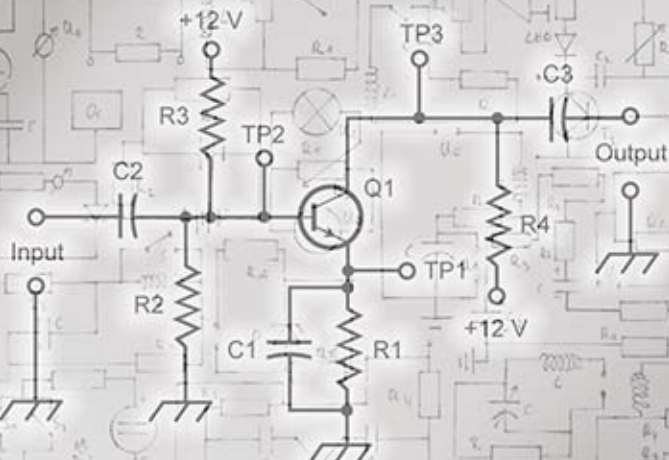


# Schematy elektroniczne i elektryczne

## Przewodnik dla początkujących

Stan Gibilisco



Helion



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

Tłumaczenie: Konrad Matuk

ISBN: 978-83-246-9217-0

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](mailto: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>

Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Printed in Poland.

- Kup książkę
- Poleć książkę
- Oceń książkę

- Księgarnia internetowa
- Lubię to! » Nasza społeczność

# Spis treści

O autorze .....	5
Wstęp .....	7
<b>1. Czym jest schemat? .....</b>	<b>9</b>
<i>Schemat blokowy .....</i>	<i>10</i>
<i>Schemat ideowy .....</i>	<i>11</i>
<i>Symbolika stosowana na schematach .....</i>	<i>12</i>
<i>Połączenia pomiędzy podzespołami przedstawionymi na schemacie .....</i>	<i>14</i>
<i>Język symboliczny .....</i>	<i>17</i>
<b>2. Schematy blokowe .....</b>	<b>21</b>
<i>Prosty przykład .....</i>	<i>21</i>
<i>Schematy funkcjonalne .....</i>	<i>22</i>
<i>Ścieżki przepływu prądu i sygnału .....</i>	<i>24</i>
<i>Schemat technologiczny procesu .....</i>	<i>26</i>
<i>Ścieżki wykonywania programu .....</i>	<i>31</i>
<i>Podsumowanie .....</i>	<i>33</i>
<b>3. Symbole elementów .....</b>	<b>35</b>
<i>Rezystory .....</i>	<i>36</i>
<i>Kondensatory .....</i>	<i>41</i>
<i>Cewki i transformatory .....</i>	<i>45</i>

## 4 Spis treści

Przełącznik .....	50
Przewody i kable .....	53
Diody i tranzystory .....	57
Lampy elektronowe .....	59
Ogniwa i baterie .....	64
Bramki logiczne .....	65
Podsumowanie .....	66
<b>4. Proste obwody .....</b>	<b>69</b>
Początki .....	69
Etykietowanie komponentów .....	78
Wykrywanie i diagnozowanie usterek z użyciem schematu .....	84
Bardziej złożony obwód .....	88
Łączenie schematu ideowego i blokowego .....	91
Podsumowanie .....	95
<b>5. Obwody złożone .....</b>	<b>97</b>
Identyfikacja bloków składowych .....	97
Podział na strony .....	105
Kolejne obwody .....	108
Przyzwyczajanie się do pracy ze złożonymi schematami .....	120
Podsumowanie .....	125
<b>6. Nauka przez praktykę .....</b>	<b>129</b>
Twoja płytka eksperymentalna .....	130
Nawijanie drutów .....	134
Prądowe prawo Kirchhoffa .....	136
Napięciowe prawo Kirchhoffa .....	140
Rezystancyjny dzielnik napięcia .....	143
Diodowy układ obniżający napięcie .....	150
Niedopasowane żarówki połączone szeregowo .....	156
Podsumowanie i wnioski .....	163
<b>A. Symbole stosowane na schematach .....</b>	<b>165</b>
<b>B. Rezystory — kod paskowy .....</b>	<b>181</b>
Dodatkowa lektura .....	185
Skorowidz .....	187

# 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 elementu. 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.

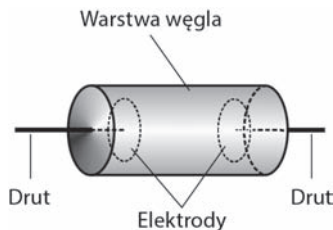
## Rezystory

**Rezystory** są jednymi z najprostszych elementów elektronicznych. Stawiają one opór przepływającemu prądowi. Wartość oporu, jaką charakteryzuje się rezystor, jest mierzona w **omach** ( $\Omega$ ). 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.

