone w tej właśnie kolejności). Korzystając z tabeli, możesz odczytać od strony lewej do prawej wartości liczbowe pasków:

- żółty = 4
- fioletowy = 7
- czerwony = $\times 100$

Czyli znaleziony przez Ciebie rezystor charakteryzuje się oporem znamionowym 4700Ω , czyli $4,7 \text{ k}\Omega$.

A teraz założmy, że znalazłeś rezystor posiadający pasek niebieski, szary i pomarańczowy. Korzystając z tabeli B.1, możesz ustalić, że:

- niebieski = 6
- szary = 8
- pomarańczowy = $\times 1000$

Sekwencja ta informuje Cię, że rezystor charakteryzuje się oporem znamionowym $68\,000 \Omega$, czyli $68 \text{ k}\Omega$.

Jeżeli na powierzchni rezystora namalowano czwarty kolorowy pasek (#4 na rysunkach B.1 i B.2), informuje on o tolerancji. Szary pasek oznacza tolerancję $\pm 10\%$, a złoty $\pm 5\%$. Jeżeli na rezystorze nie ma czwartego paska, to tolerancja wynosi $\pm 20\%$.

Piąty pasek (o ile go namalowano) informuje Cię, o ile procent maksymalnie zmieni się opór rezystora po 1000 roboczogodzin. Czerwony pasek oznacza zmianę maksymalnie o $\pm 0,1\%$, pomarańczowy o $\pm 0,01\%$, a żółty o $\pm 0,001\%$. Jeżeli na rezystorze nie namalowano piątego paska, oznacza to, że jego opór znamionowy może zmienić się o ponad $\pm 1\%$ po używaniu go przez pierwsze 1000 godzin.

Kompetentny technik lub inżynier zawsze sprawdza rezystor za pomocą omomierza przed zainstalowaniem go w obwodzie. Możesz w ten sposób wykryć jego uszkodzenie lub złe oznaczenie i zapobiec późniejszym problemom. Pomiar oporu, którym charakteryzuje się rezystor, trwa chwilę. Jeżeli pominięsz tę czynność podczas budowy obwodu, to później może się okazać, że zbudowane przez Ciebie urządzenie nie działa z powodu jednego nieszczęsnego rezystora. Znalezienie uszkodzonego rezystora w obwodzie może zająć kilka godzin!

Dodatkowa lektura

W języku polskim

Geier Michael, *Jak naprawić sprzęt elektroniczny. Poradnik dla nieelektronika*, Helion, Gliwice 2013.

Horowitz Paul, Hill Winfield, *Sztuka elektroniki, cz. 1 i 2*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2013.

Kybett Harry, *Elektronika dla każdego. Przewodnik*, Helion, Gliwice 2012.

Platt Charles, *Elektronika. Od praktyki do teorii*, Helion, Gliwice 2012.

Shamieh Cathleen, McComb Gordon, *Elektronika dla bystrzaków*. Wydanie II, Helion, Gliwice 2012.

Watson John, *Elektronika. Wiedzieć więcej*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2004.

W języku angielskim

Frenzel Louis E., Jr., *Electronics Explained*, Newnes/Elsevier, Burlington 2010.

Gerrish Howard, *Electricity and Electronics*, Goodheart-Wilcox Co., Tinley Park 2008.

Gibilisco Stan, *Electricity Demystified*, wyd. II, McGraw-Hill, New York 2012.

Gibilisco Stan, *Electricity Experiments You Can Do at Home*, McGraw-Hill, New York 2010.

Gibilisco Stan, *Electronics Demystified*, wyd. II, McGraw-Hill, New York 2011.

Gibilisco Stan, *Teach Yourself Electricity and Electronics*, wyd. V, McGraw-Hill, New York 2011.

Gussow Milton, *Schaum's Outline of Basic Electricity*, wyd. II, McGraw-Hill, New York 2009.

Horn Delton, *Basic Electronics Theory with Experiments and Projects*, wyd. IV, McGraw-Hill, New York 1994.

Horn Delton, *How to Test Almost Everything Electronic*, wyd. III, McGraw-Hill, New York 1993.

Miller Rex, Miller Mark, *Electronics the Easy Way*, wyd. IV, Barron's Educational Series, Hauppauge 2002.

Mims Forrest M., *Getting Started in Electronics*, MasterPublishing, Niles 2003.

Morrison Ralph, *Electricity: A Self-Teaching Guide*, wyd. III, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken 2003.

Slone G. Randy, *TAB Electronics Guide to Understanding Electricity and Electronics*, wyd. II, McGraw-Hill, New York 2000.

PROGRAM PARTNERSKI

GRUPY WYDAWNICZEJ HELION

- 
- The image features four hands, two from the top and two from the bottom, holding four interlocking puzzle pieces. Three pieces are olive green, and one piece in the bottom right is red. The hands are positioned as if they are about to assemble the pieces.
1. ZAREJESTRUJ SIĘ
 2. PREZENTUJ KSIĄŻKI
 3. ZBIERAJ PROWIZJĘ

Zmień swoją stronę WWW
w działający bankomat!

Dowiedz się więcej i dołącz już dzisiaj!

<http://program-partnerski.helion.pl>

GRUPA WYDAWNICZA
 **Helion SA**

Spis treści

[O autorze](#)

[Wstęp](#)

[Rozdział 1. Czym jest schemat?](#)

[Schemat blokowy](#)

[Schemat ideowy](#)

[Symbolika stosowana na schematach](#)

[Połączenia pomiędzy podzespołami przedstawionymi na schemacie](#)

[Język symboliczny](#)

[Rozdział 2. Schematy blokowe](#)

[Prosty przykład](#)

[Schematy funkcjonalne](#)

[Ścieżki przepływu prądu i sygnału](#)

[Schemat technologiczny procesu](#)

[Ścieżki wykonywania programu](#)

[Podsumowanie](#)

[Rozdział 3. Symbole elementów](#)

[Rezystory](#)

[Kondensatory](#)

[Cewki i transformatory](#)

[Przełącznik](#)

[Przewody i kable](#)

[Diody i tranzystory](#)

[Lampy elektronowe](#)

[Ogniwa i baterie](#)

[Bramki logiczne](#)

[Podsumowanie](#)

[Rozdział 4. Proste obwody](#)

[Początki](#)

[Etykietowanie komponentów](#)

[Wykrywanie i diagnozowanie usterek z użyciem schematu](#)

[Bardziej złożony obwód](#)

[Łączenie schematu ideowego i blokowego](#)

[Podsumowanie](#)

[Rozdział 5. Obwody złożone](#)

[Identyfikacja bloków składowych](#)

[Podział na strony](#)

[Kolejne obwody](#)

[Przyzwyczajanie się do pracy ze złożonymi schematami](#)

[Podsumowanie](#)

[Rozdział 6. Nauka przez praktykę](#)

[Twoja płytki eksperymentalna](#)

[Nawijanie drutów](#)

[Prądowe prawo Kirchhoffa](#)

[Napięciowe prawo Kirchhoffa](#)

[Rezystancyjny dzielnik napięcia](#)

[Diodowy układ obniżający napięcie](#)

[Niedopasowane żarówki połączone szeregowo](#)

[Podsumowanie i wnioski](#)

[Dodatek A Symbole stosowane na schematach](#)

[Dodatek B Rezystory — kod paskowy](#)

[Dodatkowa lektura](#)

zlibrary

Your gateway to knowledge and culture. Accessible for everyone.



z-library.sk

z-lib.gs

z-lib.fm

go-to-library.sk



[Official Telegram channel](#)



[Z-Access](#)



<https://wikipedia.org/wiki/Z-Library>