

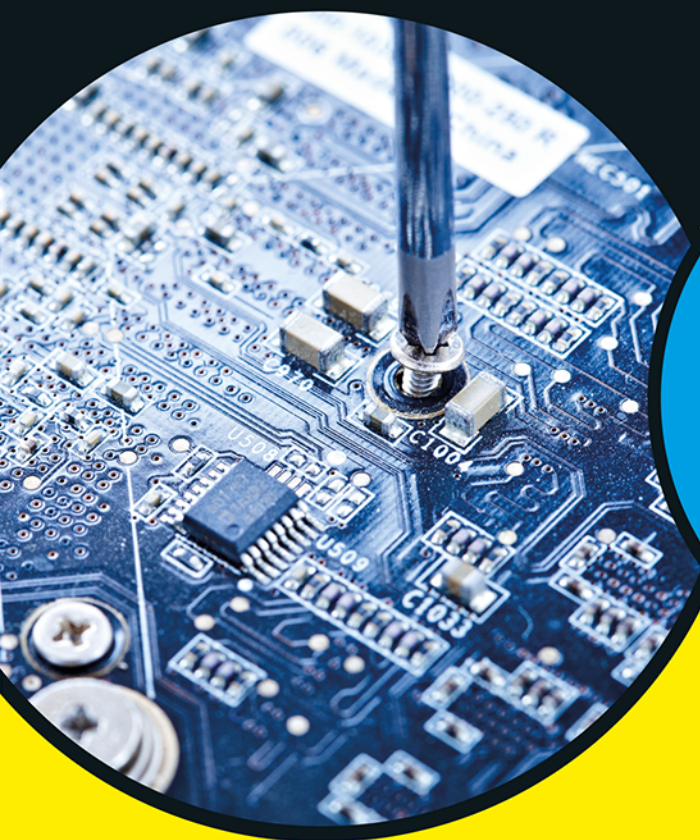
W PROSTOCIE TKWI SIŁA



wydanie III

Elektronika

dla
bystrzaków



Steruj przepływem
prądu za pomocą
rezystorów, kondensatorów
i półprzewodników

Czytaj schematy
układów elektronicznych

Mierz natężenie,
napięcie i opór prądu

Cathleen Shamieh

specjalistka w zakresie
systemów przetwarzania mowy
oraz telekomunikacji

Tytuł oryginału: Electronics For Dummies, 3rd Edition

Tłumaczenie: Łukasz Piwko

ISBN: 978-83-283-9894-8

Original English language edition Copyright © 2015 by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey
All rights reserved including the right of reproduction in whole or in part in any form.
This translation published by arrangement with Wiley Publishing, Inc.

Oryginalne angielskie wydanie Copyright © 2015 by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey
Wszelkie prawa, włączając prawo do reprodukcji całości lub części w jakiegokolwiek formie, zarezerwowane.
Tłumaczenie opublikowane na mocy porozumienia z Wiley Publishing, Inc.

Translation copyright © 2017, 2020, 2022 by Helion S.A.

Wiley, the Wiley Publishing Logo, For Dummies, Dla Bystrzaków, the Dummies Man logo, Dummies.com, Making Everything Easier, and related trade dress are trademarks or registered trademarks of John Wiley & Sons, Inc. and/or its affiliates in the United States and/or other countries. Used by permission.

Wiley, the Wiley Publishing Logo, For Dummies, Dla Bystrzaków, the Dummies Man logo, Dummies.com, Making Everything Easier, i związana z tym szata graficzna są markami handlowymi John Wiley and Sons, Inc. i/lub firm stowarzyszonych w Stanach Zjednoczonych i/lub innych krajach. Wykorzystywane na podstawie licencji.

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.

Autor oraz wydawca 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 wydawca nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Materiały graficzne na okładce zostały wykorzystane za zgodą Shutterstock Images LLC.

Drogi Czytelniku!

Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres

<https://dlabystrzakow.pl/user/opinie/ele3vv>

Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Helion S.A.

ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice

tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63

e-mail: dlabystrzakow@dlabystrzakow.pl

WWW: <https://dlabystrzakow.pl>

Printed in Poland.

- Kup książkę
- Poleć książkę
- Oceń książkę

- Księgarnia internetowa
- Lubię to! » Nasza społeczność

Spis treści

O autorce	13
Podziękowania od autorki	15
Wstęp	17

Część I: Podstawy elektroniki **21**

Rozdział 1: Wprowadzenie do elektroniki **23**

Czym jest elektronika?	24
Skąd się bierze prąd elektryczny?	24
Budowa atomu	25
Protony i elektrony jako nośniki ładunku	26
Przewodniki i izolatory	27
Wytwarzanie prądu przez uporządkowanie ruchu elektronów	27
Napięcie elektryczne	28
Niech moc będzie z Tobą	28
Dlaczego napięcie jest inne?	29
Jak zaprząć energię elektryczną do pracy?	30
Wykorzystywanie energii elektrycznej	30
Pracujące elektrony dostarczają moc	31
Kierowanie elektronów do miejsca przeznaczenia za pomocą obwodów elektronicznych	31
Dostarczanie energii elektrycznej	33
Pobieranie prądu stałego z baterii	33
Używanie prądu przemiennego z elektrowni	35
Zamiana światła w elektryczność	35
Symbole wykorzystywane do oznaczania źródeł energii	36
Co elektrony potrafią zrobić	37
Wytwarzanie dobrych wibracji	37
Zobaczyć znaczy uwierzyć	37
Wyczuwanie i alarmowanie	38
Sterowanie ruchem	38
Komputery	38
Dźwięk, obraz i komunikacja	38

Rozdział 2: Sprzęt dla początkującego elektronika 39

Potrzebne narzędzia	40
Gromadzenie zapasowych części	42
Przygotowanie do startu	46
Posługiwanie się płytką prototypową	46

Rozdział 3: Co w obwodach piszczy? 49

Obwody zamknięte i otwarte oraz zwarcia	49
Umowny kierunek przepływu prądu	52
Analiza prostego obwodu	52
Budowa obwodu z diodą LED	53
Mierzenie napięć	56
Mierzenie prądu	59
Obliczanie mocy	60

Rozdział 4: Tworzenie połączeń 63

Połączenia szeregowo i równoległe	64
Połączenia szeregowo	64
Połączenia równoległe	65
Włączanie i wyłączanie prądu	68
Sterowanie działaniem przełącznika	69
Nawiązywanie połączeń	70
Obwody mieszane	71
Włączamy zasilanie	74
Jak wyglądają układy elektroniczne?	75

**Część II: Sterowanie prądem
za pomocą elementów elektronicznych 79****Rozdział 5: Stawiamy opór 81**

Ograniczanie przepływu prądu	82
Rezystory — bierne, ale potężne	83
Do czego służą rezystory?	83
Rodzaje rezystorów — stałe i zmienne	87
Moc znamionowa rezystorów	92
Łączenie rezystorów	94
Szeregowo łączenie rezystorów	94
Równoległe łączenie rezystorów	96
Kombinacje szeregowych i równoległych połączeń rezystorów	98

Rozdział 6: Przestrzeganie prawa Ohma 101

Prawo Ohma	101
Przepływ prądu mimo stawianego mu oporu	101
Wszystko jest proporcjonalne	102
Jedno prawo, trzy równania	103

Zastosowanie prawa Ohma do analizy obwodów	104
Obliczanie natężenia prądu płynącego przez element	104
Obliczanie wartości napięcia prądu w elemencie	105
Obliczanie rezystancji	107
Zobaczyć, aby uwierzyć, czyli prawo Ohma naprawdę działa!	107
Do czego tak naprawdę przydaje się prawo Ohma?	110
Analizowanie skomplikowanych obwodów	110
Projektowanie i modyfikowanie obwodów	112
Moc prawa Joule’a	113
Zastosowanie prawa Joule’a przy wyborze elementów elektronicznych	113
Joule i Ohm — doskonały duet	114
Rozdział 7: Kondensatory jako źródło energii	115
Kondensatory — zbiorniki na energię elektryczną	116
Ładowanie i rozładowywanie kondensatorów	117
Obserwowanie ładowania kondensatora	119
Przeciwstawianie się zmianom napięcia	122
Przepuszczanie prądu zmiennego	122
Do czego służą kondensatory	123
Charakterystyka kondensatorów	124
Definicja pojemności elektrycznej	124
Pilnowanie napięcia znamionowego	126
Wybór rodzaju (dielektryku) kondensatora	126
Rozmiary kondensatorów	126
Polaryzacja kondensatorów	127
Odczytywanie wartości kondensatorów	127
Kondensatory zmienne	129
Interpretowanie symboli kondensatorów	130
Łączenie kondensatorów	130
Równoległe łączenie kondensatorów	130
Szeregowe łączenie kondensatorów	131
Współpraca z rezystorami	132
Czas jest najważniejszy	132
Wyznaczanie stałej czasowej obwodu RC	134
Modyfikowanie stałej czasowej obwodu RC	135
Rozdział 8: Cewki indukcyjne	139
Niedalecy krewni — magnetyzm i elektryczność	140
Rysowanie linii za pomocą magnesu	140
Wytwarzanie pola magnetycznego za pomocą elektryczności	141
Indukcja prądu za pomocą magnesu	142
Cewka indukcyjna — zwój o magnetycznej osobowości	143
Mierzenie indukcyjności	144
Przeciwstawne zmiany prądu	144
Obliczanie stałej czasowej obwodu RL	145

Nadążanie (albo i nie!) za prądem przemiennym	146
Zmiana zachowania zależnie od częstotliwości	146
Zastosowania cewek indukcyjnych	147
Sposoby użycia cewek indukcyjnych w obwodach	148
Oznaczenia indukcyjności	148
Łączenie ekranowanych cewek indukcyjnych	149
Dostrajanie do stacji radiowych	149
Rezonans w obwodach RLC	149
Krystalicznie czysty rezonans	151
Oddziaływanie na elementy sąsiednie — transformatory	152
Co łączy nieekranowane cewki indukcyjne?	152
Izolowanie obwodów od źródła zasilania	153
Podwyższanie i obniżanie napięcia	153
Rozdział 9: W świecie diod	155
Przewodząc czy nie przewodzić?	155
Struktura półprzewodników	156
Półprzewodniki typu n i p	157
Tworzenie elementów przy użyciu kombinacji półprzewodników typów n i p	157
Diody złączone	158
Polaryzacja diod	159
Przewodzenie prądu przez diodę	160
Wartości znamionowe diod	160
Identyfikacja diod	161
Którą stroną podłączyć?	161
Zastosowanie diod w obwodach	162
Prostowanie prądu zmiennego	162
Regulowanie napięcia przy użyciu diod Zenera	163
Światło z diod LED	164
Włączanie diody LED	166
Inne zastosowania diod	169
Rozdział 10: Niesamowicie utalentowane tranzystory	171
Tranzystory — mistrzowie przełączania i wzmacniania sygnałów	172
Tranzystory bipolarne	173
Tranzystory polowe	174
Jak rozpoznać tranzystor?	175
Rewolucja półprzewodnikowa	176
Jak działają tranzystory?	176
Modelowanie działania tranzystorów	177
Posługiwanie się tranzystorem	178
Wzmacnianie sygnałów za pomocą tranzystorów	179
Polaryzacja tranzystora, aby działał jak wzmacniacz	180
Kontrolowanie wzmocnienia napięciowego	181
Konfiguracja obwodów wzmacniających z tranzystorami	181