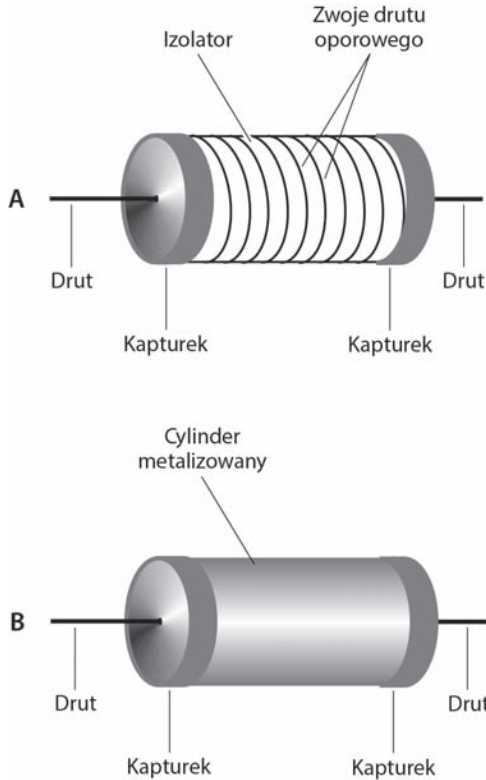


*Rysunek 3.1. Standardowe symbole stosowane do oznaczenia rezystora o stałej wartości oporu elektrycznego; symbol z prostokątem jest częściej stosowany w europejskiej literaturze specjalistycznej; symbol z linią łamaną jest częściej spotykany w literaturze amerykańskiej*

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*

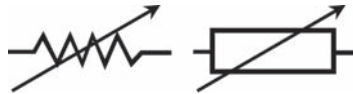


**Rysunek 3.3.** Budowa rezystora drutowego (A) oraz rezystora metalizowanego (B)

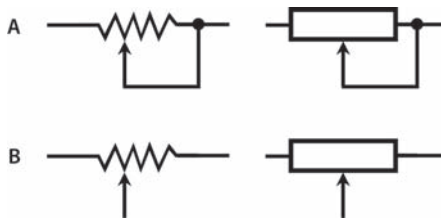
Rezystor nastawny charakteryzuje się tym, że możemy zmieniać wartość oporu elektrycznego, jakim się on charakteryzuje — rezystor jest wyposażony w pokrętko lub suwak. Użytkownik może ręcznie ustawić właściwą wartość oporu, która nie będzie ulegać zmianie do momentu przesunięcia suwaka lub obrócenia pokrętki.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

### 38 Symbole elementów

— 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...?

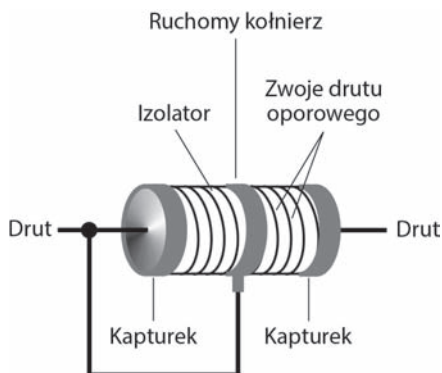
Reostaty działają tak samo jak potencjometry, ale są zbudowane w inny sposób. Reostat zawiera element oporowy w postaci nawiniętego drutu, a potencjometr zwykle zawiera warstwę węgla. Wartość oporu elektrycznego reostatu jest zmieniana krokowo. W przypadku potencjometrów wartość ta może być regulowana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

