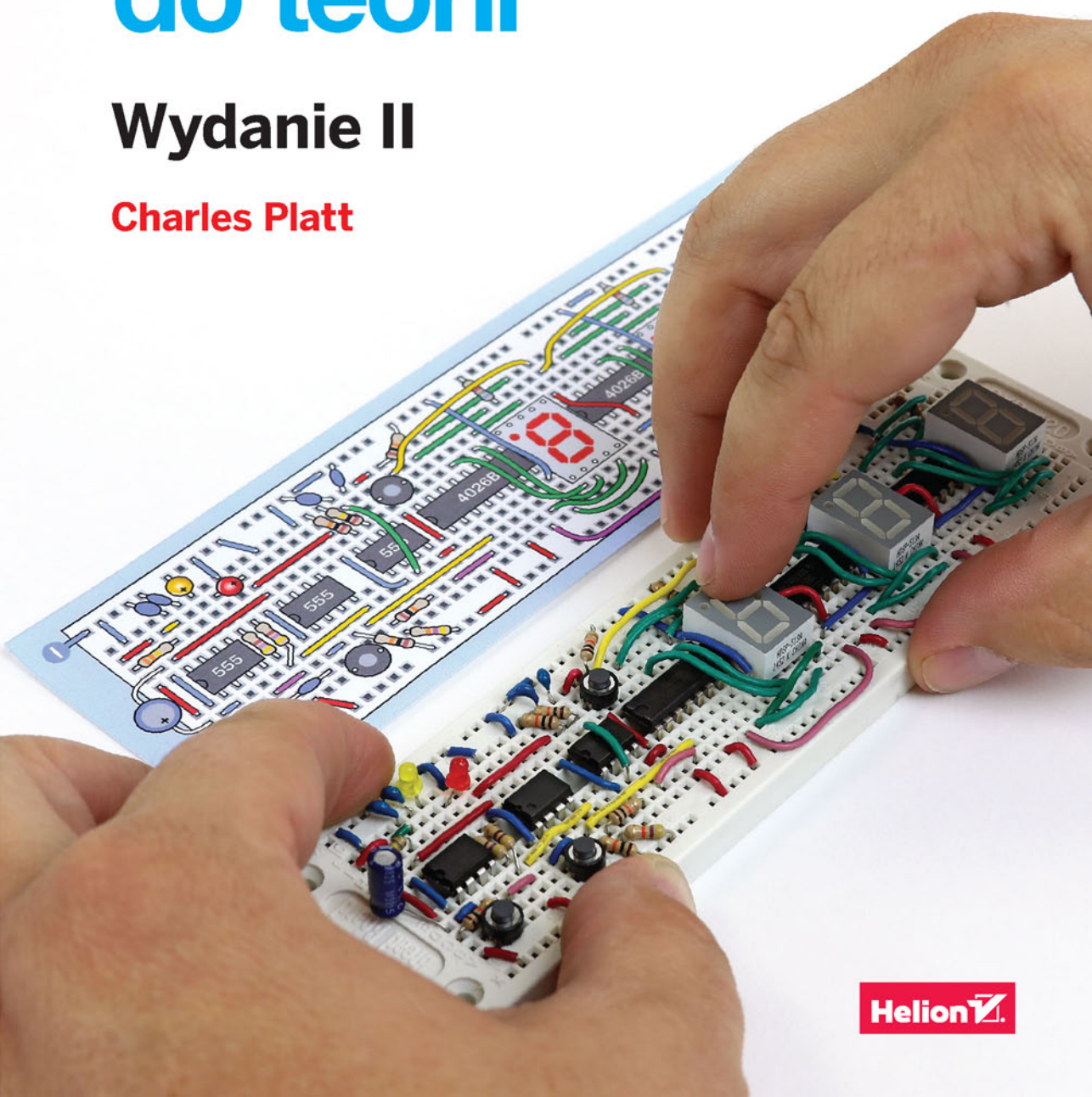


Elektronika

Od praktyki do teorii

Wydanie II

Charles Platt



Tytuł oryginału: Make: Electronics, Second Edition

Tłumaczenie: Konrad Matuk

ISBN: 978-83-283-2283-7

© 2016 Helion SA.

Authorized Polish translation of the English edition of Make: Electronics 2nd Edition

ISBN 9781680450262 © 2015 Charles Platt, published by Maker Media Inc.

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

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

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

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

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

Wydawnictwo HELION

ul. Kościuszki 1c, 44-100 GLIWICE

tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63

e-mail: helion@helion.pl

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

Drogi Czytelniku!

Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres

<http://helion.pl/user/opinie/eleod2>

Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Printed in Poland.