Przełączanie sygnałów za pomocą tranzystorów	182
Wybór tranzystora	182
Najważniejsze parametry tranzystorów	183
Identyfikacja tranzystorów	183
Zdobywanie doświadczenia w pracy z tranzystorami	184
Wzmacnianie prądu	184
Przełącznik jest włączony!	186
Rozdział 11: Innowacyjne układy scalone	189
Dlaczego układy scalone?	190
Układy analogowe, cyfrowe i mieszane	191
Podejmowanie logicznych decyzji	191
Na początku był bit	192
Przetwarzanie danych przy użyciu bramek	193
Upraszczenie bramek przy użyciu tabel prawdy	195
Tworzenie elementów logicznych	197
Jak używać układów scalonych?	198
Identyfikacja układów scalonych według numerów części	198
Najważniejsza jest obudowa	198
Styki układów scalonych	200
Korzystanie z kart danych katalogowych	202
Posługiwanie się logiką	203
Światelko na końcu bramki NAND	203
Budowa bramki OR z trzech bramek NAND	205
Popularne rodzaje układów scalonych	206
Wzmacniacze operacyjne	206
Wehikuł czasu — układ 555	208
Licznik dziesiętny 4017	214
Mikrokontrolery	215
Inne popularne układy scalone	216
Rozdział 12: Wybieranie dodatkowych części	217
Łączenie elementów	218
Wybór rodzaju przewodów	218
Złącza	219
Zasilanie	220
Wyciskanie siódmych potów z baterii	221
Wykorzystanie energii słonecznej	224
Zasilanie z gniazdka ściennego (niezalecane)	224
Czujniki	226
Zobaczyć światło	227
Wychwytywanie dźwięku za pomocą mikrofonów	227
Wykrywanie ciepła	228
Inne rodzaje przetworników wejściowych	230
Efekt działania urządzeń elektronicznych	230

Głos głośników	231
Brzęczenie brzęczyków	232
Silniki prądu stałego	233

Część III: Żarty się skończyły 235

Rozdział 13: Urządzanie warsztatu i dbanie o bezpieczeństwo 237

Wybór miejsca na warsztat	238
Podstawowe wyposażenie warsztatu	238
Stół warsztatowy	239
Gromadzenie narzędzi i materiałów	239
Polowanie na miernik uniwersalny	240
Sprzęt do lutowania	241
Gromadzenie narzędzi ręcznych	242
Szmatki i środki czyszczące	243
Środki smarne	244
Materiały klejące	245
Inne narzędzia i materiały	246
Zaopatrywanie się w części zapasowe	247
Płytki stykowe	247
Zestaw początkowy	248
Wyposażenie dodatkowe	249
Przechowywanie części	250
Ochrona zdrowia i elementów elektronicznych	250
Elektryczność może być naprawdę niebezpieczna	251
Bezpieczne lutowanie	254
Unikanie wyładowań elektrostatycznych jak zarazy	255

Rozdział 14: Interpretowanie schematów 259

Co to jest schemat i do czego służy?	259
Spojrzenie z szerokiej perspektywy	260
Połączenia są najważniejsze	261
Prosty obwód z baterią	262
Insygnia mocy	262
Wskazywanie źródła napięcia	263
Oznaczanie masy	264
Oznaczanie elementów elektronicznych	265
Analogowe elementy elektroniczne	267
Elementy cyfrowe i układy scalone	268
Pozostałe elementy	270
Miejsca dokonywania pomiarów	271
Analiza schematu	272
Inne standardy symboli elementów elektronicznych	273

Rozdział 15: Budowa układów elektronicznych 275

Płytki stykowe	276
Szczegóły budowy płytki stykowej	277
Rozmiary płytek stykowych	279
Konstruowanie układów elektronicznych z wykorzystaniem płytek stykowych	279
Przygotowywanie części i narzędzi	279
Przygotowywanie łączówek na zapas	280
Topografia układu	281
Zapobieganie uszkodzeniom	284
Podstawy lutowania	284
Przygotowywanie do lutowania	284
Technika lutowania	285
Sprawdzanie jakości połączenia	287
Rozlutowywanie	287
Postępowanie po zakończeniu lutowania	288
Bezpieczeństwo w czasie lutowania	288
Łączenie elementów na stałe	289
Rodzaje płytek drukowanych	289
Budowanie układu na płytce perforowanej	289
Wykonywanie własnej płytki obwodu drukowanego	292

Rozdział 16: Wykonywanie pomiarów miernikiem uniwersalnym 293

Niezwykłe możliwości małego miernika uniwersalnego	294
Ależ to jest przecież woltomierz!	295
To także amperomierz!	295
Omomierz też!	296
Rodzaje mierników uniwersalnych	296
Analogowy czy cyfrowy?	297
Multimetr cyfrowy	298
Wybór zakresu pomiaru	299
Kalibracja miernika uniwersalnego	301
Posługiwanie się miernikiem uniwersalnym	302
Pomiar napięcia prądu	303
Pomiar natężenia prądu	304
Pomiar rezystancji	305
Inne rodzaje prób	311
Sprawdzanie obwodów miernikiem uniwersalnym	311

Rozdział 17: Składanie projektów w całość 313

Potrzebne części	314
Migacz z diod LED	314
Podstawowe informacje o obwodzie migacza	315
Budowa układu migacza	316
Sprawdzanie gotowego obwodu	318
Konstrukcja migacza rowerowego	319

Wykrywanie intruzów za pomocą alarmu świetlczego	320
Lista części do budowy świetlnego alarmu	322
Praktyczne zastosowania alarmu	322
Muzyka w skali C-dur	323
Odstraszenie intruzów syreną	325
Potrzebne części	325
Zasada działania alarmu	326
Wzmacniacz dźwięku z regulacją głośności	327
Samochodowy migacz	328
Budowa układu 1.	330
Sterowanie światłami	330
Budowa układu 2.	331
Sygnalizacja świetlna	332

Część IV: Dekalogi 337

Rozdział 18: Dziesięć sposobów na poszerzenie horyzontów 339

Obwody z internetu	339
Gotowe projekty elektroniczne	340
Symulowanie układów elektronicznych	340
Badanie sygnałów przemiennych	340
Liczenie megaherców	341
Generowanie różnych rodzajów sygnałów	341
Podstawy architektury komputerów	341
Mikrokontrolery	341
Raspberry Pi	342
Praktyka czyni mistrza	342

Rozdział 19: Dziesięć najpopularniejszych sklepów z częściami elektronicznymi 343

Polska	343
Aprovi	343
AVT	344
Centrum Elektroniki	344
Cyfronika	344
Elfa Distrelec	344
Allegro	344
Poza Polską	344
RadioShack	344
All Electronics	345
Farnell	345
Parts Express	345
Dyrektywa RoHS	345
Nowe, używane czy z wyprzedaży?	345

Słowniczek 347

Skorowidz 357

Stawiamy opór

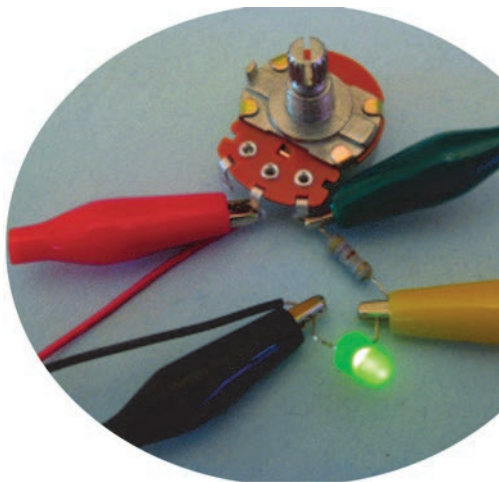
W tym rozdziale:

- ▶ Wykorzystanie rezystancji do własnych celów
- ▶ Zmienianie siły rezystancji
- ▶ Wytwarzanie rezystancji o wybranej wartości
- ▶ Dłaczego diody LED potrzebują rezystorów

1 eśli wrzucisz kulkę do piaskownicy, to potoczy się ona niezbyt daleko. Gdyby jednak tę samą kulkę rzucić na zamrożone jezioro, to zanim by się zatrzymała, przebyłaby szmat drogi. W obu przypadkach do zatrzymania kulki dochodzi w wyniku działania siły mechanicznej nazywanej tarcieniem — na piasku tarcie jest znacznie większe niż na lodzie.

Rezystancja w elektronice w dużym stopniu przypomina tarcie mechaniczne — hamuje elektrony (te małe cząstki, które tworzą prąd) poruszające się wewnątrz materiału przewodzącego.

Z tego rozdziału dowiesz się, czym dokładnie jest rezystancja, gdzie można na nią trafić (wszędzie) oraz jak można ją wykorzystać do własnych celów poprzez dobór odpowiednich **rezystorów** (elementów służących do kontrolowanego zwiększania rezystancji) do swoich układów elektronicznych. Następnie dowiesz się, jak za pomocą rezystorów kontrolować prąd w obwodach. Potem zbudujesz i zbadasz kilka obwodów z użyciem rezystorów i diod LED. A na koniec dowiesz się, dlaczego rezystory są tak bardzo ważne — i co się stanie, gdy jakiś ważny rezystor pójdzie na wagary.



Ograniczanie przepływu prądu

Rezystancja to wielkość charakteryzująca opór, jaki dany przedmiot stawia przepływającemu prądowi. Mimo iż brzmi to groźnie, to w rzeczywistości można ją wykorzystać do własnych celów. Dzięki rezystancji możliwe jest wytwarzanie ciepła i światła, zmniejszanie przepływu prądu, gdy jest to konieczne, oraz dostarczanie do urządzeń prądu o odpowiednim napięciu. Kiedy na przykład elektrony płyną przez żarnik żarówki, napotykać tak duży opór, że znacznie zwalniają. Gdy przedzierają się między atomami żarnika, atomy te gwałtownie się ze sobą zderzają, wydzielając ciepło, które wytwarza światło żarówki.

Wszystko stawia przepływającym elektronom jakiś opór, nawet najlepsze przewodniki (w istocie istnieje pewna grupa materiałów, które nie stawiają żadnego oporu, nazywają się one **nadprzewodnikami**, ale swoje właściwości zyskują dopiero w bardzo niskich temperaturach i w tradycyjnej elektronice ich się nie używa). Im wyższa rezystancja, tym bardziej ograniczony przepływ prądu.

Co decyduje o poziomie rezystancji danego przedmiotu? Ma na to wpływ kilka czynników:

- ✓ **Rodzaj materiału** — niektóre materiały pozwalają swoim elektronom swobodnie się poruszać, a inne trzymają je ściśle na miejscu. Siła, z jaką dany materiał stawia opór przepływającym elektronom, określa jego rezystywność (opór właściwy). **Rezystywność** to cecha materiału odzwierciedlająca jego chemiczną strukturę. Przewodniki stawiają względnie niski opór elektryczny, a izolatory — wysoki.
- ✓ **Przekrój materiału** — rezystancja zmienia się odwrotnie w stosunku do pola powierzchni przekroju przewodnika, tzn. im większa średnica, tym mniejsza rezystancja, ponieważ elektronom łatwiej jest się poruszać. Pomyśl o wodzie przepływającej przez rurę — im szersza rura, tym łatwiej wodzie płynąć. Z tego wynika, że miedziany drut o dużej średnicy stawia mniejszy opór elektryczny niż drut miedziany o małej średnicy.
- ✓ **Długość materiału** — im dłuższy materiał, tym większy stawia opór, ponieważ na większej długości dochodzi do większej liczby zderzeń elektronów z innymi cząstkami. Rezystancja rośnie wraz ze wzrostem długości przewodnika.
- ✓ **Temperatura** — w większości materiałów podwyższenie temperatury powoduje zwiększenie oporu elektrycznego. Jest to związane z tym, że w wyższych temperaturach cząstki mają większą energię, przez co dochodzi do znacznie większej liczby zderzeń między nimi, co spowalnia ruch elektronów. Wyjątkiem od tej reguły jest rezystor nazywany **termistorem** — stawiany przez niego opór elektryczny zmniejsza się w przewidywalny sposób wraz ze wzrostem temperatury (nietrudno sobie wyobrazić, jak bardzo ta cecha jest przydatna w układach czujników temperatury). Termistory opisaliśmy w rozdziale 12.



Rezystancję w obwodzie elektronicznym oznacza się symbolem **R**. Czasami obok symbolu może znajdować się dodatkowy napis w indeksie dolnym, określający, o którego elementu rezystancję chodzi, np. R_z może oznaczać rezystancję żarówki w obwodzie. Jednostką rezystancji jest **om**, a jej symbolem jest grecka litera omega (Ω). Im większa wartość omegi, tym wyższa rezystancja.