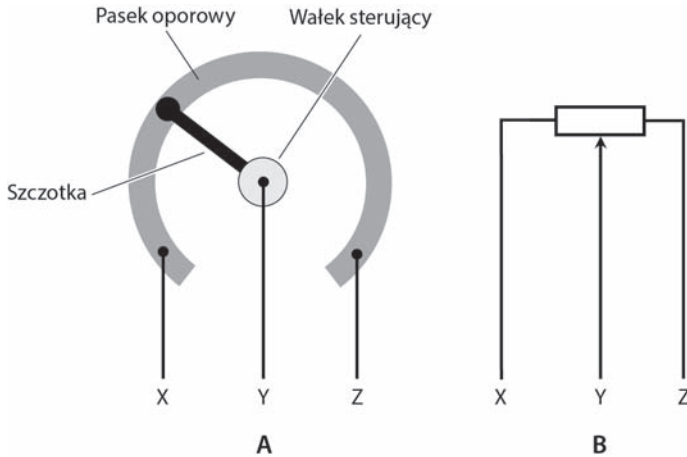


*Rysunek 3.6. Budowa rezystora nastawnego zawierającego zwoje drutu oporowego*

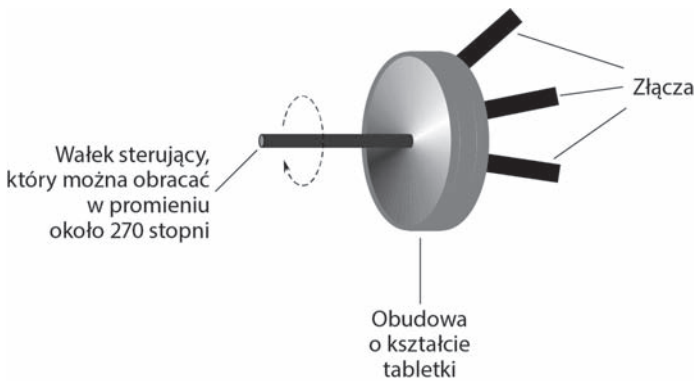
Na rysunku 3.7 przedstawiono działanie potencjometru obrotowego (A) oraz jego symbol stosowany na schematach (B). Symbol ten wygląda jak symbol rezystora nastawnego, który posiada trzy niezależne złącza. Potencjometr pozwala na zmianę rezystancji prądu wypływającego ze złącza oznaczonego strzałką względem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

## 40 Symbole elementów



**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 ( $\mu\text{F}$ ) będących milionową częścią farada (0,000 001 F), pikofaradów (pF) będących milionową częścią mikrofarada (0,000 001  $\mu\text{F}$ ) lub bilionową częścią farada (0,000 000 000 001 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*

## 42 Symbole elementów

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, mika, 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 dostrójcze** 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*



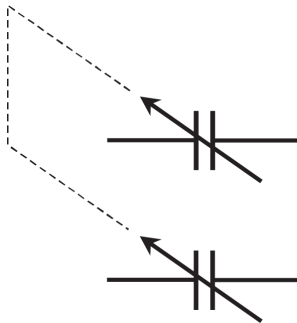
*Rysunek 3.13. Alternatywne symbole kondensatorów nastawnych; na symbolu A łuk symbolizuje rotor, a linia prosta stator, zaś na symbolu B rotor jest oznaczony linią zakończoną strzałką*

**Powietrzny kondensator nastawny** (w roli dielektryka zastosowano w nim powietrze) występuje w sprzęcie radiowym (jako element dostrójczy 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 **zespólone** w obwodzie. Zespólone 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** ( $\mu\text{H}$ ) —  $1 \mu\text{H} = 0,001 \text{ mH} = 0,000\,001 \text{ H}$ . 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 hobbysci 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*

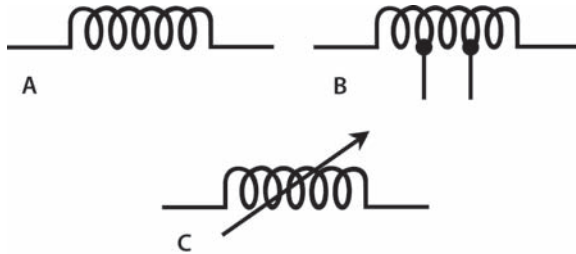
Cewki można również wyposażyć w ruchomy styk, który może być przesuwany wzdłuż uzwojenia. Takie rozwiązanie pozwala na dowolne regulowanie indukcyjności cewki. Odczepy pozwalały tylko na obniżenie indukcyjności do pewnych z góry określonych wartości. Cewka, której indukcyjność można zmieniać, jest prezentowana 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 zwoj 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

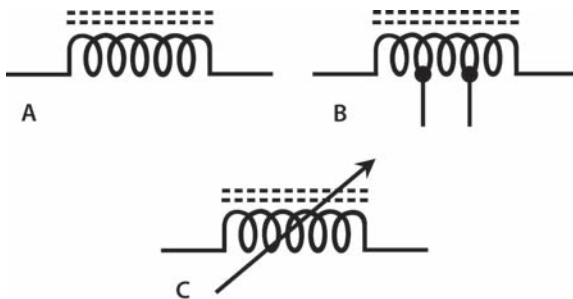


*Rysunek 3.20. Alternatywny symbol cewki o rdzeniu wykonanym z żelaza*



*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.

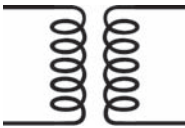


*Rysunek 3.22. Symbole cewek z rdzeniem ze sproszkowanego żelaza o stałej wartości indukcyjności (A), z dodatkowymi odczepami (B) oraz o regulowanej wartości indukcyjności (C)*

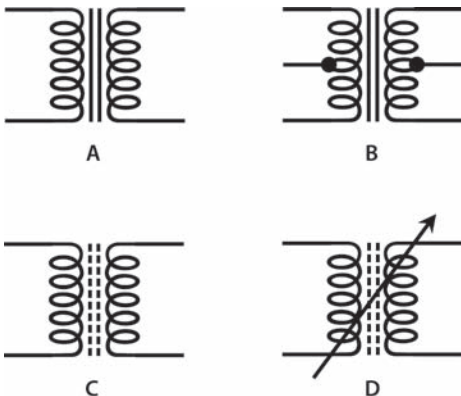
**Wskazówka**

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 indukcyjności.