- [Kup książkę](#)
- [Poleć książkę](#)
- [Oceń książkę](#)

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

Spis treści

Podziękowania	XV
Co nowego w drugim wydaniu?	XVII
Wstęp. Jak przyjemnie spędzić czas z tą książką	XIX
Rozdział 1. Podstawy	1
Lista zakupów: eksperymenty od 1 do 5	1
Multimetr	1
Ustalanie zakresu pomiarowego	3
Wielkości	3
Okulary ochronne	4
Baterie i złącza	4
Przewody probiercze	5
Potencjometry	5
Bezpieczniki	6
Diody elektroluminescencyjne (LED)	6
Rezystory	7
Eksperyment 1: Posmakuj mocy!	7
Procedura	7
Przygotowanie miernika do pracy	8
Pomiar rezystancji języka	9
Dalsze badania	11
Sprzątanie i recykliczacja	12
Eksperyment 2: Jak nie należy używać baterii	13
Ciepło powstające w wyniku przepływu prądu	14
Jak przepalić bezpiecznik?	16
Sprzątanie i recykliczacja	19
Eksperyment 3: Twój pierwszy obwód	19
Przygotowanie	19
Generowanie światła za pomocą diod LED	21
Sprawdzanie rezystorów	22
Sprzątanie i recykliczacja	23

Eksperyment 4: Zmiana rezystancji	23
Zajrzyj do wnętrza swojego potencjometru	23
Testowanie potencjometru	24
Przyciemnianie diody LED	25
Pomiar różnicy potencjałów	26
Sprawdzanie przepływu	27
Pomiar prądu	28
Wykonywanie pomiarów	28
Stosowanie prawa Ohma	31
Jak dużego rezystora potrzebuje dioda LED	32
Sprzątanie i recykliczacja	36
Eksperyment 5: Zróbmy własną baterię	36
Przygotowania	37
Test cytryny — część I	37
Mówiąc praktycznie	41
Sprzątanie i recykliczacja	43

Rozdział 2. Przełączanie i nie tylko **45**

Lista zakupów: eksperymenty od 6 do 11	45
Zestaw małych śrubokrętów (niezbędny)	45
Małe kombinerki o długich szczękach (niezbędne)	45
Szczypce precyzyjne (zalecane)	46
Szczypce do cięcia drutu (niezbędne)	46
Cążki (zalecane)	46
Szczypce do zdejmowania izolacji (niezbędne)	47
Płytki prototypowe (niezbędne)	48
Zaopatrzenie	49
Części	52
Coś jeszcze?	55
Eksperyment 6: Bardzo proste przełączanie	55
Iskrzenie	58
Sprawdzanie przełącznika	59
Wprowadzenie do schematów	60
Konwencje tworzenia schematów	64
Krzyżowanie się przewodów	64
Kolory przewodów	65
Eksperyment 7: Zabawa z przekaźnikiem	65
Przekaźnik	66
Procedura	66
Jak to działa?	67
Inne przekaźniki	68
Otwieranie przekaźnika	69

Eksperyment 8: Oscylator zbudowany na przekaźniku	71
Początki pracy z płytą prototypową	72
Tworzenie przewodów połączeniowych	73
Zasilanie	73
Wewnątrz płytki	74
Wyjaśnienie działania obwodu z przekaźnikiem	74
Dodawanie funkcji brzęczenia	75
Dodawanie pojemności	76
Eksperyment 9: Czas i kondensatory	81
Ładowanie kondensatora	81
Układ RC	82
Napięcie, rezystancja i pojemność	83
Doświadczenie weryfikujące teorię	86
Sprężenie pojemnościowe	86
Prąd przesunięcia	88
Prąd przemienny	89
Eksperyment 10: Przełączanie tranzystorami	90
Test palca	91
Jak zadziałał test palca?	92
Dodawanie potencjometru	93
Napięcie i natężenie prądu	95
Eksperyment 11: Światło i dźwięk	98
Fluktuacje	98
Krok po kroku	100
Kondensator sprzęgający	102
Jak obwód rozpoczyna pracę?	102
Dlaczego jest to tak skomplikowane?	102
Przetworzony impuls	102
Zwiększanie szybkości	103
Dalsze modyfikacje	104

Rozdział 3. Wkraczamy głębiej 107

Lista zakupów: eksperymenty od 12 do 15	107
Zasilacz (niezbędny)	107
Lutownica kolbowa o niskiej mocy (zalecana)	108
Lutownica ogólnego przeznaczenia (zalecana)	109
Statyw lutowniczy (niezbędny)	109
Szkło powiększające (niezbędne)	110
Przewody pomiarowe z końcówkami zaciskowymi (niezbędne) . .	111
Opalarka (niezbędna)	111
Sprzęt przydatny przy rozlutowywaniu (zalecany)	112
Podstawa na lutownicę (zalecana)	112