Om jest bardzo małą jednostką oporu elektrycznego i dlatego w większości przypadków do określania rezystancji używa się bardzo dużych wartości, np. **kiloomów** (połączenie wyrazów „kilo” i „om”), czyli tysiąc omów (symbol $k\Omega$), i **megaomów** (połączenie wyrazów „mega” i „om”), czyli milion omów (symbol $M\Omega$). Podsumowując, $1\text{ k}\Omega = 1000\ \Omega$, a $1\text{ M}\Omega = 1\,000\,000\ \Omega$.

Rezystory — bierne, ale potężne

Rezystory to bierne elementy elektroniczne, które są specjalnie zaprojektowane tak, aby stawiały określony opór elektryczny (np. $470\ \Omega$ albo $1\text{ k}\Omega$ — rysunek 5.1).



Rysunek 5.1. Rezystory mają różne rozmiary i wartości znamionowe

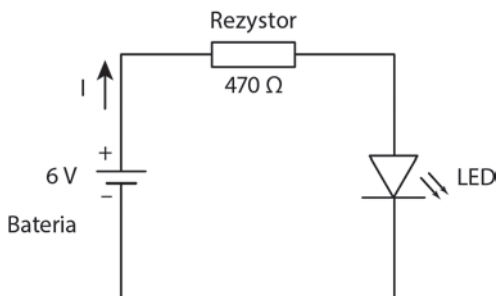
Mimo iż za pomocą rezystora nie zwiększysz prądu ani nie zmienisz jego kierunku, to w istocie jest to bardzo potężne małe urządzenie, ponieważ pozwala ograniczać przepływ prądu w przewidywalny sposób. Odpowiednio dobierając i rozmieszczając rezystory w różnych miejscach obwodu, możesz zdecydować, jaka ilość prądu będzie przesłana do jego poszczególnych części.

Do czego służą rezystory?

Ze względu na swoją prostotę i wszechstronność rezystory należą do najpopularniejszych elementów elektronicznych. Najczęściej używa się ich do ograniczania ilości prądu przepływającego przez obwód, ale za ich pomocą można także kontrolować napięcie dostarczane do wybranej części obwodu oraz tworzyć obwody czasowe.

Ograniczanie przepływu prądu

Na rysunku 5.2 przedstawiona jest 6-woltowa bateria zasilająca diodę LED. Prąd do diody płynie przez rezystor oznaczony prostokątem. Diody LED (a także wiele innych części elektronicznych) pożerają prąd tak, jak dzieci cukierki — próbują wchłonąć tyle, ile tylko dadzą radę. Diody mają jednak pewną wadę — jeśli pobiorą zbyt dużo prądu, to ulegają spaleni. Rezystor pełni w takim przypadku bardzo pożyteczną funkcję, gdyż ogranicza ilość prądu przesyłanego do diody (tak jak dobry rodzic ogranicza ilość cukierków dziecku).



Rysunek 5.2. Rezystor ogranicza ilość prądu wpływającego do delikatnej diody elektroluminescencyjnej

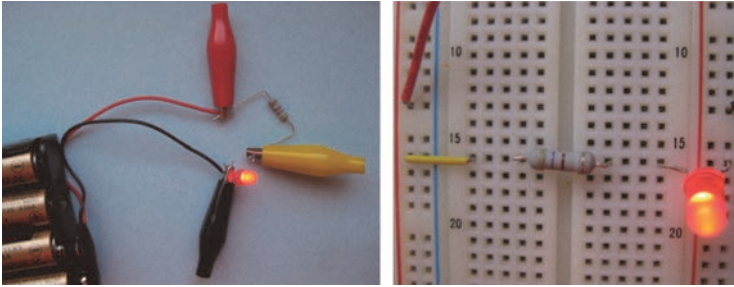
Zbyt duży prąd może zniszczyć wiele elementów elektronicznych, takich jak tranzystory (opisane w rozdziale 10.) czy układy scalone (opisane w rozdziale 11.). Umieszczając rezystor przed delikatną częścią, ograniczamy ilość prądu, jaka do niej dociera (lecz jeśli użyjesz za dużego rezystora, np. $1\text{ M}\Omega$, czyli 1 000 000 omów, to nie zobaczysz światła, chociaż zostanie ono wytworzone!). Ten prosty zabieg pozwoli Ci zaoszczędzić mnóstwo pieniędzy i czasu, który musiałbyś poświęcić na wymianę uszkodzonych elementów obwodów.

Ograniczanie przepływu prądu przez rezystory można zaobserwować w przedstawionym na rysunku 5.2 obwodzie, wstawiając do niego rezystory o różnych wartościach. W sekcji „Odczytywanie wartości rezystorów stałych” znajdziesz opis kolorowych kodów paskowych umieszczanych na tych elementach, dzięki czemu nauczysz się rozpoznawać ich rezystancję. Na razie podaję tylko, jak powinny wyglądać te, których potrzebujesz w tej chwili.

Oto elementy potrzebne do zbudowania obwodu z rezystorem i diodą LED:

- ✓ Cztery baterie 1,5 V AA
- ✓ Jedna oprawa na cztery baterie AA
- ✓ Jeden klips do podłączania baterii
- ✓ Jeden rezystor $470\ \Omega$ (kod paskowy: żółty, fioletowy, brązowy oraz na końcu pasek złoty, srebrny, czarny, brązowy lub czerwony)
- ✓ Jeden rezystor $4,7\text{ k}\Omega$ (kod paskowy: żółty, fioletowy, czerwony oraz czwarty pasek w dowolnym kolorze)
- ✓ Jeden rezystor $10\text{ k}\Omega$ (kod paskowy: brązowy, czarny, pomarańczowy oraz czwarty pasek w dowolnym kolorze)
- ✓ Jeden rezystor $47\text{ k}\Omega$ (kod paskowy: żółty, fioletowy, pomarańczowy oraz czwarty pasek w dowolnym kolorze)
- ✓ Jedna dioda LED (dowolnego rozmiaru i koloru)
- ✓ Trzy izolowane zaciski szczękowe *lub* jedna płytki prototypowa

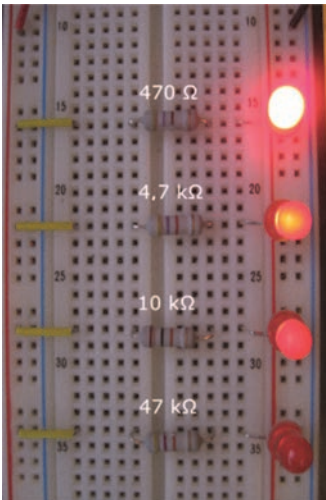
Zbuduj obwód przy użyciu zacisków szczękowych lub płytki prototypowej (rysunek 5.3), używając na początek rezystora $470\ \Omega$. Pamiętaj, aby prawidłowo podłączyć diodę, tzn. krótszym wyprowadzeniem do ujemnego styku baterii. Sposób podłączenia rezystora nie ma znaczenia. Zwróć uwagę, jak jasno świeci dioda. Następnie wyjmij



Rysunek 5.3. Dwa sposoby budowania obwodu z rezystorem i diodą LED

rezystor i w jego miejsce włoż następny w kolejności poziomemu rezystancji, potem kolejny itd. Czy po każdej wymianie dioda świeci słabiej? Jest tak dlatego, że im wyższa rezystancja, tym większe ograniczenie przepływu prądu, którego mniej dociera do diody, co z kolei sprawia, że ta świeci coraz słabiej.

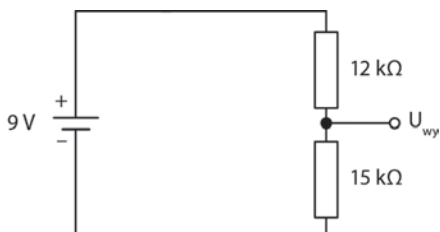
Na rysunku 5.4 widać obwód równoległy (zobacz rozdział 4.), w których każda gałąź zawiera rezystor o innej wartości. W gałęziach z silniejszym rezystorem przepływ prądu jest bardziej ograniczony, przez co diody w nich świecą z mniejszym natężeniem.



Rysunek 5.4. Wyższa rezystancja bardziej ogranicza przepływ prądu, przez co diody emitują mniej światła

Redukowanie napięcia

Przy użyciu rezystorów można zmniejszyć napięcie docierające do różnych części obwodów. Jeśli masz np. baterię 9-woltową, ale do zasilenia układu scalonego potrzebujesz napięcia 5 V, to możesz zbudować taki obwód, jaki widać na rysunku 5.5, który na wyjściu wytwarza napięcie 5 V. I *voilà*, możesz używać napięcia wyjściowego, U_{wy} , tego **dzielnika napięcia** do zasilania swojego układu (szczegółowy opis, jak to działa, znajduje się w rozdziale 6.).

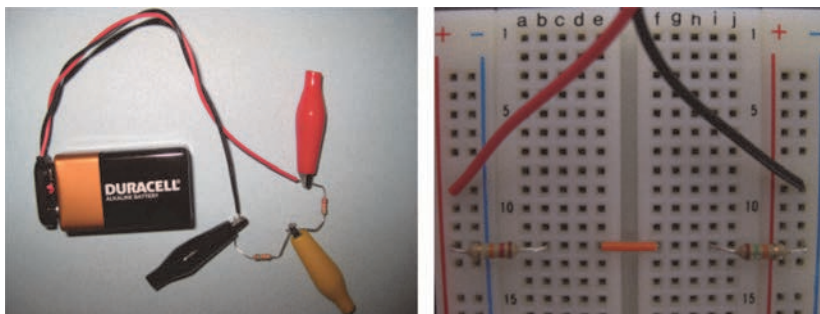


Rysunek 5.5. Dwa rezystory tworzące dzielnik napięcia

— typowa technika uzyskiwania różnych wartości napięcia dla różnych części obwodu

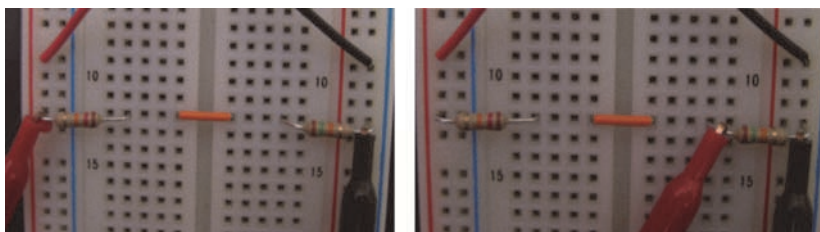
Jeśli chcesz zobaczyć dzielnik napięcia w akcji, skonstruuj obwód pokazany na rysunku 5.6. Potrzebne Ci będą do tego następujące części:

- ✓ Jedna bateria 9 V
- ✓ Jeden klips do podłączania baterii
- ✓ Jeden rezystor 12 kΩ (kod paskowy: brązowy, czerwony, pomarańczowy oraz czwarty pasek w jakimkolwiek kolorze)
- ✓ Trzy izolowane zaciski szczękowe *lub* jedna płytki prototypowa



Rysunek 5.6. Dwa sposoby budowania obwodu dzielnika napięcia

Następnie ustaw miernik uniwersalny na pomiar napięcia prądu stałego i zmierz napięcie na baterii oraz na rezystorze 15 kΩ, jak pokazano na rysunku 5.7. W moim przypadku okazało się, że bateria zapewnia napięcie 9,24 V, a U_{wy} (napięcie na rezystorze 15 kΩ) wynosi 5,15 V.



Rysunek 5.7. Pomiar napięcia dostarczanego przez baterię (po lewej) i napięcia na rezystorze 15 kΩ

Kontrolowanie cykli czasowych

Przy użyciu rezystora w połączeniu z innym popularnym elementem elektronicznym — kondensatorem, którego opis znajduje się w rozdziale 7. — można uzyskać dające się przewidzieć wzrosty i spadki napięcia w wybranych miejscach. Dowiesz się, że z połączeń rezystorów z kondensatorami można tworzyć coś w rodzaju klepsydry, co bardzo się przydaje w obwodach, w których ważne jest odmierzanie czasu (np. w światłach ulicznych). Zasadę działania duetu rezystor-kondensator opisałem w rozdziale 7.