**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.



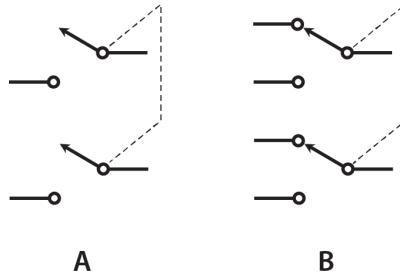
Rysunek 3.25. Symbol przełącznika SPST

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.

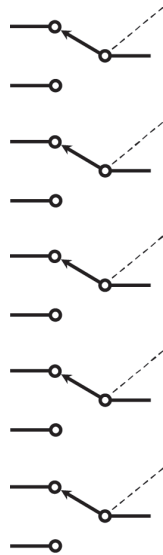


Rysunek 3.26. Symbol przełącznika SPDT

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).

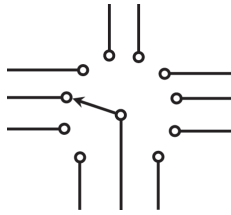


Rysunek 3.27. A — symbol przełącznika DPST; B — symbol przełącznika DPDT



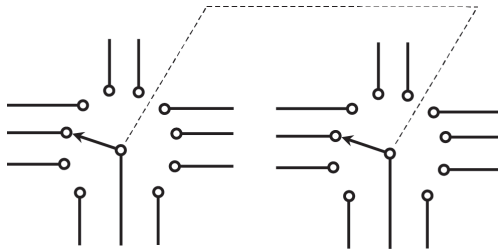
Rysunek 3.28. Symbol 5PDT (pięcioletni dwupozycyjny)

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. Przerzywana 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.

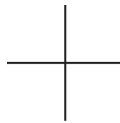


*Rysunek 3.31. Symbol ręcznego klucza służącego do nadawania kodu Morse'a*

## 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.

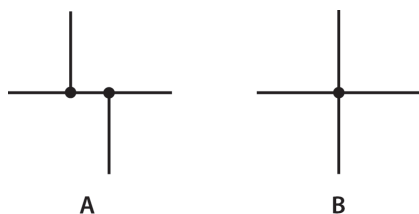


*Rysunek 3.32. Symbol krzyżujących się przewodów, pomiędzy którymi nie wykonano połączenia galwanicznego*

**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.

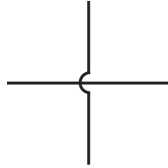


**Rysunek 3.33.** A — preferowany symbol dwóch przewodów połączonych elektrycznie; B — alternatywny symbol takiego samego połączenia

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.

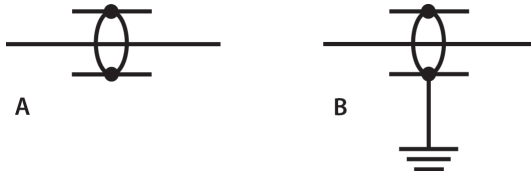


Z problemem tym mamy rzadko do czynienia w przypadku poprawnie naszkicowanych schematów, które są wyraźnie wydrukowane. Na niektórych starszych schematach nie zwarte ze sobą krzyżujące się przewody oznaczano za pomocą łuku (zobacz rysunek 3.34). Taka symbolika, która moim zdaniem nigdy nie powinna wyjść 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*

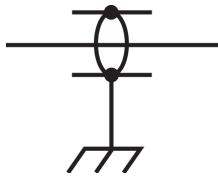
**Kabel** składa się z dwóch lub więcej przewodników otoczonych wspólnym izolującym kołnierzem. Zwykle kable nieekranowane nie są oznaczane w jakiś specjalny sposób na schematach ideowych — przedstawia się je, umieszczając obok siebie kilka równoległych linii symbolizujących przewody. Zaznaczając na 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 niezziemionym ekranie; B — symbol kabla koncentrycznego, którego ekran należy uzemieć*

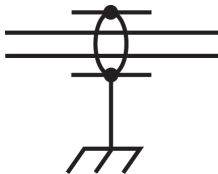
**Wskazówka**

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 pięćżyłowego przewodu, to przez elipsę powinno przebiegać pięć poziomych linii.



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

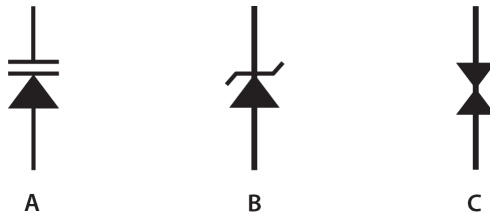
## Diody i tranzystory

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 **anodę**, a krótka prosta pionowa linia, do której dotyka grot strzałki, symbolizuje **katodę**. 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.