Miniaturowa piła ręczna (zalecana)	113
Gratownik (zalecany)	113
Suwmiarka (zalecana)	113
Zaopatrzenie	113
Części	116
Eksperyment 12: Łączenie dwóch przewodów w jeden	117
Twoje pierwsze połączenie lutowane	118
Twoje drugie połączenie lutowane	122
Dodawanie izolacji	124
Modyfikacja zasilacza	125
Skracanie kabla zasilającego	127
Co dalej?	130
Eksperyment 13: Podgrzewanie diody	130
Dokąd odpłynęło ciepło?	132
Zasady odprowadzania ciepła	133
Eksperyment 14: Pulsujące światło nadające się na ozdobę	133
Weryfikacja fluktuacji	133
Zegnij druty, dodaj cynę	135
Krok po kroku	136
Zakończenie prac	136
Eksperyment 15: Alarm antywłamaniowy — część I	140
Lista oczekiwań	141
Implementacja listy życzeń	142
Przełączniki magnetyczne	142
Przerwa na wykonanie obwodu tranzystorowego	143
Przekątnik samozatraskowy	145
Blokada szkodliwego napięcia	146
Rozwiązanie jednego problemu tworzy kolejny problem	147
Rozwiązywanie problemu	148
Dioda zabezpieczająca	149
Montaż obwodu na płytce prototypowej	149
Dodawanie generatora dźwięku	150
Podsumowanie: To warto zapamiętać	151
Rozdział 4. Układy scalone	153
Lista zakupów: eksperymenty od 16 do 24	153
Narzędzia	153
Komponenty	154
Eksperyment 16: Generowanie impulsów	158
Poznaj swój układ scalony	159
Test monostabilny	159
Określanie czasu trwania impulsu	162

Eksperyment 17: Ustawianie wysokości tonu	169
Test astabilny	170
Modyfikacje trybu astabilnego	174
Łączenie kości w łańcuch	174
Generowanie dźwięku syreny	177
Eksperyment 18: Prawie gotowy alarm antywłamaniowy	178
Wykonaj w pełni sprawne urządzenie w trzech krokach	179
Co z syreną?	185
Co z mechanizmem włączania i wyłączania?	186
Finalizacja projektu	186
Najczęstsze błędy popełniane podczas montowania	
w płytce perforowanej	187
Obudowa projektu	189
Lutowanie przełączników	191
Montaż płytki obwodu	191
Test końcowy	192
Instalacja alarmu	192
Podsumowanie	193
Eksperyment 19: Miernik czasu reakcji	194
Szybka demonstracja	195
Generowanie impulsów	200
Czas opracować plan	201
System sterowania	201
Postęp w pracy nad projektem	202
Opóźnienie	203
Testowanie	204
Jak to działa?	204
Kolejne cyfry	205
Kalibracja	205
Udoskonalanie	207
Co dalej?	207
Eksperyment 20: Podstawy logiki cyfrowej	207
Regulator	208
Zastosowanie	209
Twoja pierwsza bramka logiczna	209
Czego nie potrzebujesz	216
Eksperyment 21: Funkcjonalne połączenie	219
Uwaga na gwarancję	219
Schemat trzyczęściowego obwodu	220
Jak to działa?	221
Więcej niż jeden przycisk?	222
Aktywacja przekaźnika	222
Kość z układami logicznymi	222

Czas połączyć obwód!	223
Przygotowanie obwodu do pracy	223
Testowanie	224
Praca z diodami	225
Pytania	225
Połączenie z komputerem	226
Udoskonalanie	227
Eksperyment 22: Wyścig	229
Cel	230
Od koncepcji do układu	230
Montaż na płytce prototypowej	235
Udoskonalanie	237
Eksperyment 23: Przełączanie i odbijanie	237
Zasada działania	239
Niwelowanie odbić za pomocą bramek NOR	239
Niwelowanie odbić za pomocą bramek NAND	240
Przerzutniki zatraskowe i przerzutniki z wejściem zegarowym	241
Eksperyment 24: Rzucanie kośćmi	242
Licznik binarny	242
Testowanie licznika	243
Narastające i opadające zbocze impulsu	245
Moduł	246
Tworzenie modułu 6	246
Rozwiązanie inne niż wyświetlacz siedmiosegmentowy	247
Wybór bramek	248
Ostateczna wersja obwodu	250
Dobre wieści	252
Liczniki tworzące łańcuch	252
Udoskonalanie	253
Problem zwalniania	253
Alternatywna koncepcja spowalniania pracy obwodu	254
Rozdział 5. Co dalej?	257
Narzędzia, wyposażenie, podzespoły i zaopatrzenie	257
Przystosowanie Twojego miejsca pracy	257
Opisywanie pudełek	260
Co na biurku?	261
Źródła informacji w sieci	262
Książki	263
Eksperyment 25: Magnetyzm	265
Procedura	265