Rodzaje rezystorów — stałe i zmienne

Są dwa rodzaje rezystorów — stałe i nastawne. Obu powszechnie używa się w obwodach elektronicznych. Poniżej znajduje się zwięzły opis każdego z nich.

- ✓ **Rezystor stały** stawia niezmienny, z góry ustalony opór elektryczny. Znajduje zastosowanie, gdy trzeba ograniczyć przepływ prądu do określonej wartości albo podzielić napięcie w wybrany sposób. W obwodach z diodami LED używa się rezystorów do ochrony tych delikatnych elementów przed spalaniem.
- ✓ **Rezystor nastawny**, często nazywany **potencjometrem** lub **reostatem**, pozwala nastawiać siłę rezystancji od zera omów do fabrycznie określonej wartości maksymalnej. Potencjometrów używa się wówczas, gdy trzeba zmieniać wartość prądu lub napięcia dostarczanego do danej części lub danego obwodu. Wśród urządzeń, w których użyty jest potencjometr, można wymienić ściemniacze światła, układy zmiany natężenia dźwięku w sprzęcie grającym i czujniki pozycji, choć w sprzęcie RTV potencjometry zostały w znacznym stopniu wyparte przez urządzenia cyfrowe.

W tej sekcji bliżej poznasz rezystory stałe i nastawne. Na rysunku 5.8 przedstawiono symbole używane do oznaczania rezystorów stałych, potencjometrów i **reostatów** na schematach ideowych (zobacz ramkę „Potencjometr czy reostat?”).



Rysunek 5.8. Symbole do oznaczania rezystorów

Rezystory stałe

Rezystory stałe mają fabrycznie określoną rezystancję, ale ich rzeczywiste wartości mogą nieco odbiegać od znamionowej. Różnicę tę wyraża się procentowo i określa mianem **tolerancji**.

Powiedzmy, że wybraliśmy do obwodu rezystor o wartości $1000\ \Omega$ i tolerancji 5%. W takim przypadku rzeczywista wartość rezystancji może się wahać w granicach od 950 do $1050\ \Omega$ (ponieważ 5% z 1000 wynosi 50). Można powiedzieć, że rezystancja wynosi $1000\ \Omega$ plus minus 5%.

Ustawiłam swój miernik uniwersalny na pomiar rezystancji i zmierzyłam wartości pięciu rezystorów 1000 Ω o tolerancji 5%. Oto moje wyniki: 985 Ω , 980 Ω , 984 Ω , 981 Ω oraz 988 Ω .

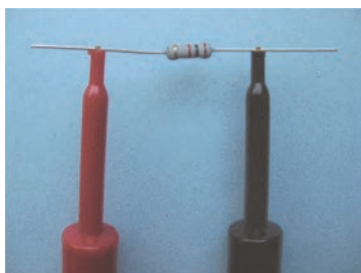
Wyróżnia się dwie kategorie rezystorów stałych:

- ✓ **Standardowe**, o tolerancji w zakresie od 2 do aż 20 procent wartości znamionowej. Na opakowaniu zawsze jest podane, jak bardzo rzeczywista rezystancja może się różnić od znamionowej (np. $\pm 2\%$, $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ albo $\pm 20\%$). Tego rodzaju rezystorów można używać w większości zastosowań domowych czy hobbystycznych, ponieważ służą one do ograniczania prądu lub dzielenia napięcia w pewnym określonym zakresie. W wielu układach elektronicznych można spotkać rezystory o tolerancji w zakresie od 5 do 10 procent.
- ✓ **Rezystory precyzyjne**, o tolerancji w zakresie 1 procenta wartości znamionowej. Używa się ich w obwodach, w których wymagany jest bardzo duży stopień dokładności, np. służących do precyzyjnego pomiaru czasu, lub w układach stabilizujących napięcie.

Wiele rezystorów ma kształt cylindra, z którego wyprowadzone są dwie końcówki (rysunek 5.1) służące do podłączania go do innych elementów obwodu (aby dowiedzieć się o wyjątkach, przeczytaj ramkę „Rozpoznawanie rezystorów na płytkach drukowanych”, która znajduje się dalej w tym rozdziale). Na pewno ucieszy Cię wiadomość, że te małe, miłe urządzenia z dwoma wyprowadzeniami można podłączać do obwodu w dowolny sposób, tzn. nie istnieją w ich przypadku takie pojęcia, jak strony lewa i prawa czy góra i dół.



Większość rezystorów stałych zdobią kolorowe paski, za pomocą których zakodowane są informacje o **wartości znamionowej i tolerancji** rezystorów (zobacz sekcję „Odczytywanie wartości rezystorów stałych”). Lecz nie dotyczy to wszystkich; niektóre mają na obudowie wydrukowaną wartość i parę innych liczb, które łatwo można pomylić. Jeśli nie masz pewności, jaka jest wartość rezystancji danego rezystora, sprawdź ją za pomocą swojego miernika uniwersalnego, jak np. pokazano na rysunku 5.9. Podczas pomiaru rezystor nie powinien być podłączony do obwodu, ponieważ może to spowodować zafałszowanie wyniku.



Rysunek 5.9. Rzeczywistą rezystancję rezystora można zmierzyć za pomocą miernika uniwersalnego



W projektach obwodów zazwyczaj podawane są bezpieczne zakresy wartości rezystorów. Czasami podana jest wartość dla każdego rezystora z osobna, a czasami wartość sumaryczna dla wszystkich rezystorów w obwodzie. Szukaj tych informacji w spisie części lub na schemacie ideowym. Jeżeli na schemacie nie określono tolerancji, można przyjąć standardową tolerancję (± 5 lub $\pm 10\%$).

Odczytywanie wartości rezystorów stałych

Kolorowe linie zdobiące większość rezystorów oprócz cieszenia naszych oczu spełniają jeszcze jedną funkcję. W kolorach tych zakodowane są informacje o **wartości znamionowej i tolerancji** rezystorów. Lecz nie dotyczy to wszystkich; niektóre mają nieciekawy, jednolity kolor i wydrukowaną wartość cyfrową na obudowie. Kolorowy kod zaczyna się z jednej strony rezystora i składa się z kilku kolorowych pasków. Każdy kolor symbolizuje jakąś wartość, a jego położenie decyduje o sposobie interpretacji.

Standardowe rezystory mają cztery kolorowe paski: trzy pierwsze określają wartość znamionową rezystora, a czwarty — jego tolerancję. Przy użyciu informacji przedstawionych w tabeli 5.1 można rozszyfrować wartość znamionową standardowego rezystora w następujący sposób:

- ✓ **Pierwszy pasek** oznacza pierwszą cyfrę.
- ✓ **Drugi pasek** oznacza drugą cyfrę.
- ✓ **Trzeci pasek** oznacza mnożnik w postaci liczby zer, pod warunkiem że nie ma koloru złotego lub srebrnego.
 - Jeśli trzeci pasek jest **złoty**, wartość należy pomnożyć przez 0,1 (czyli podzielić przez 10).
 - Jeśli trzeci pasek jest **srebrny**, wartość należy pomnożyć przez 0,01 (czyli podzielić przez 100).
- ✓ **Czwarty pasek** określa tolerancję, jak pokazano w piątej kolumnie tabeli 5.1. Jeśli nie ma czwartego paska, należy przyjąć, że tolerancja wynosi $\pm 20\%$.

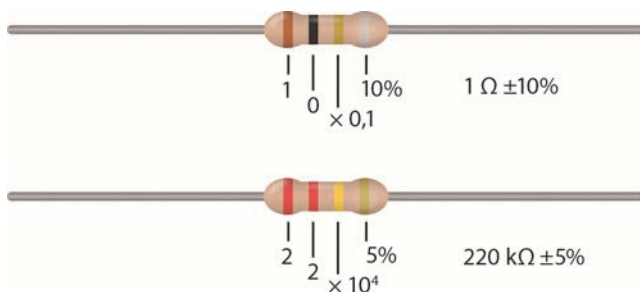
Tabela 5.1. Kolorowy kod rezystorów

Kolor	Pasek 1.	Pasek 2.	Pasek 3.	Tolerancja
Czarny	0	0	$10^0 = 1$ (brak zer)	$\pm 20\%$
Brązowy	1	1	$10^1 = 10$ (jedno zero)	$\pm 1\%$
Czerwony	2	2	$10^2 = 100$ (dwa zera)	$\pm 2\%$
Pomarańczowy	3	3	$10^3 = 1000$ (trzy zera)	$\pm 3\%$
Żółty	4	4	$10^4 = 10\,000$ (cztery zera)	$\pm 4\%$
Zielony	5	5	$10^5 = 100\,000$ (pięć zer)	brak
Niebieski	6	6	$10^6 = 1\,000\,000$ (sześć zer)	brak
Fioletowy	7	7	$10^7 = 10\,000\,000$ (siedem zer)	brak
Szary	8	8	$10^8 = 100\,000\,000$ (osiem zer)	brak
Biały	9	9	$10^9 = 1\,000\,000\,000$ (dziewięć zer)	brak
Złoty			0,1 (dzielenie przez 10)	$\pm 5\%$
Srebrny			0,01 (dzielenie przez 100)	$\pm 10\%$

Aby obliczyć znamionową wartość rezystancji rezystora, należy utworzyć liczbę z dwóch pierwszych cyfr (ustawiając je obok siebie) i pomnożyć ją przez mnożnik.

Najłatwiej to zrozumieć na konkretnym przykładzie:

- ✓ **Czerwony-czerwony-żółty-żółty** — rezystor ozdobiony paskami czerwonym (2), czerwonym (2), żółtym (4 zera) i złotym ($\pm 5\%$) (rysunek 5.10) ma rezystancję znamionową o wartości $220\,000\,\Omega$, czyli $220\,\text{k}\Omega$, która może się wahać w górę i w dół o 5 procent. W związku z tym wartość rzeczywista rezystancji tego rezystora może zawierać się w przedziale od $209\,\text{k}\Omega$ do $231\,\text{k}\Omega$.
- ✓ **Brązowy-czarny-złoty-srebrny** — rezystor ozdobiony paskami brązowym (1), czarnym (0), złotym (0,1) i srebrnym ($\pm 10\%$) (rysunek 5.10) ma rezystancję znamionową o wartości $10 \cdot 0,1 = 1\,\Omega$, która może się wahać w górę i w dół o 10 procent. W związku z tym rzeczywista wartość rezystancji tego rezystora może zawierać się w przedziale od $0,9$ do $1,1\,\Omega$.



Rysunek 5.10. Rozszyfrowywanie kodu paskowego na rezystorze w celu określenia jego rezystancji

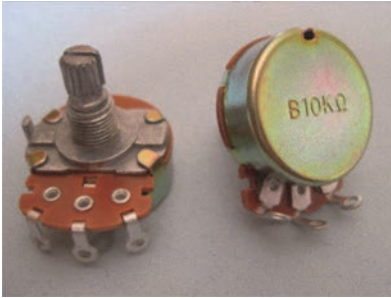
Rezystory precyzyjne mają po pięć kolorowych pasków. Trzy pierwsze oznaczają trzy pierwsze cyfry, czwarty to mnożnik, a piąty reprezentuje tolerancję (najczęściej $\pm 1\%$).

Na rezystorach można znaleźć przeróżne kombinacje kolorowych pasków, a niektóre z tych elementów w ogóle nie mają takich oznaczeń. Dlatego najlepszym rozwiązaniem jest każdorazowe sprawdzanie rzeczywistej wartości za pomocą miernika.

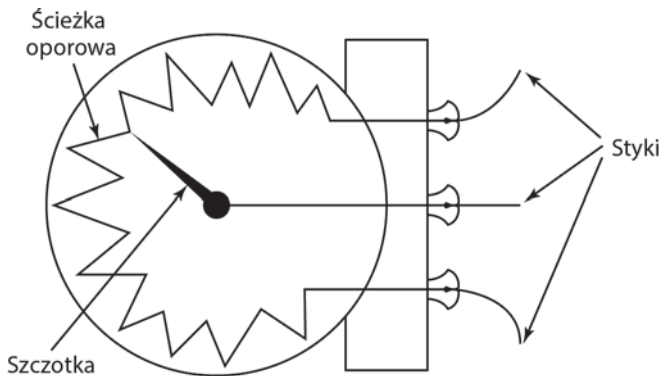
Rezystory nastawne, czyli potencjometry

Potencjometry służą do płynnego ustawiania poziomu rezystancji. Są to urządzenia z trzema wyprowadzeniami, tzn. mają trzy kontakty połączeniowe (rysunek 5.11). Rezystancja między dwoma zewnętrznymi stykami jest stała i równa maksymalnej rezystancji potencjometru. Natomiast między stykiem środkowym i każdym z dwóch pozostałych rezystancja jest zależna od ustawienia suwaka lub gałki służących do nastawiania poziomu rezystancji.