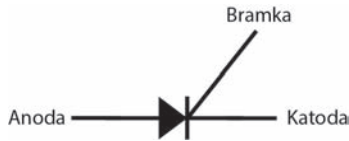
Rysunek 3.38. Symbol diody ogólnego stosowania lub diody prostowniczej

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 przewod

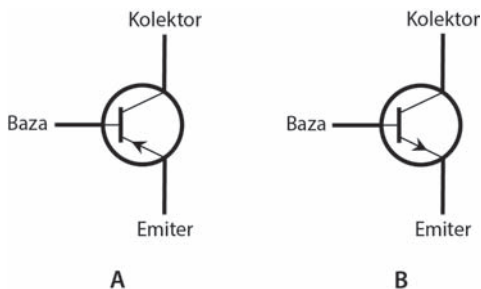


*Rysunek 3.40. Symbol tyrystora*

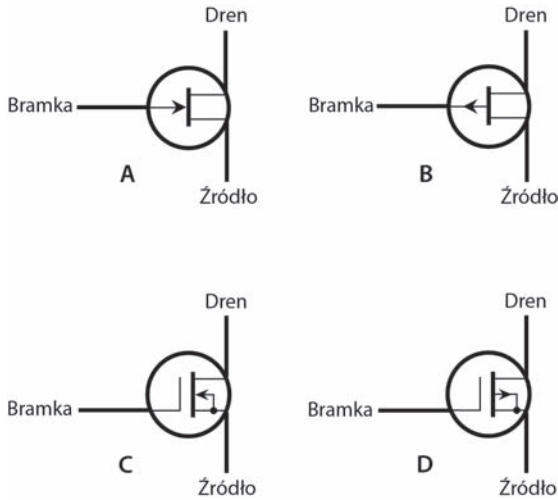
znajdujący się u podstawy grotu strzałki jest **anoda** danego komponentu, a przewód podłączony do prostej pionowej linii (znajdującej się na końcu grotu strzałki) jest **katoda**.

Na rysunku 3.41 pokazano symbol **tranzystora bipolarnego**. Po lewej stronie znajduje się tranzystor typu *pnp*, a po prawej *npn*. 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)*



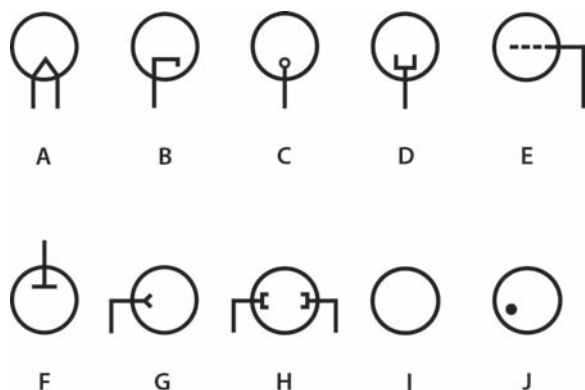
**Rysunek 3.42.** Symbol tranzystora polowego złączowego (JFET) z kanałem typu n (A), symbol tranzystora polowego złączowego (JFET) z kanałem typu p (B), symbol tranzystora polowego typu metal-tlenek-półprzewodnik (MOSFET) z kanałem typu n (rysunek C); symbol tranzystora polowego typu metal-tlenek-półprzewodnik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

### Wskazówka

Tranzystory mogą być wykonane z różnych materiałów będących półprzewodnikami lub mieszkankami 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 powinieneś 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**.

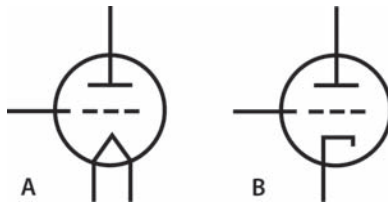


*Rysunek 3.44. Symbol diody próżniowej o katodzie żarzonej pośrednio; lampa zawiera żarnik, jednakże symbol pomija ten element, ponieważ umieszczenie dodatkowego symbolu żarnika sprawiłoby, że schemat byłby mniej czytelny*

**Wskazówka**

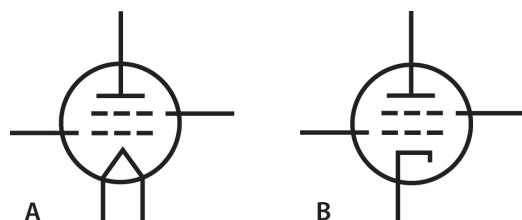
Symbolicznie wszystkie elementy lampy umieszcza się wewnątrz kółka, które symbolizuje bańkę lampy elektronowej. W przypadku niektórych schematów kółko jest pomijane. Nie jest to jednak standardowa praktyka.

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.