Eksperyment 26: Generowanie prądu na własnym biurku	268
Procedura	268
Zasilanie diody LED	269
Opcjonalna rozbudowa projektu	271
Ładowanie kondensatora	273
Następny eksperyment: Audio	273
Eksperyment 27: Destrukcja głośnika	273
Procedura	274
Eksperyment 28: Zabawa z cewką	277
Procedura	277
Zanikające pole	278
Rezystory, kondensatory i cewki	279
Eksperyment 29: Filtrowanie częstotliwości	280
Obudowa głośnika	281
Wzmacniacz w formie pojedynczego czipu	281
Test 1-2-3	282
Przygoda z dźwiękiem	284
Kaleczenie muzyki	287
Eksperyment 30: Przesterowanie	289
Modyfikacja obwodu	290
Eksperyment 31: Radio bez lutowania i zasilania	294
Krok 1: Cewka	294
Antena i masa	296
Udoskonalenia	298
Eksperyment 32: Elektronika i programowanie	301
Definicje	301
Zastosowania mikrokontrolerów	301
Adekwatny dobór narzędzia do zadania	302
Jedna płytka, wiele czipów	302
Czy należy bać się podróbek?	303
Instalacja	304
Instalacja w systemie Linux	305
Instalacja w systemie Windows	305
Windows — rozwiązywanie problemów	306
Instalacja w systemie Mac OS	307
Gdy wszystko zawiodło	307
Test — szkic Blink	308
Weryfikacja i kompilacja	310
Załaduj i uruchom	311
Programowanie polega na uważaniu na szczegóły	312
Trwałość	314
Starzenie się	314
Obwody hybrydowe	314

Komponenty dyskretne — zalety	315
Komponenty dyskretne — wady	315
Mikrokontrolery — zalety	315
Mikrokontrolery — wady	315
Podsumowanie	315
Eksperyment 33: Interakcja z otoczeniem	316
Korzystanie z termistora	317
Konwersja zakresu	317
Połączenia	318
Gdzie są efekty pracy przetwornika?	319
Histereza	320
Analiza kodu programu	322
Dodatkowe informacje dotyczące programowania	322
Rozbudowa projektu	323
Eksperyment 34: Udoskonalona kostka	324
Ograniczenia nauki przez odkrywanie	324
Losowość	325
Pseudokod	326
Sygnały wejściowe przycisków	327
Zegar systemowy	328
Ostateczna wersja pseudokodu	329
Praca nad płytką obwodu	329
Kod programu	330
Krótkie i długie wartości całkowitoliczbowe	333
Funkcja setup	333
Pętla for	334
Funkcja generująca liczby losowe	334
Instrukcje if	335
Szybkość migania	335
Tworzenie nowej funkcji	335
Struktura	336
Czy nie jest to zbyt skomplikowane?	337
Rozbudowa programu obsługującego kostkę	338
Inne mikrokontrolery	338
Wyprawa w nieznane	339
Zakończenie	340

Rozdział 6. Narzędzia, wyposażenie,	
komponenty i zasoby	341
Zestawy	341
Szukanie komponentów i zakupy w internecie	341
Sztuka szukania	342
Skorzystaj z komunikatora	342

Google i podzespoły	342
Dokumentacja	343
Ogólne zasady korzystania z wyszukiwarki	343
Wykluczanie	343
Alternatywy	344
Zbyt dużo pisania?	344
Katalog dystrybutora	344
Co kliknąć najpierw?	344
Szukanie a rzeczywistość	345
Serwisy aukcyjne	346
Amazon	347
Wyłączanie automatycznego uzupełniania	347
Czy warto zadawać sobie tyle trudu, aby znaleźć niezbędne komponenty?	347
Lista zasobów i komponentów	347
Zasoby	348
Komponenty	349
Pozostałe komponenty	351
Zakupy: Rozdział 1.	353
Zakupy: Rozdział 2.	354
Zakupy: Rozdział 3.	355
Zakupy: Rozdział 4.	356
Zakupy: Rozdział 5.	358
Kupowanie narzędzi i wyposażenia	360
Narzędzia i sprzęt niezbędne do pracy nad projektem opisanym w rozdziale 1.	360
Narzędzia i sprzęt niezbędne do pracy nad projektem opisanym w rozdziale 2.	361
Narzędzia i sprzęt niezbędne do pracy nad projektem opisanym w rozdziale 3.	361
Dystrybutorzy	362
O autorze	364
Kolofon	364



Rysunek 1.38. *André-Marie Ampère odkrył, że prąd płynący przez przewód wytwarza wokół niego pole elektromagnetyczne. Wykorzystał tę zasadę do przeprowadzenia pierwszych wiarygodnych pomiarów tego, co później zostało określone mianem natężenia prądu*

opisując sposób, w jaki przepływający prąd generuje pole elektromagnetyczne. To on również zbudował pierwsze urządzenie służące do pomiaru przepływu prądu (zwane **galwanometrem**). Jest także odkrywcą fluoru.