Potencjometr składa się ze ścieżki oporowej z połączeniami z obu stron, po której porusza się szczotka służąca do nastawiania wartości oporu w zakresie od zera do określonej wartości maksymalnej (rysunek 5.12). Każde zakończenie ścieżki oporowej ma połączenie z jednym z dwóch styków zewnętrznych i to właśnie dlatego rezystancja między tymi dwoma stykami jest stała i równa maksymalnej wartości potencjometru.



Rysunek 5.11. Do ustawiania rezystancji w tych potencjometrach tarczowych 10 k Ω służy gałka



Rysunek 5.12. Znajdująca się w potencjometrze szczotka porusza się po ścieżce oporowej

Znajdująca się w rezystorze szczotka ma połączenie elektryczne ze stykiem środkowym i mechaniczne z gałką, suwakiem lub śrubą (w zależności od rodzaju potencjometru). Gdy szczotka jest przemieszczana, rezystancja między stykiem środkowym a jednym ze styków bocznych zmienia się w zakresie od zera do wartości maksymalnej, a między stykiem środkowym i drugim stykiem bocznym — od wartości maksymalnej do zera. Oczywiście suma tych dwóch wartości jest równa maksymalnej rezystancji stałej elementu (między dwoma stykami bocznymi).

Większość potencjometrów ma oznaczoną wartość maksymalną — 10 k Ω , 50 k Ω , 100 k Ω , 1 M Ω itd. Symbol rezystancji (Ω) nie zawsze jest obecny. Jeśli np. na potencjometrze będzie nadrukowana wartość 50 k, to oznacza to, że przy jego użyciu można ustawiać opór w zakresie od 0 do 50 000 Ω .

Istnieją różne rodzaje potencjometrów, np. obrotowe, suwakowe i dostrojcze:

- ✓ **Potencjometr obrotowy** ma obrotową ścieżkę oporową i specjalną gałkę służącą do nastawiania wartości rezystancji. Ten rodzaj potencjometru jest często wykorzystywany do budowy urządzeń elektronicznych. W obudowie urządzenia wycina się otwór, w który wkłada się potencjometr w taki sposób, aby jego złącza można było połączyć z obwodami wewnętrznymi, a gałka regulacyjna wystawała na zewnątrz. Używa się ich powszechnie do regulacji głośności.

- ✓ **Potencjometr suwakowy** ma podłużną ścieżkę oporową, po której porusza się suwak ruchem prostoliniowym. Używane są w sprzęcie audio i niektórych ściemniaczach światła.
- ✓ **Potencjometr dostrojczy** (nazywany też **potencjometrem nastawnym**) jest mniejszy od poprzednio opisanych. Montuje się go na płytkach drukowanych układów, a do nastawiania wartości oporu służy specjalny wkręt. Najczęściej używa się go do dostrajania obwodów, np. aby ustawić poziom wrażliwości czujnika światła, a nie do dowolnego ustawiania jakichś wartości (np. poziomu dźwięku) w czasie działania obwodu.



Pamiętaj, że kiedy gałka potencjometru zostanie ustawiona na wartość zerową, to element ten nie będzie stawiał żadnego oporu, a więc prąd będzie przepływał przezeń bez żadnych ograniczeń. Dlatego często za potencjometrem wstawia się w połączeniu szeregowym dodatkowy rezystor stały, który służy jako zabezpieczenie ograniczające prąd. Trzeba tylko wartość tego dodatkowego rezystora dobrać w taki sposób, aby w połączeniu z potencjometrem uzyskać odpowiedni zakres rezystancji (sposób obliczania całkowitej rezystancji szeregowo połączonych rezystorów opisaliśmy nieco dalej w tym rozdziale).



Zakres wartości potencjometru jest podawany tylko w przybliżeniu. Rezystancję nieoznaczonego potencjometru można zawsze zmierzyć za pomocą miernika uniwersalnego (ustawionego na pomiar rezystancji). W ten sam sposób można też sprawdzić aktualną wartość rezystancji ustawioną między stykiem środkowym i jednym ze styków bocznych (w rozdziale 16. znajduje się szczegółowy opis metod pomiaru rezystancji przy użyciu miernika uniwersalnego).

Na schematach ideowych potencjometry z reguły oznacza się symbolem prostokąta ze skierowaną na niego od góry strzałką (rysunek 5.8).

Moc znamionowa rezystorów

Czas na zgadywanke! Co się stanie, jeśli przez rezystor przepłynie zbyt duża liczba elektronów? Poprawna odpowiedź brzmi: „Otrzymamy kawałek węgla i nie odzyskamy straconych pieniędzy”. Kiedy elektrony płyną przez materiał, który stawia opór, wytwarzają ciepło, a im więcej elektronów, tym więcej ciepła.

Potencjometr czy reostat?

Mimo iż słowem **potencjometr** często określa się zbiorczo wszystkie rezystory zmienne, to reostat i potencjometr to nie to samo. **Reostat** ma dwie końcówki, z których jedna jest podłączona do szczotki, a druga do końcówki ścieżki oporowej. Natomiast potencjometr ma trzy końcówki, z których jedna jest podłączona do szczotki, a dwie do obu końców ścieżki oporowej. Potencjometr można wykorzystywać jako reostat (co jest zresztą często praktykowane). W tym celu należy użyć tylko dwóch z jego końcówek. Jeśli podłączy się wszystkie trzy końcówki do obwodu, to można otrzymać stały i zmienny rezystor w jednym!

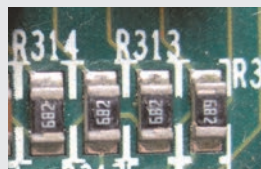
Reostaty zwykle wytrzymują wyższe poziomy napięcia i natężenia niż potencjometry i dlatego nadają się do zastosowań przemysłowych, jak np. do sterowania prędkością obrotową silników elektrycznych dużych maszyn. Zostały one jednak w dużym stopniu wyparte przez układy zbudowane z urządzeń półprzewodnikowych (rozdział 9.), które zużywają znacznie mniej mocy.

Symbol służący do oznaczania reostatów pokazano po prawej stronie rysunku 5.8.

Rozpoznawanie rezystorów na płytkach drukowanych

W miarę zdobywania coraz większej wiedzy o elektronice możesz zacząć się ciekawić, co takiego jest w urządzeniach elektronicznych, które masz w domu (uwaga: bądź ostrożny i postępuj zgodnie z zasadami opisanymi w rozdziale 13.). Możesz otworzyć np. pilota od telewizora, aby zobaczyć znajdujące się w nim elementy elektroniczne połączone z diodą LED. W przypadku niektórych **płytek obwodów drukowanych** — których używa się jako bazy do masowej budowy obwodów powszechnie wykorzystywanych w komputerach i innych układach elektronicznych — rozpoznanie poszczególnych elementów może być trudne. Powodem tego jest to, że producenci, starając się jak najkorzystniej rozmieścić elementy na płytkach i chcąc zaoszczędzić miejsce, stosują rozmaite wyszukane techniki.

Jedna z nich nosi nazwę **montażu powierzchniowego** (ang. *surface-mount technology* — SMT) i polega na montowaniu elementów bezpośrednio na powierzchni płytki drukowanej. Urządzenia montowane powierzchniowo, np. rezystory tego typu, mają trochę inny wygląd niż ich odpowiedniki, których używamy w swoich warsztatach domowych, ponieważ nie mają długich wyprowadzeń służących do podłączania ich do obwodów. Elementy takie mają własny kod oznaczający ich wartości.



Elementy elektroniczne (np. rezystory) mogą wytrzymać tylko określoną ilość ciepła (konkretna wartość zależy od rodzaju i wielkości elementu), po czym ulegają stopieniu. Jako że ciepło jest jedną z form energii, a moc to jednostka określająca ilość energii zużywanej w określonym czasie, na podstawie **mocy znamionowej** urządzenia można wywnioskować, ile watów (**wat**, którego symbolem jest litera W, to jednostka mocy elektrycznej) to urządzenie jest w stanie bezpiecznie wytrzymać.

Każdy rezystor ma określoną moc znamionową. Typowy rezystor może wytrzymać ½ czy ¼ W, ale bez trudu znajdziesz też rezystory pół- i jednowatowe, a niektóre są nawet ognioodporne (zaczynasz się denerwować?). Oczywiście na samym rezystorze oznaczenia jego mocy znamionowej nie znajdziesz (byłoby za łatwo), lecz musisz ją określić na podstawie wielkości elementu (moc znamionowa rośnie wraz z rozmiarem elementu) albo sprawdzić w katalogach producenta bądź dostawcy części.

Jak w takim razie dobrać do obwodu rezystor na podstawie jego mocy znamionowej? Najpierw należy oszacować najwyższą wartość mocy, jaką element ten będzie musiał wytrzymać, a następnie wybiera się rezystor o mocy znamionowej równej tej wartości lub wyższej. Moc oblicza się z poniższego wzoru:

$$P = U \cdot I$$

U oznacza napięcie (w woltach, których symbolem jest litera V) w rezystorze, a I oznacza natężenie (w amperach, których symbolem jest litera A) prądu płynącego przez rezystor. Załóżmy, że wartość napięcia wynosi 5 V, a my chcemy przepuścić przez rezystor prąd o natężeniu 25 mA (miliamperów). Aby obliczyć moc, wykonujemy mnożenie $5 \cdot 0,025$ (przypomnijmy, że **miliamper** to jedna tysięczna ampera). Otrzymamy wynik 0,125 W, czyli ½ W. Wiemy więc już, że rezystor o mocy znamionowej ½ może być wystarczający, a rezystor o mocy ¼ W **na pewno** się nie przegrzeje.

Do większości amatorskich projektów wystarczą rezystory o mocy ¼ czy wata. Rezystory o wysokiej mocy używane są w obwodach o wysokim obciążeniu, np. sterujących silnikami albo lampami, które do działania wymagają trochę większego prądu. Rezystory o wysokiej mocy mają różne kształty i zawsze są większe od przeciętnego rezystora. Rezystory o mocy powyżej 5 W dodatkowo opakowuje się w tworzywo



epoksydowe (albo jakiś inny wodo- i ognioodporny materiał) i mają one kształt prostokątny, a nie walcowaty. Niektóre rezystory o wysokiej mocy mają nawet dodatkowy metalowy **radiator**, którego żeberka odprowadzają ciepło na zewnątrz.

Łączenie rezystorów

Kiedy pójdziesz na zakupy, to szybko spostrzeżesz, że nie zawsze można dostać dokładnie taki rezystor, jakiego się potrzebuje. Jest to spowodowane tym, że producentom nie opłaci się produkować rezystorów o każdej możliwej wartości rezystancji, a więc wytwarzają tylko ograniczony asortyment tych urządzeń. Zaraz wyjaśnimy, jak można rozwiązać ten problem. Na przykład ze świecą nie znajdziesz rezystora o wartości 25 k Ω , natomiast rezystorów o wartości 22 k Ω jest w sklepach na pięćki! Sztuka polega na tym, aby uzyskać wymaganą rezystancję, używając standardowych dostępnych rezystorów.