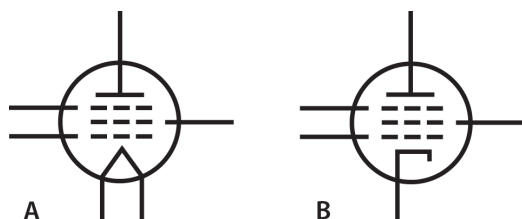


*Rysunek 3.45. Symbol triody o żarzeniu bezpośrednim (A) oraz symbol triody o katodzie żarzonej pośrednio (B)*

**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 tetrydy o katodzie żarzonej bezpośrednio (A) i symbol tetrydy o katodzie żarzonej pośrednio*



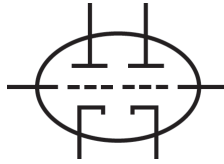
*Rysunek 3.47. Symbol pentody o katodzie żarzonej bezpośrednio (A) i symbol pentody o katodzie żarzonej pośrednio*

### 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.

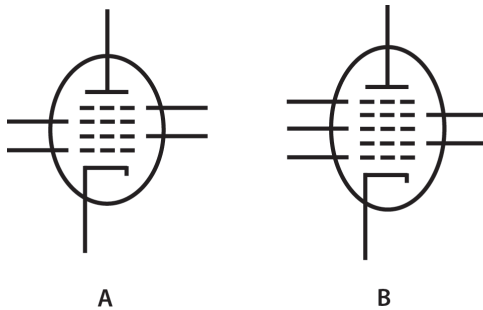
Niektóre lampy składają się z dwóch oddzielnych, niezależnych zestawów elektrod umieszczonych we wspólnej bańce. Lampy takie można określić mianem **lamp podwójnych**. Jeżeli oba zestawy elektrod są identyczne, to taki podzespół możemy nazwać **podwójną diodą**, **podwójną triodą**, **podwójną tetrodą** 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 szeregowo 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.

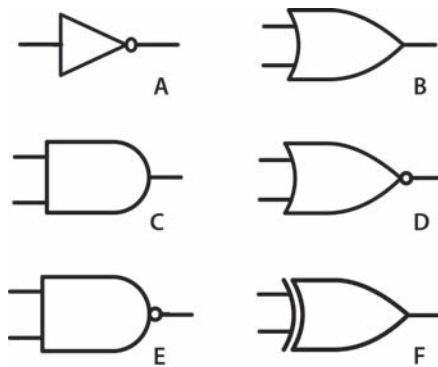
## Bramki logiczne

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 zaglądnienie 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 zaglądnij 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.



# Skorowidz

## A

alfabet Morse'a, 53, 110, 113, 126  
amper, 137  
anoda, 57

## B

bateria elektrochemiczna, 64  
bias, 90, 107  
bramka, 57  
    alternatywy wykluczającej, XOR, 66  
    binegacji, NOR, 65  
    iloczynu logicznego, AND, 65  
    NAND, 65  
    negacji, NOT, 65  
    sumy logicznej, OR, 65  
bramki logiczne, 65  
budowa  
    rezystora, 36  
    rezystora nastawnego, 39

## C

cewka, 45  
    dostrojca, 109  
    o rdzeniu żelaznym, 47  
    powietrzna o zmiennej indukcyjności,  
    46  
    powietrzna z odczepami, 46  
charakterystyka, 148, 155  
chip, 25, 98  
częstotliwości graniczne, 118

## D

demodulator, 98, 106  
detektor sygnału, 98  
diagnozowanie usterek, 84  
diagram blokowy programu, 30, 32  
dielektryk, 42, 55  
dioda  
    Gunna, 57  
    pojemnościowa, 57  
    półprzewodnikowa, 57  
    prostownicza, 57

dioda  
 próżniowa, 60  
 RF, 74  
 Zenera, 57  
 dławik, 47  
 drugie prawo Kirchhoffa, 140  
 działanie  
 potencjometru, 40  
 prawa Kirchhoffa, 138  
 dzielnik napięcia, 143, 147, 148

## E

efekt lawinowy, 152  
 ekran, 55, 61  
 emiter, 107  
 etykietowanie komponentów, 78

## F

farad, 41  
 faza zgodna, 111  
 filtr częstotliwościowy, 117  
 dolnoprzepustowy, 118  
 górnoprzepustowy, 117  
 środkowoprzepustowy, 118

## G

galena, 98  
 generator, 110  
 audio, 115  
 prądu stałego, 112  
 głośnik, 107

## H

heksoda, 63  
 henr, 45  
 heptoda, 63

## I

identyfikacja bloków składowych, 97  
 indukcja magnetyczna, 47

indukcyjność, 45  
 induktor, 45  
 interfejs, 121

## J

jednostka  
 indukcyjności, 45  
 natężenia prądu, 137  
 oporu elektrycznego, 137  
 pojemności elektrycznej, 41  
 język symboliczny, 17