Sprzątanie i recykliczacja

Pierwsza bateria AA, którą zwarłeś, jest prawdopodobnie uszkodzona i nie można jej w żaden sposób zregenerować. Powinieneś się jej pozbyć. Wrzucenie baterii do śmietnika nie jest najlepszym pomysłem, ponieważ zawiera ona metale ciężkie, które powinny być trzymane z dala od naszego ekosystemu¹.

Przepalony bezpiecznik jest bezużyteczny i może zostać wyrzucony.

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

¹ W Polsce za wyrzucenie baterii lub akumulatorów do zwykłego pojemnika na śmieci grozi grzywna — *przyp. tłum.*

Eksperyment 3: Twój pierwszy obwód

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

Potrzebne będą:

- bateria 9 V, liczba: 1,
- rezystory: 470 Ω , 1 k Ω i 2,2 k Ω , liczba: po jednym rezystorze z każdej wartości,
- dioda LED, dowolny typ, liczba: 1,
- przewody probiercze obustronnie zakończone zaciskami typu krokodyl, liczba: 3,
- multimetr.

Przygotowanie

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

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

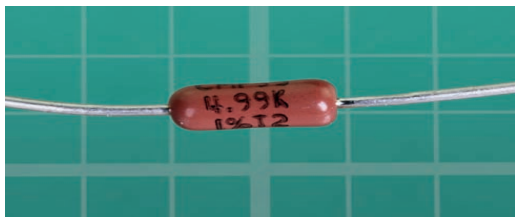
- Użyj swojego miernika uniwersalnego. Będzie to doskonały trening interpretacji wartości wyświetlanych na jego wyświetlaczu.
- Naucz się kodów paskowych, nadrukowanych na większości rezystorów. Instrukcje znajdziesz w poniższej sekcji — „Podstawy: Odczytywanie wartości rezystorów”.

Po ich sprawdzeniu dobrze jest je posortować do odpowiednio opisanych przedziałek w małym plastikowym pudełku na części. Pudełka tego typu

znajdziesz na przykład w dużych sklepach budowlanych lub w internecie. Posortowane rezystory możesz również trzymać w małych, foliowych woreczkach. Woreczki strunowe znajdziesz w ofercie serwisu aukcyjnego Allegro.

PODSTAWY: Odczytywanie wartości rezystorów

Niektóre rezystory mają swoją wartość wyrażoną w jasny sposób za pomocą mikroskopijnego nadruku, który możesz odczytać przy użyciu szkła powiększającego (patrz rysunek 1.39).



Rysunek 1.39. Mało które rezystory posiadają nadrukowane wartości charakterystyczne

Jednak większość z nich jest oznaczona kolorowymi paskami (patrz rysunek 1.40).

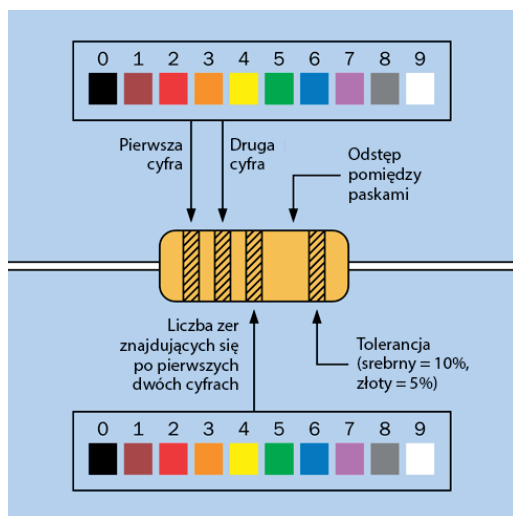


Rysunek 1.40. Cztery przykładowe rezystory oznaczone kodem paskowym

Na rysunku 1.41 pokazano przykładowe rezystory. Od góry: 1 500 000 Ω (1,5 M Ω) przy 10% tolerancji, 560 Ω przy 5% tolerancji, 4,7 k Ω przy 10% tolerancji i 65 500 Ω (65,5 k Ω) przy 5% tolerancji.