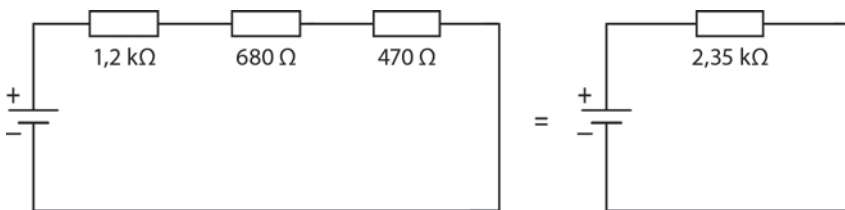
Rezystory można łączyć na różne sposoby, aby uzyskać **rezystancję zastępczą** o wartości prawie identycznej z wartością, której potrzebujesz. A ponieważ typowy rezystor i tak ma zakres tolerancji od 5 do 10 procent wartości znamionowej, łączenie rezystorów nie sprawia żadnych kłopotów.



Łączenie rezystancji podlega pewnym zasadom, które poznasz w tym podrozdziale. Należy się nimi kierować nie tylko przy wyborze rezystorów do swoich własnych obwodów, lecz również kiedy analizuje się obwody elektroniczne innych osób. Jeśli np. wiadomo, jaką rezystancję ma żarówka w obwodzie, i połączy się z nią szeregowo rezystor, to aby obliczyć całkowity prąd przechodzący przez te dwa urządzenia, trzeba znać ich zastępczą rezystancję.

Szeregowe łączenie rezystorów

Aby wykonać szeregowe połączenie rezystorów, należy je złączyć za wyprowadzenia, tak jak widać na rysunku 5.13, aby przez wszystkie po kolei przepływał ten sam prąd. Pierwszy rezystor ogranicza prąd o pewną wartość, następny redukuje prąd jeszcze bardziej itd. Z tego taki wniosek, że każdy kolejny rezystor w połączeniu szeregowym *zwiększa* ogólną wartość rezystancji.



Rysunek 5.13. Rezystancja zastępcza kilku rezystorów połączonych szeregowo jest równa sumie wartości poszczególnych rezystorów w szeregu

Aby obliczyć łączną (zastępczą) rezystancję kilku rezystorów w szeregu, należy po prostu zsumować ich wartości. Zasadę tę można przedstawić w postaci następującego ogólnego wzoru:

$$R_{\text{szereg}} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \dots$$

Symbolami R_1 , R_2 , R_3 itd. oznaczone są wartości rezystancji kolejnych rezystorów, a R_{szereg} reprezentuje ogólną rezystancję zastępczą. Pamiętaj, że przez wszystkie rezystory w szeregu płynie ten sam prąd oraz że wszystkie rezystory dodają część ogólnej rezystancji.



Przedstawioną zasadę obliczania rezystancji zastępczej można zastosować przy wybieraniu rezystorów do swojego obwodu. Załóżmy, że potrzebujemy rezystancji o wartości 25 k Ω , ale nie znajdujemy standardowego rezystora o takich parametrach. W takim razie możemy połączyć szeregowo dwa standardowe rezystory o wartościach 22 k Ω i 3,3 k Ω , aby uzyskać rezystancję o wartości 25,3 k Ω . Otrzymana wartość różni się od wymaganej zaledwie o niecałe dwa procent, a jak wiemy, zakres tolerancji typowych rezystorów wynosi od 5 do 10 procent.



Kiedy sumujesz wartości rezystancji, uważaj na to, w jakich jednostkach są one wyrażone. Gdy zechcesz na przykład połączyć szeregowo rezystory o wartościach 1,2 k Ω , 680 Ω i 470 Ω (rysunek 5.13), to przed dodaniem musisz te wartości zamienić na tę samą jednostkę, np. om. Aby obliczyć rezystancję zastępczą przedstawionych rezystorów, należy wykonać następujące obliczenia:

$$R_z = 1200 \, \Omega + 680 \, \Omega + 470 \, \Omega = 2350 \, \Omega \text{ lub } 2,35 \, \text{k}\Omega$$



W obwodach szeregowych rezystancja zastępcza jest *zawsze* większa od rezystancji poszczególnych elementów. Fakt ten można wykorzystać przy projektowaniu obwodów. Jeśli np. chcesz ograniczyć ilość prądu docierającego do żarówki, ale nie znasz wartości rezystancji tej żarówki, to możesz połączyć z nią szeregowo rezystor, aby mieć pewność, że całkowita rezystancja w obwodzie jest *nie mniejsza* niż rezystancja dodanego rezystora. W obwodach, w których podłączony jest rezystor zmienny (np. w ściemniaczach światła), umieszczenie rezystora stałego w szeregu z rezystorem zmiennym daje gwarancję, że przepływ prądu będzie ograniczony nawet wówczas, gdy pokrętko potencjometru zostanie przekręcone na wartość zerową (sposób obliczania natężenia prądu dla określonej kombinacji napięcia i rezystancji opisałeś dalej w tym rozdziale).

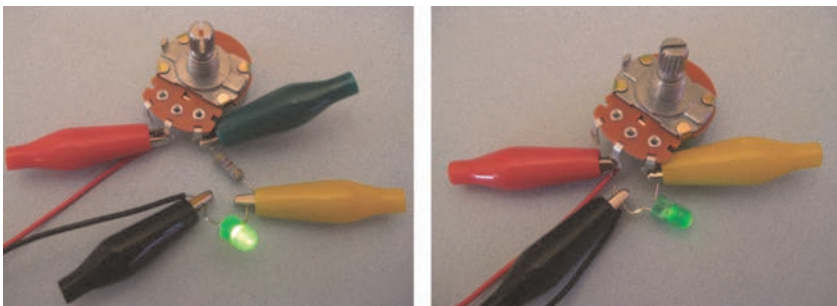
Sam zobacz, jak mały rezystor podłączony szeregowo może uratować diodę LED. Skonstruuj obwód widoczny na rysunku 5.14 przy użyciu następujących części:

- ✓ Jedna bateria 9 V
- ✓ Jeden klips do podłączania baterii
- ✓ Jeden rezystor 470 Ω (żółty, fioletowy, brązowy)
- ✓ Jeden potencjometr 10 k Ω
- ✓ Cztery zaciski szczękowe
- ✓ Jedna dioda LED dowolnego rozmiaru i koloru

Podłącz do obwodu styk środkowy i jeden ze styków bocznych potencjometru (drugi styk boczny pozostaw wolny) i nie zapomnij prawidłowo podłączyć diody LED, której krótsza nóżka powinna być połączona z ujemnym biegunem baterii.

Pokręć gałką potencjometru i obserwuj diodę. Wraz ze zmianami rezystancji intensywność światła powinna się zmieniać od bardzo jasnego do bardzo słabego (i odwrotnie).

Ustaw gałkę potencjometru mniej więcej na środku zakresu oraz wymontuj z obwodu rezystor, aby podłączyć diodę bezpośrednio do potencjometru, jak pokazano na rysunku 5.14 po prawej. Następnie przekręć gałkę w kierunku powodującym zwiększenie

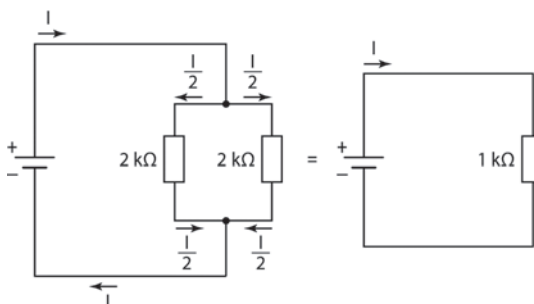


Rysunek 5.14. Rezystor połączony szeregowo z potencjometrem sprawia, że do diody LED dociera ograniczona ilość prądu, nawet gdy w potencjometrze zostanie ustawiona zerowa rezystancja. Gdyby nie rezystor, dioda by się spaliła

jasności świecenia diody LED. Przekręć do końca i obserwuj, co się dzieje z diodą. W miarę zbliżania się rezystancji do 0Ω dioda powinna robić się coraz jaśniejsza, aż w końcu przestanie świecić. Przy braku rezystancji ograniczającej przepływ prądu mogło dojść do spalenia elementu. (Jeśli tak, to możesz go wyrzucić, ponieważ jest już bezużyteczny).

Równoległe łączenie rezystorów

W równoległymłączeniu dwóch rezystorów łączy się razem ich wyprowadzenia (rysunek 5.15), dzięki czemu każdy rezystor otrzymuje takie same napięcie. Prąd płynie dwiema ścieżkami, a więc mimo że każdy rezystor ogranicza prąd płynący przez jedną ze ścieżek, zawsze jest dodatkowa ścieżka, którą może popłynąć dodatkowy prąd. Z punktu widzenia napięcia źródłowego efektem równoległego połączenia rezystorów jest *zmniejszenie* ogólnej rezystancji.



Rysunek 5.15. Rezystancja zastępcza rezystorów połączonych równolegle jest zawsze mniejsza niż rezystancja któregośkolwiek z użytych rezystorów

Do obliczania rezystancji zastępczej dwóch rezystorów połączonych równolegle używa się poniższego wzoru:

$$R_{\text{równ}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$



Symbole R_1 i R_2 oznaczają wartości poszczególnych rezystorów.

Pewnie pamiętasz, że kreska oddzielająca licznik od mianownika w ułamku zwykłym reprezentuje dzielenie. Zatem powyższy wzór można przekształcić do następującej postaci:

$$R_{\text{równ}} = (R_1 \cdot R_2) \div (R_1 + R_2)$$

W przykładzie przedstawionym na rysunku 5.14 połączono równolegle dwa rezystory $2\text{ k}\Omega$. Ich rezystancja zastępcza wynosi zatem:

$$\begin{aligned} R_z &= \frac{2000 \cdot 2000}{2000 + 2000} \\ &= \frac{4000000}{4000} \\ &= 1000 \\ R_z &= 1\text{ k}\Omega \end{aligned}$$

Ponieważ rezystory w tym przykładzie mają jednakową rezystancję, z połączenia ich w sposób równoległy uzyskaliśmy rezystancję zastępczą równą *połowinie ich wartości*. W wyniku tego każdy rezystor pobiera połowę dostarczanego prądu. Jeśli rezystory mają różne wartości rezystancji, to przez rezystor o *mniejszej* wartości popłynie *więcej* prądu niż przez rezystor o większej wartości.



Jeśli potrzebujesz do swojego obwodu rezystora o nieco większej mocy, np. 1 W , ale masz pod ręką tylko rezystory o mocy $\frac{1}{2}\text{ W}$, to możesz w zamian użyć dwóch rezystorów o mocy $\frac{1}{2}\text{ W}$ połączonych równolegle. Dobierz tylko rezystory o takich wartościach, aby z ich połączenia wyszła rezystancja o odpowiedniej wartości. Ponieważ każdy z rezystorów pobiera połowę prądu, jaki pobierałby jeden rezystor, rozpraszają one połowę mocy (przypomnijmy, że $\text{moc} = \text{natężenie} \cdot \text{napięcie}$).

Jeśli w połączeniu równoległym użyje się więcej niż dwóch rezystorów, to obliczenia nieco się komplikują:

$$R_z = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots}$$

Znajdujący się na końcu mianownika wielokropek oznacza, że należy dodawać kolejne wielkości odwrotne rezystorów podłączonych równolegle do obwodu.



Dla wielu rezystorów połączonych równolegle ilość prądu przepływającego przez daną gałąź jest **odwrotnie proporcjonalna** do rezystancji w tej gałęzi. Innymi słowy, im wyższa rezystancja w danej gałęzi, tym mniej prądu przez nią przepływa. Prąd, tak jak woda, wybiera drogę, którą najłatwiej mu płynąć.

W równaniach można czasami spotkać symbol $||$, który oznacza, że rezystory są połączone równolegle. Na przykład:

$$R_z = R_1 || R_2 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

lub

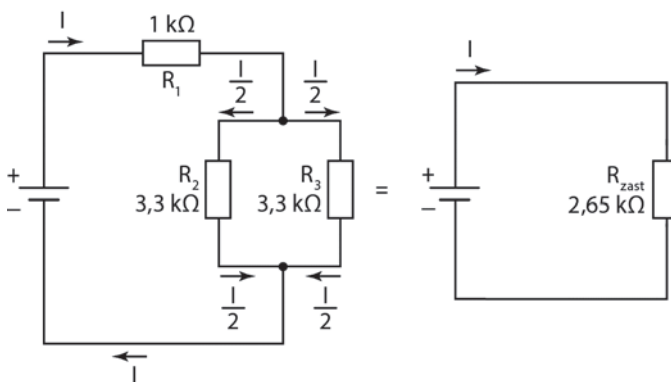
$$R_z = R_1 || R_2 || R_3 = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

Kombinacje szeregowych i równoległych połączeń rezystorów

W wielu obwodach używa się zarówno szeregowych, jak i równoległych połączeń rezystorów, aby w niektórych miejscach ograniczyć przepływ prądu, a w innych go rozdzielić. W niektórych przypadkach można obliczyć rezystancję zastępczą poprzez połączenie równań dla szeregowych połączeń rezystorów i dla równoległych połączeń rezystorów.