## K

kabel, 55  
 koncentryczny, 55  
 o nieziemionym ekranie, 55  
 katoda, 58  
 żarzona bezpośrednio, 61  
 żarzona pośrednio, 60  
 kierunek przepływu prądu, 70, 76, 78, 89,  
 93, 99, 100, 103, 111  
 klucz  
 Morse'a, 110  
 ręczny, 53  
 kondensator, 41  
 dostrojczy, 43  
 nastawny, 43  
 niespolaryzowany, 41  
 spolaryzowany, 41  
 wyrównawczy, 43  
 konduktancja, 149  
 końcówka mocy, 102

## L

lampa elektronowa, 59  
 lampy podwójne, 62

## Ł

łączenie schematu ideowego i  
 blokowego, 91



## M

miernik natężenia pola, 74, 75  
 mikroamperomierz, 76  
 mostek  
   L, 108  
   pi, 109  
   pi-L, 109  
   TT, 111  
 multimetr, 87, 145

## N

napięcie  
   prądu stałego, 107  
   przewodzenia, 151  
   wsteczne, 150  
 napięciowe prawo Kirchhoffa, 140  
 natężenie prądu, 143  
 nawijanie drutów, 134

## O

obwody proste, 69  
 obwody złożone, 97  
 obwód  
   do pomiarów napięcia, 154  
   filtra częstotliwościowego, 117  
   lampy stroboskopowej, 124  
   latarki, 70, 73  
   odbiornika radiowego, 104  
   radia kryształkowego, 101  
   rezonansowy, 117  
   rezonansowy LC, 106  
   sprawdzający prawo Kirchhoffa,  
     138, 141  
   trzech rezystorów, 83  
   wzmacniacza, 89, 91  
   żarówek połączonych szeregowo, 162  
 odwrotna polaryzacja, 112  
 odwrócenie fazy, 111  
 ogniwo elektrochemiczne, 64  
 om, 137  
 oprogramowanie, 33  
 owijanie końcówek, 134

## P

pentoda, 61  
 pierwsze prawo Kirchhoffa, 137  
 płytki eksperymentalna, 130, 133  
 podstawa montażowa, 56  
 podwajacz napięcia, 82  
 pojemność zewnętrzna, 44  
 polaryzacja, 140  
   przewodzenia, 151  
   zaporowa, 151  
 połączenia pomiędzy podzespołami, 14  
 połączenie szeregowo, 64  
 pomiar  
   napięcia, 145, 146, 157, 158  
   natężenia prądu, 161  
   rezystancji, 144  
 potencjometr, 39  
 prawo Kirchhoffa  
   napięciowe, 140  
   prądowe, 136  
 prąd  
   przemienny, 78  
   teoretyczny, 70  
 prądowe prawo Kirchhoffa, 136  
 prostownik krzemowy, 79  
 przedwzmacniacz, 106  
 przedwzmacniacz audio, 100  
 przełącznik, 50  
   2P10T, 52  
   DPDT, 50, 51  
   DPST, 51  
   obrotowy, 52  
   SPDT, 50  
   SPST, 50  
   wielostykowy, 51  
 przewody, 53  
 przewody połączeniowe, 135  
 punkty pomiarowe, 89

## R

radio kryształkowe, 99, 101  
 radiostacja, 105  
 rdzeń  
   powietrzny, 45  
   ze sproszkowanego żelaza, 48

rezonator, 93  
 rezystancja obciążająca, 153  
 rezystancyjny dzielnik napięcia, 143  
 rezystor, 36  
   drutowy, 37  
   metalizowany, 37  
   nastawny, 37, 39  
   obciążający, 147  
   upływowy, 78  
   warstwowy węglowy, 36  
 rotor, 43  
 rysowanie schematów ideowych, 126