Ten kod działa w sposób następujący:

- Musisz zignorować kolor samej obudowy. (Wyjątek stanowi kolor biały — rezystory



Rysunek 1.41. Schemat kodowania wartości rezystorów; niektóre rezystory posiadają po lewej stronie cztery, a nie trzy paski (zostanie to wyjaśnione później)

o białych obudowach są ognioodporne i należy je zastępować rezystorami tego samego typu, ale prawdopodobieństwo, że spotkasz taki rezystor, jest bardzo niskie).

- Szukaj paska srebrnego lub złotego. Jeżeli go znajdziesz, obróć rezystor tak, aby ten pasek znajdował się po Twojej prawej stronie. Kolor srebrny oznacza, że wartość rezystora jest wyrażona z 10-procentową precyzją, a złoty z 5-procentową precyzją. Precyzja wykonania rezystora zwana jest również **tolerancją**.
- Jeżeli nie znajdziesz paska złotego lub srebrnego, obróć rezystor tak, aby kod paskowy znajdował się po Twojej lewej stronie. Powinieneś teraz patrzeć na trzy kolorowe paski po lewej stronie rezystora. Niektóre rezystory mają ich więcej, ale tymi zajmiemy się za chwilę.
- Kolory pierwszych dwóch pasków (od lewej do prawej) odwołują się do dwóch pierwszych cyfr wartości rezystora. Kolor trzeciego paska od lewej informuje o tym, ile zer należy zapisać po dwóch pierwszych cyfrach. Wartości poszczególnych kolorów przedstawiono na rysunku 1.40.

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

Trudne do zapamiętania? Zdecydowanie. Dlatego prościej jest sprawdzić wartość przy użyciu Twojego miernika. Musisz jedynie być świadomy tego, że miernik może pokazać wartość odbiegającą nieco od domniemanej wartości rezystora. Wynika to stąd, że precyzja Twojego miernika nie jest doskonała lub precyzja samego rezystora nie jest doskonała (lub oba te przypadki zachodzą jednocześnie). Nie wielkie odchylenia wartości komponentów nie mają znaczenia podczas pracy nad projektami opisanymi w tej książce.

Generowanie światła za pomocą diod LED

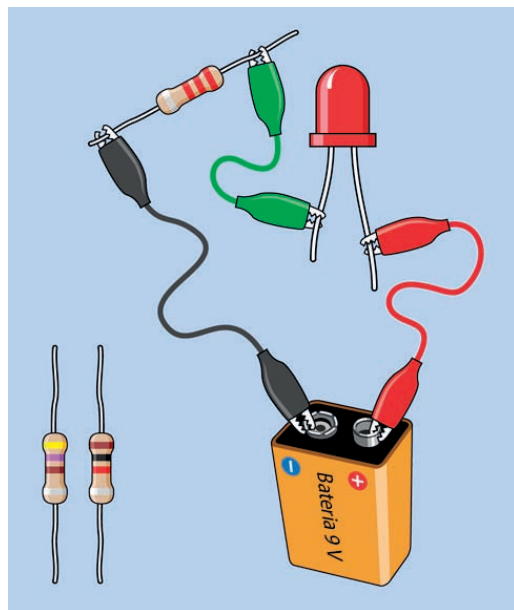
Przjrzyj się teraz jednej ze swoich diod LED. Żarówka starego typu marnuje sporo energii, przekształcając energię elektryczną w ciepło. Diody LED są znacznie zmyślniejsze: niemal całą dostarczoną im energię konwertują na światło, a ich żywotność jest niemal nieskończona — pod warunkiem że będziesz je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

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

- **Dłuższa** końcówka diody LED musi otrzymać **wyższe dodatnie** napięcie w porównaniu do końcówki krótszej.
- Dodatnia różnica potencjałów pomiędzy dłuższą i krótszą końcówką diody nie może przekroczyć limitu wyznaczonego przez jej producenta. Tę różnicę potencjałów określa się mianem **napięcia przewodzenia**.
- Prąd płynący przez diodę LED nie może przekroczyć górnej granicy wyznaczonej przez jej producenta. Prąd ten określamy mianem **prądu przewodzenia**.

Co się stanie, jeśli przekroczysz te wartości? Przekonamy się wykonując eksperyment numer 4.

Upewnij się, że używana przez Ciebie bateria 9 V jest świeża. Baterię możesz podłączyć za pomocą klipsa widocznego na rysunku 1.8, ale moim zdaniem łatwiej jest podłączyć do baterii zaciski typu krokodyl (patrz rysunek 1.42).