Na przykład na rysunku 5.16 rezystor R_2 ($3,3 \text{ k}\Omega$) jest równoległe połączony z rezystorem R_3 ($3,3 \text{ k}\Omega$), natomiast cała ta równoległa kombinacja rezystorów R_2 i R_3 jest połączona szeregowo z rezystorem R_1 ($1 \text{ k}\Omega$). Rezystancję zastępczą (R_z) tego układu (w $\text{k}\Omega$) można obliczyć z następującego wzoru:

$$\begin{aligned} R_z &= R_1 + (R_2 || R_3) \\ &= R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} \\ &= 1 \text{ k}\Omega + \frac{3,3 \text{ k}\Omega \cdot 3,3 \text{ k}\Omega}{3,3 \text{ k}\Omega + 3,3 \text{ k}\Omega} \\ &= 1 \text{ k}\Omega + 1,65 \text{ k}\Omega \\ &= 2,65 \text{ k}\Omega \\ R_z &= 2,65 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$



Rysunek 5.16. W wielu obwodach używane są kombinacje szeregowych i równoległych połączeń rezystorów

W tym obwodzie prąd dostarczany przez baterię jest redukowany przez *zbiorczą* rezystancję obwodu, której wartość wynosi $2,65\text{ k}\Omega$. Prąd wychodzący z dodatniego bieguna baterii przepływa przez rezystor R_1 , rozdziela się — jedna połowa płynie przez rezystor R_2 , a druga połowa przez rezystor R_3 — a następnie łączy się z powrotem i płynie do ujemnego bieguna baterii.



W obwodach często używane są znacznie bardziej skomplikowane kombinacje rezystorów niż przedstawione kombinacje połączeń szeregowych i równoległych, a obliczenie ich rezystancji równoważnej nie zawsze jest łatwe. Do ich analizy trzeba posługiwać się macierzami. Ponieważ to nie jest książka z dziedziny matematyki, nie będziemy zagłębiać się w szczegóły obliczeń z wykorzystaniem macierzy.

Mierzenie rezystancji zastępczej

Za pomocą miernika uniwersalnego można zmierzyć rezystancję w omach, jak również zweryfikować rezystancję zastępczą rezystorów połączonych szeregowo i równoległe.

Na poniższych zdjęciach pokazano sposób mierzenia rezystancji zastępczej trzech rezystorów połączonych szeregowo (po lewej), dwóch rezystorów połączonych równoległe (środek) i kombinacji rezystora połączonego szeregowo z dwoma rezystorami połączonymi równoległe. Wybierz którąś z tych trzech wersji i wypróbuj ją w swoim warsztacie.

Przedstawione na zdjęciach rezystory mają wartości $220\text{ k}\Omega$, $33\text{ k}\Omega$ oraz $1\text{ k}\Omega$. Na środkowym i prawym zdjęciu rezystory połączone równoległe mają wartości $220\text{ k}\Omega$ i $33\text{ k}\Omega$. Rezystor połączony szeregowo na prawym zdjęciu ma wartość $1\text{ k}\Omega$.

Na zdjęciu po lewej rezystancja zastępcza szeregowo połączonych rezystorów wynosi $254\text{ k}\Omega$ ($220 + 33 + 1$), natomiast rezystancja rzeczywista zmierzona za pomocą miernika wynosiła $255,4\text{ k}\Omega$.

Na zdjęciu środkowym obliczona rezystancja zastępcza wynosi $28,7\text{ k}\Omega$ ($(220 \cdot 33) / (220 + 33)$), natomiast rzeczywista rezystancja zastępcza według wskazań miernika wynosiła $28,5\text{ k}\Omega$.

W obwodzie szeregowo-równoległym przedstawionym na prawym zdjęciu obliczona rezystancja zastępcza wynosi $29,7\text{ k}\Omega$ ($28,7 + 1$), a rzeczywista rezystancja według wskazań miernika to $29,4\text{ k}\Omega$.

Pamiętaj, że wartość większości rezystorów odbiega nieco od ich wartości znamionowej. Dlatego wyniki pomiarów w każdym z pokazanych przypadków różnią się od wyników obliczeń (w zakresie poniżej 2%).



Skorowidz

A

akcelerometry, 230
akumulatory
 litowo-jonowe, 223
 niklowo-kadmowe, 223
 niklowo-metalowo-wodorowe, 223
alarm, 210, 326
 światłoczuły, 320
 światlny, 322
amper, 28
amperomierz, 295
analiza schematu, 52, 104, 110, 272
analogowe elementy elektroniczne, 267
anoda, 158
anten, 230
antystatyczne ubranie, 257
architektura komputerów, 341
atomy, 25
automatyczna zmiana zakresu, 297

B

badanie sygnałów przemiennych, 340
bajt, 193
baterie, 33, 43, 221
 AA, 46
 blokowe, 221
 alkaliczne, 223
 cynkowo-węglowe, 223
 litowe, 223
bezpieczeństwo, 237, 251
 w czasie lutowania, 288
bezpieczne lutowanie, 254
bezpiecznik, 305, 310
bit, 192
blokowanie prądu przemiennego, 147
bramka logiczna, 193
 AND, 193, 194
 NAND, 193, 203
 NOR, 194
 NOT, 193

 OR, 193, 205
 XOR, 194
bramki uniwersalne, 195
brzęczyk piezoelektryczny, 232
budowa
 atomu, 25
 bramek logicznych, 169
 płytki stykowej, 277
 światlnego alarmu, 322
 układów elektronicznych, 275
budowanie układu, 269

C

całkowite rozładowanie, 133
cewka indukcyjna, 39, 139, 143
charakterystyka kondensatorów, 124, 125
chmura elektronowa, 25
cyfrowy wyświetlacz, 299
cykle czasowe, 87
czas, 132
 życia baterii, 222
częstotliwość, 35
 rezonansowa, 149
części zapasowe, 247
czujnik, 38, 226
 bezkontaktowy, 148
 nacisku i położenia, 230
 PIR, 229
 promieniowania podczerwonego, 229
 światła, 229

D

definicja pojemności elektrycznej, 124
detektor ruchu, 229
dielektryk, 116
 powietrzny, 129
dioda, 39, 45, 53, 155, 308
 LED, 53, 164
 pojemnościowa, 129
 prostownicza, 162

dioda

przewodzenie prądu, 160

Zenera, 163

złączowa, 158

dławik, 143, 147

długość materiału, 82

domieszkowanie, 157

dostarczanie energii elektrycznej, 33

dostrajanie do stacji radiowych, 147, 149

drugie prawo Kirchhoffa, 58

działanie

alarmu, 326

prądu elektrycznego, 252

tranzystora, 176

dzielnik napięcia, 85, 105

E

efekt

pamięci, 223

piezoelektryczny, 151

ekranowanie, 148

elektroda, 33

elektromagnes, 141

elektroniczny metronom, 210

elektrony, 25, 26, 37

elektryczność, 25, 140

statyczna, 28

elementy

cyfrowe, 268

dyskretne, 76

energia

elektryczna, 25

słoneczna, 224

wtórna, 35

F

farad, 125

filtrowanie, 147

filtry

dolnoprzepustowe, 146

górnooprzepustowe, 146

pasmowoprzepustowe, 147

pasmowozaporowe, 147

fotodioda, 182, 224, 227

fotorezystor, 227

fototranzystor, 175, 227

G

generator tonów, 326

generowanie

prądu stałego, 34

sygnałów, 341

głośniki, 231

gniazda wtykowe, 220

gotowe projekty, 340

grubość drutu, 219

H

henr, 144

I

identyfikacja

diod, 161

tranzystorów, 183

układów scalonych, 198

identyfikator, 265, 267

impedancja, 106, 231

indukcja prądu, 142

innowacyjne układy scalone, 189

interpretowanie schematów, 259

izolatory, 27

izolowanie obwodów, 153

J

jon, 33

K

kabel, 218

kalibracja miernika uniwersalnego, 301

kalkulator, 42

kategorie rezystorów stałych, 88

katoda, 158

kierunek

odniesienia prądu, 52

przepływu prądu, 52

kod kolorowy rezystorów, 89

kombinacje połączeń rezystorów, 98

komutator, 233

kondensatory, 39, 44, 115, 123, 307

zmiennne, 129

konfiguracja obwodów wzmacniających, 181

konstrukcja migacza, 319

kontrolowanie

cykli czasowych, 87

wzmocnienia napięciowego, 181

konwerter
 analogowo-cyfrowy, 216
 cyfrowo-analogowy, 216
końcówki, 219
kryształ, 151
kulomb, 28

L

LED, 164
licznik dziesiętny 4017, 214
listwy zaciskowe, 219
logika cyfrowa, 191, 203
lutowanie, 284
lutownica, 41, 241

Ł

ładowanie kondensatorów, 117
ładunek
 elektrostatyczny, 256
 elektryczny, 25
łączenie
 ekranowanych cewek indukcyjnych, 149
 elementów, 218
 elementów na stałe, 289
 kondensatorów, 130
 równoległe, 130
 szeregowe, 131
 rezystorów, 94
 równoległe, 96
 szeregowe, 94
łączówki, 281

M

magazynowanie energii elektrycznej, 123
magnes, 140, 142
magnetyzm, 140
maksymalny zakres pomiarowy, 300
masa, 59
 pływająca, 59
 sygnałowa, 265
mata antyelektrostatyczna, 257
materiały, 245, 246
miejsca dokonywania pomiarów, 271
miernik
 częstotliwości, 341
 cyfrowy, 298
 uniwersalny, 40, 240, 293, 294, 302
mierzenie
 indukcyjności, 144
 napięć, 56

 prądu, 59
 temperatury, 229
migacz, 314, 316
 samochodowy, 328
migające światelka, 210
mikrofon
 dynamiczny, 228
 krystaliczny, 228
 pojemnościowy, 228
 światłowodowy, 228
mikrokontroler, 215, 341
mikroprocesor, 216
mikroukład, 190
miliamper, 52, 93
moc, 31, 60
 prawa Joule'a, 113
 znamionowa, 93, 163, 232
 znamionowa rezystorów, 92
modelowanie działania tranzystorów, 177
modulacja czasu trwania impulsu, 234
modyfikowanie
 obwodów, 112
 stałej czasowej, 135
montaż
 powierzchniowy, 93, 199, 289
 przewlekany, 289
montowanie układów scalonych, 290
multimetr
 analogowy, 298
 cyfrowy, 298
multiwibrator
 astabilny, 209, 316
 bistabilny, 212
 monostabilny, 211
muzyka, 323

N

nadprzewodnik, 82
napięcie, 29, 56
 elektryczne, 27
 polaryzacji, 159
 prądu, 103
 przebiega, 163
 przewodzenia, 159
 robocze, 234
 wsteczne, 160
 znamionowe, 126
narzędzia, 40, 246
 ręczne, 41, 242
natężenie prądu, 35, 103

nawiązywanie połączeń, 70
neutrony, 25
nośniki ładunku, 26
noty aplikacyjne, 202
numer części, 265