## S

schemat blokowy, 9, 10, 21–33  
   nadajnika radiowego, 26  
   obwodu zasilającego lampę, 24  
   programu, 28  
   układu zamieniającego prąd, 22  
   zasilacza, 25, 94  
 schemat funkcjonalny, 22  
 schemat ideowy, 9, 11, 19, 69, 163  
   niedopasowanych żarówek, 159  
   i blokowy, 92–94  
   latarki, 71, 74  
   miernika natężenia pola, 76  
   obwodu wzmacniacza, 89, 91  
   podział na strony, 105  
   pomiaru napięcia, 153  
   radia kryształkowego, 99  
   zasilacza, 77, 82, 94  
 schemat poglądowy potencjometru, 40  
 schemat technologiczny procesu, 26  
 schemat wykonawczy, 9  
 siatka hamująca, 61  
 skróty  
   literowe, 81  
   na schematach ideowych, 80  
 specyfikacja komponentów, 79  
 sprawdzanie dzielnika napięcia, 148  
 stator, 43  
 strzałka, 38, 57  
   z literą X, 107, 115  
   z literą Y, 115, 116  
 sygnał audio, 107  
 symbol, 12  
   5PDT, 51  
   anteny, 75  
   baterii elektrochemicznej, 64  
   bramki logicznej NAND, 66  
   bramki logicznej NOR, 66  
   bramki logicznej NOT, 66  
   bramki logicznej OR, 66  
   bramki logicznej XOR, 66  
   cewki, 47, 75  
   cewki powietrznej, 45  
   diody, 57, 75  
   diody półprzewodnikowej, 151  
   diody próżniowej, 60  
   elementu wewnętrznego lampy  
     elektronowej, 60  
   heksody, 63  
   heptody, 63  
   kabla, 71  
   kabla koncentrycznego, 55, 56  
   kondensatora, 41  
   kondensatora nastawnego, 43  
   kondensatora spolaryzowanego, 42  
   krzyżujących się przewodów, 53  
   mikroamperomierza, 75  
   ogniwa elektrochemicznego, 64, 71  
   pentody, 62  
   podwójnej triody, 63  
   powietrzny nastawny, 43  
   przełącznika, 50, 51  
   przełącznika obrotowego, 52  
   przewodów połączonych  
     elektrycznie, 54  
   rezystora, 36  
   rezystora nastawnego, 38  
   ręcznego klucza, 53  
   symbol bramki logicznej AND, 66  
   tetrody, 62  
   transformatora, 49  
    tranzystora bipolarnego, 58  
    tranzystora polowego, 59  
   triody, 61  
   tyrystora, 58  
   zespolonych kondensatorów, 44  
   żarówki, 71  
 symbole  
   elementów, 35–67  
   w schematach blokowych, 29

## Ś

ścieżka, 83  
ścieżki wykonywania programu, 31

## T

tetroda, 61  
tętnienie, 78  
tolerancja komponentu, 90  
transformator, 49  
transformator o rdzeniu żelaznym, 49  
 tranzystor  
    bipolarny, 58  
    pnp, 116  
    polowy, 58  
triada, 61  
tuner, 106  
tyrystor, 57

## U

układ dopasowania anteny, 108  
usterki, 84  
usuwanie usterek  
    na poziomie komponentów, 119

## W

włącznik, 74  
wykrywanie usterek, 84  
    na poziomie komponentów, 119  
wzmacniacz, 89, 91  
    mocy, 102, 116  
    przeciwsobny, 102

## Z

zacisk aligatorowy, 135  
zasada  
    zachowania napięcia, 140  
    zachowania prądu, 137  
zasilacz, 76, 112  
zasilacz regulowany, 114  
zespolone  
    podzespoły, 44  
    przełączniki, 52  
złącze p-n, 151

## Ż

żarnik, 60  
żarówki połączone szeregowo, 156, 161



# PROGRAM PARTNERSKI

GRUPY WYDAWNICZEJ HELION



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**

# Naucz się korzystać ze schematów elektronicznych i elektrycznych!

Zawsze marzyłeś o zbudowaniu własnego układu elektronicznego, a lutownica nie jest Ci obca? Już czas, byś przystąpił do dzieła! Jeśli jednak setki linii, dziwnych znaczków i opisów przyprawiają Cię o zawrót głowy i masz problem z odczytaniem schematu układu elektronicznego, koniecznie zajrzyj do tej książki!

Dzięki niej błyskawicznie nauczysz się czytać schematy elektryczne i elektroniczne. Już za chwilę rozróżnienie schematu ideowego, blokowego i wykonawczego będzie dla Ciebie bułką z masłem. Zobaczysz, jak wyglądają na schematach diody, rezystory, kondensatory, lampy elektronowe, ogniwa i baterie. Dowiesz się, jak przeanalizować schemat i odkryć mechanizm jego działania. W końcu zostaniesz specjalistą od wykrywania i diagnozowania usterek na podstawie schematu. Książka ta jest doskonałą lekturą dla wszystkich pasjonatów elektroniki, chcących biegle korzystać ze schematów elektrycznych i elektronicznych!

## Dzięki tej książce:

- poznasz symbole i oznaczenia używane na schematach
- nauczysz się czytać proste i złożone schematy
- poznasz podstawowe prawa Kirchhoffa
- zlokalizujesz i zdiagnozujesz usterki na podstawie schematu

**helion.pl**  
księgarnia  
internetowa

Nr katalogowy: 23154



Księgarnia internetowa:  
<http://helion.pl>



Zamówienia telefoniczne:  
**0 801 339900**



**0 601 339900**



**Helion**

Sprawdź najnowsze promocje:

- <http://helion.pl/promocje>
- Książki najchętniej czytane:
- <http://helion.pl/bestsellery>
- Zamów informacje o nowościach:
- <http://helion.pl/nowosci>

Helion SA  
ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice  
tel.: 32 230 98 63  
e-mail: [helion@helion.pl](mailto:helion@helion.pl)  
<http://helion.pl>



ISBN 978-83-246-9217-0



9 788324 692170

Cena: 37,00 zł

Informatyka w najlepszym wydaniu