Rysunek 1.42. Twój pierwszy obwód zasilający diodę LED

Teraz wybierz rezystor 2,2 k Ω . Pamiętaj, że „2,2 k Ω ” oznacza „2200 omów”. Dlaczego rezystor charakteryzuje się oporem 2200 Ω , a nie 2000 Ω ? Wyjaśnię to w sekcji „Teoria: Niestandardowe wartości”. Jeżeli chcesz, to możesz tam zajrzeć już teraz.

Kod paskowy rezystora 2,2 k Ω powinien być następujący: czerwony-czerwony-czerwony — po liczbie dwa znajduje się kolejna liczba dwa, a za nią dwa zera. Potrzebujesz również rezystora 1 k Ω (brązowy-czarny-czerwony) i 470 Ω (żółty-fioletowy-brązowy).

Wepnij rezystor 2,2 k Ω w obwód, tak jak pokazują to rysunki 1.42. Upewnij się, że Twoja bateria nie jest ułożona na odwrot — jej dodatni biegun powinien być zwrócony w prawo.

- Znak plus zawsze oznacza „dodatni”.
- Znak minus zawsze oznacza „ujemny”.

Upewnij się, że dłuższe złącze diody LED jest zwrócone w prawo, i sprawdź, czy żaden z zacisków typu krokodyl nie stykał się z innym zaciskiem tego typu. Powinieneś widzieć diodę LED świecącą bardzo słabo.

Zamień teraz swój rezystor 2,2 k Ω na rezystor 1 k Ω . Dioda powinna teraz świecić jaśniej.

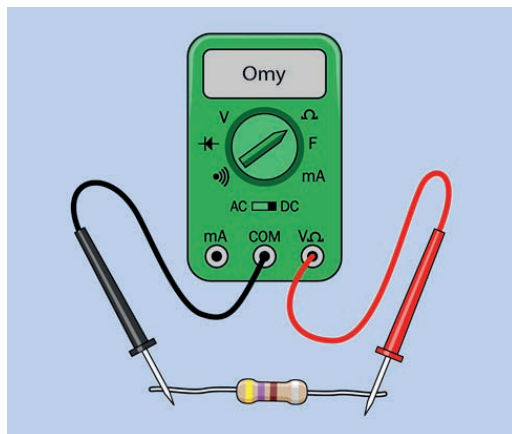
Zamień rezystor 1 k Ω na 470 Ω . Dioda powinna świecić jeszcze jaśniej.

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

Sprawdzanie rezystorów

Opór elektryczny rezystora możesz sprawdzić za pomocą multimetru. Jest to bardzo proste. Procedurę pomiarową przedstawiono na rysunku 1.43. Po pierwsze, multimetr powinien być ustawiony w tryb pomiaru omów. Odłącz rezystor od innych komponentów i podłącz do niego przewody probiercze miernika. Jeżeli Twój miernik wymaga ręcznego określenia zakresu pomiarowego, to ustaw zakres wyższy od spodziewanej wartości wyniku pomiaru. Ustawienie zbyt niskiego zakresu pomiarowego może spowodować wyświetlenie komunikatu błędu.

Pamiętaj o tym, że bardziej dokładne wyniki pomiarów uzyskasz, przyciskając mocno złącza rezystora do końcówek próbników. Nie przytrzymuj tych elementów palcami, ponieważ rezystancja Twojego ciała zostanie wtedy połączona równolegle z oporem elektrycznym rezystora. Rezystor umieść na podłożu będącym izolatorem (może być to np. powierzchnia stołu, która nie jest wykonana z metalu) i przyciśnij złącza rezystora metalowymi końcówkami próbników.



Rysunek 1.43. Pomiar oporu elektrycznego rezystora

Rezystor możesz również podłączyć do przewodów miernika za pośrednictwem przewodów obustronnie zakończonych końcówkami typu krokodyl. Zabieg taki sprawia, że wykonując pomiary, będziesz miał wolne ręce.

TEORIA: Niestandardowe wartości

Po przyjrzeniu się kilku rezystorom lub dokonaniu ich zakupu zobaczysz, że niektóre pary cyfr się powtarzają. Występują rezystancje: 1,0 k Ω , 1,5 k Ω , 2,2 k Ω , 3,3 k Ω , 4,7 k Ω i 6,8 k Ω , a także 10 k Ω , 15 k Ω , 22 k Ω , 33 k Ω , 47 k Ω i 68 k Ω .

Powtarzające się pary cyfr są **mnożnikami** — podstawowe wartości rezystorów uzyskujemy, mnożąc je przez 1, 1000, 10 000, 100 lub 10.