O

obciążenie, 32
obliczanie
 mocy, 60
 natężenia prądu, 104, 111
 rezystancji, 107
 rezystancji zastępczej obwodu, 110
 spadku napięcia, 111
 stałej czasowej, 145
 wartości napięcia prądu, 105
obniżanie napięcia, 153
obserwowanie ładowania kondensatora, 119
obudowa, 198
obwód, 31, 49
 elektryczny, 24
 ładujący, 135
 mieszany, 71
 migacza, 315
 RC, 132, 134
 rezonansowy, 150
 RL, 145
 rozładowujący, 135
 skali C-dur, 323
 strojony, 150
 z baterią, 262
 z diodą LED, 53, 55
 z internetu, 339
 zamknięty, 49
ochrona
 przed przepięciami, 169
 zdrowia, 250
odczytywanie wartości
 kondensatorów, 127
 rezystorów, 89
ogniwa
 fotoelektryczne, 35
 fotowoltaiczne, 35
 słoneczne, 35
ograniczanie
 ilości prądu, 316
 przepływu prądu, 83
om, 82
omomierz, 296
opaska antystatyczna, 42, 256

opór, 81
oscylator, 151
oscyloskop, 340
oznaczenia
 elementów elektronicznych, 265
 masy, 264
 indukcyjności, 148

P

panel słoneczny, 224
para Darlingtona, 186
parametry tranzystorów, 183
pasmo częstotliwości, 231
pasywne czujniki ruchu, 229
pierwiastek, 25
piksel, 37
pin header, 220
płytki
 drukowana, 76, 289
 perforowana, 289
 prototypowa, 40, 46, 55
 stykowa, 247, 276, 279
 perforowana, 289
pobieranie prądu stałego, 33
początek, 133
podstawka lutownicy, 241
pojemności kondensatorów, 128
pojemność
 elektryczna, 124
 zastępcza, 132
polaryzacja
 diod, 159
 kondensatorów, 127
 przewodząca, 159
 tranzystora, 180
 zaporowa, 159
pole, 289
połączenia
 równoległe, 65
 szeregowe, 64
pomiar
 napięcia, 57
 napięcia prądu, 303
 natężenia prądu, 304
 rezystancji, 305
potencjał napięcia, 29
potencjometr, 44, 87–92, 306
 dostrojczy, 92
 obrotowy, 91
 suwakowy, 92

- potencjometri
 - pozycja
 - otwarta, 69
 - zamknięta, 69
 - półprzewodniki, 35, 53, 155
 - typu n, 157
 - typu p, 157
 - półprzewodnikowy czujnik temperatury, 229
 - półsumator, 195
 - praca, 31
 - prawo
 - Joule'a, 113
 - Ohma, 72, 101, 110
 - prąd, 24, 25, 30, 59
 - impuls, 165
 - konwencjonalny, 262
 - przebiegienny, 33, 35
 - przewodzenia, 159, 165
 - stały, 33
 - szczytowy, 165
 - wpływający, 202
 - wypływający, 202
 - z baterii, 53
 - prędkość obrotowa, 234
 - projektowanie obwodów, 112
 - prostowanie
 - pełnookresowe, 163
 - półokresowe, 163
 - prądu zmiennego, 162
 - prostownik, 162
 - protony, 25, 26
 - przeciwstawne zmiany prądu, 144
 - przekątna, 70
 - przekładnia, 234
 - przekroczenie zakresu, 299
 - przekrój materiału, 82
 - przełączanie sygnałów, 182
 - przełącznik, 43, 50, 69
 - DPDT, 71
 - DPST, 70
 - dwustabilny, 69
 - jednobiegunowy, 70
 - kołyskowy, 69
 - listkowy, 69
 - przyciskowy, 69
 - SPDT, 70, 119
 - SPST, 70
 - suwakowy, 69
 - tranzystorowy, 178
 - włącz-włącz, 73
 - przepływ prądu, 101
 - przepuszczanie prądu zmiennego, 122
 - przetwarzanie danych, 193
 - przetwornica prądu, 35
 - przetworniki
 - wejściowe, 230
 - wyjściowe, 230
 - przewodniki, 27
 - przewody, 218, 219
 - przewodzenie prądu przez diodę, 160
 - przycisk
 - pojedynczy, 69
 - rozwierny, 70
 - zwierny, 70
- R**
- Raspberry Pi, 342
 - redukowanie napięcia, 85
 - regulacja głośności, 327
 - regulator napięcia, 163, 203
 - rejestr, 198
 - reostat, 87, 92
 - rezonans, 149
 - rezystancja, 81, 82, 103
 - zastępcza, 94, 99
 - rezystor, 39, 44, 53, 81, 306
 - nastawny, 87, 90
 - precyzyjny, 88
 - równoległy, 111
 - stały, 87
 - rezystywność, 82
 - rodzaje
 - baterii, 222
 - materiałów, 82
 - mierników uniwersalnych, 296
 - plytek drukowanych, 289
 - przetworników, 230
 - rezystorów, 87
 - układów scalonych, 206
 - rozlutowywanie, 287
 - rozładowywanie, 133
 - elektrostatyczne, 256
 - kondensatorów, 117
 - rozmiary
 - kondensatorów, 126
 - plytek stykowych, 279
 - rozpoznawanie rezystorów, 93
 - równoległe łączenie
 - kondensatorów, 130
 - rezystorów, 96
 - różnica potencjałów, 29, 58
 - rysowanie linii, 140

S

samoindukcja, 152
schemat, 36
 blokowy, 260
 ideowy, 259
 światłowego alarmu, 321
SEM, 28
silniki prądu
 przemiennego, 147
 stałego, 233
siła elektromotoryczna, 28
sklepy, 343
składania układu, 198
spadek
 napięcia, 29, 58
 potencjału, 29
sprawdzanie
 bezpieczników, 310
 diod, 308
 kondensatorów, 307
 obwodów, 311
 obwodu, 318
 potencjometrów, 306
 przełączników, 310
 przewodów i kabli, 309
 rezystorów, 306
 tranzystorów, 309
sprzężenie transformatorowe, 152
stacje radiowe, 149
stała czasowa obwodu RC, 134
stan
 pełnego naładowania, 133
 tranzystora, 178
sterowanie
 działaniem przełącznika, 69
 prądem, 79
 przepływem prądu, 169
 światłami, 330
stop lutowniczy, 241
stół warsztatowy, 239
struktura półprzewodników, 156
strumień magnetyczny, 140
styk zwierny
 podwójny, 70
 pojedynczy, 70
styki układów scalonych, 200
sygnalizacja świetlna, 332
sygnał
 elektryczny, 180
 przemienny, 340

symbole

baterii lub fotoogniw, 263
bramek logicznych, 269
cewki indukcyjnej, 143
elementów analogowych, 267
elementów elektronicznych, 273
kondensatorów, 130
masy, 263, 265
napięcia stałego, 263
przełączników, 270
przełączników, 270
przetworników wejściowych, 271
źródeł zasilania, 262
symulowanie układów, 340
syrena, 325
systemy liczbowe, 192
szczypce do cięcia drutu, 242
szeregowe
 kondensatorów, 131
 łączenie rezystorów, 94
szerokość pasma, 206
szkło powiększające, 243
szum, 147
szyna zasilająca, 74

Ś

ściągacz izolacji, 243
ściemniacz światła, 24, 76
ścieżka, 32, 289
środki
 czyszczące, 243
 smarne, 244
śrubokręty, 243
światło z diod LED, 164

T

tabela prawdy, 195
tablica
 pierwszej pomocy, 253
 prawdy, 197
taktowanie
 pulsów, 316
 układów logicznych, 210
technika lutowania, 285
temperatura, 82
termistor, 82, 228
termoogniwo, 229
tolerancja kondensatorów, 129
topografia układu, 281

transformator, 152
 izolacyjny, 153
 obniżający napięcie, 153
 podwyższający napięcie, 153
transzystory, 39, 45, 171, 177
 bipolarne, 173, 309
 mocy, 175
 npn, 173
 pnp, 173
 polowe, 174
 sygnałowe, 175
trzecia ręka, 243
tworzenie
 elementów logicznych, 197
 połączeń, 63
 zegarów, 124
typy termistorów, 228

U

ujście prądu, 202
układ
 555, 208, 210
 migacza, 316
układy
 analogowe, 191
 CMOS, 203
 elektroniczne, 24, 75
 elektryczne, 24
 scalone, 39, 45, 76, 189, 268
 cyfrowe, 191
 liniowe, 191
 mieszane, 191
umowny kierunek prądu, 52
urządzenia cyfrowe, 297
uziemiać narzędzi, 257
uziemiać, 59
uzwojenie
 pierwotne, 152
 wtórne, 152
użycie
 cewek indukcyjnych, 148
 układów scalonych, 198

W

warsztat, 238
wartości
 kondensatorów, 127
 rezystorów stałych, 89
 znamionowe, 88
 znamionowe diod, 160

wartość napięcia prądu, 103
wat, 31
wiązanie kowalenne, 156
własna płytka, 292
włączanie
 diody LED, 166
 prądu, 68
wolt, 28
woltomierz, 295
wtyczki, 220
wybór
 częstotliwości, 124
 przełącznika, 179
 rodzaju kondensatora, 126
 rodzaju przewodów, 218
 transzystora, 182
 zakresu pomiaru, 299
wygładzanie
 napięcia, 124
 prądu, 148
wykonywanie pomiarów, 293
wykorzystywanie energii elektrycznej, 30
wykrywanie
 ciepła, 228
 intruzów, 320
wyładowania elektrostatyczne, 175, 255
wyłączanie prądu, 68
wyposażenie
 dodatkowe, 249
 warsztatu, 238
wytwarzanie
 pola magnetycznego, 141
 prądu, 27
wzmacniacz, 180
 dźwięku, 327
 odwracający, 207
 operacyjny, 206
 różnicowy, 207
 transzystorowy, 178
wzmacnianie
 napięciowe, 181
 prądu, 184
 sygnałów, 172, 179
wzrost napięcia, 58

Z

zaciski szczękowe, 43, 54
zakres pomiaru, 299
zapobieganie uszkodzeniom płytek, 284

zasilacz

 sieciowy, 226

 stabilizowany, 35

zasilanie, 74, 220

zastosowania

 cewek indukcyjnych, 147

 diod, 169

 alarmu świetlnego, 322

 prawa Ohma, 106

zestaw początkowy, 248

zimny lut, 287

zintegrowane środowisko programistyczne,

 IDE, 216

złącza, 76, 157, 219

zmiany napięcia, 122

zwarcie, 32, 51

zwój, 143

Ż

źródło energii elektrycznej, 32

PROGRAM PARTNERSKI

— GRUPY HELION —



1. ZAREJESTRUJ SIĘ
2. PREZENTUJ KSIĄŻKI
3. ZBIERAJ PROWIZJĘ

Zmień swoją stronę WWW w działający bankomat!

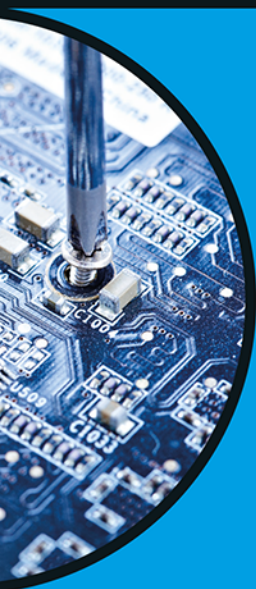
Dowiedz się więcej i dołącz już dzisiaj!

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

GRUPA
Helion 

Stwórz warsztat pracy elektronika

Ta bogato ilustrowana kolorowymi schematami i zdjęciami książka zawiera szczegółowe instrukcje, jak przeprowadzać eksperymenty objaśniające zasadę działania różnych elementów elektronicznych, porady na temat sposobu posługiwania się podstawowymi narzędziami oraz ciekawe projekty, które można wykonać w pół godziny. Rozdział po rozdziale będziesz czuć przyływ energii, dzięki której zmienisz teorię w praktykę!



W książce:

- Jak drobne elementy zmieniają właściwości prądu
- Przewodnik po popularnych elementach elektronicznych
- Jak ważne są prawo Ohma i inne prawa
- Podstawy elektroniki cyfrowej

Cathleen Shamieh

pisze na tematy dotyczące najnowszych zdobyczy techniki. Ma duże doświadczenie inżynieryjne i konsultingowe w zakresie elektroniki medycznej, systemów przetwarzania mowy oraz telekomunikacji.

dla
bystrzaków

Cena 79,00 zł

ISBN 978-83-283-9894-8



9 788328 398948