Ma to logiczne uzasadnienie. W przeszłości wiele rezystorów charakteryzowało się dokładnością wykonania na poziomie $\pm 20\%$. W związku z tym rezystor 1 k Ω mógł w rzeczywistości charakteryzować się rezystancją nawet $1 + 20\% = 1,2$ k Ω . W związku z tym produkcja rezystorów o oporze znamionowym znajdującym się w zakresie od 1 k Ω do 1,5 k Ω była bezsensowna. Podobnie wygląda to w przypadku rezystora 68 Ω . Mógł on mieć maksymalną rezystancję $68 + 20\% =$ nieco ponad 80 Ω , a rezystor 100 Ω mógł w rzeczywistości mieć najniższą rezystancję na poziomie $100 - 20\% = 80$ Ω . W związku z tym produkcja komponentów

o znamionowej rezystancji znajdującej się w zakresie od 68 do 100 Ω była bez sensu.

Górny rząd wartości znajdujących się w tabeli 1.4 przedstawia liczby, które były stosowanymi dawniej mnożnikami. Liczby te są wciąż często stosowane nawet dzisiaj, pomimo że współczesne rezystory charakteryzują się dokładnością $\pm 10\%$ lub lepszą.

Tabela 1.4. Tradycyjne mnożniki wartości charakterystycznych rezystorów i kondensatorów

1,0	1,5	2,2	3,3	4,7	6,8
1,1	1,6	2,4	3,6	5,1	7,5
1,2	1,8	2,7	3,9	5,6	8,2
1,3	2,0	3,0	4,3	6,2	9,1

Jeżeli wartości znajdujące się w trzecim rzędzie dodasz do wartości znajdujących się w pierwszym rzędzie tabeli, to otrzymasz zbiór wszystkich możliwych mnożników rezystorów charakteryzujących się tolerancją $\pm 10\%$. Jeżeli dodasz do tego zbioru wartości podane w drugim i czwartym rzędzie tabeli, to otrzymasz wszystkie mnożniki rezystorów charakteryzujących się tolerancją $\pm 5\%$.

W projektach opisanych w tej książce korzystamy tylko z sześciu podstawowych mnożników. Ma to na celu minimalizację różnorodności stosowanych komponentów. W układach wymagających dużej dokładności (np. w przypadku obwodu mierzącego Twój refleks w eksperymencie numer 19) możesz dostroić obwód za pomocą rezystora. Komponent ten zostanie opisany w kolejnym eksperymencie.

Sprzątanie i recykliczacja

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

Eksperyment 4: Zmiana rezystancji

Potencjometry pozwalają na zmianę napięcia i natężenia prądu przez zmianę rezystancji. Ten

eksperyment pozwoli Ci dowiedzieć się więcej na temat napięcia, natężenia i związku pomiędzy nimi. Dowiesz się również, jak odczytywać karty katalogowe producenta.

Potrzebne będą:

- bateria 9 V, liczba: 1,
- rezystory: 470 Ω i 1 k Ω , liczba: po jednym rezystorze każdego typu,
- standardowe diody LED, liczba: 2,
- przewody zakończone obustronnie zaciskami typu krokodyl, liczba: 4,
- potencjometr, 1 k Ω , liniowy, liczba: 2;
- miernik uniwersalny, liczba: 1.

Zajrzyj do wnętrza swojego potencjometru

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

Niektórzy czytelnicy poprzedniego wydania twierdzili, że nie warto ryzykować zniszczenia potencjometru w celu zobaczenia tego, co jest w jego wnętrzu, ale moim zdaniem nauka często wiąże się z ponoszeniem strat (zużywamy papier, długopisy i mazaki do tablic suchościeralnych). Jeżeli naprawdę nie chcesz ryzykować zniszczenia potencjometru, to wystarczy, że uważnie będziesz przyglądać się fotografiom umieszczonym w dalszej części tego rozdziału.

Większość potencjometrów jest przytrzymywana przez metalowe zakładki. Powinieneś być w stanie chwycić je przy użyciu szczyptec (okrągłych lub z ostrzem), a następnie odgiąć na zewnątrz. Możesz je również podważyć za pomocą noża lub płaskiego śrubokrętu. Nie wymieniałem tych rzeczy na liście narzędzi niezbędnych do wykonania tego

eksperymentu, ponieważ mam nadzieję, że w swoim domu masz nóż, śrubokręt lub szczypce.

Trzy zakładki wyróżniono na rysunku 1.44 kolorem czerwonym (czwarta zakładka jest ukryta za obrotowym trzonkiem potencjometru). Na rysunku 1.45 przedstawiono odgięte zakładki.



Rysunek 1.44. Zakładki obudowy potencjometru



Rysunek 1.45. Zakładki wygięte do góry i na zewnątrz

Po odgięciu zakładek bardzo ostrożnie pociągnij za jego trzon jednocześnie trzymając spodnią metalową część potencjometru w drugiej ręce. Wnętrze potencjometru pokazano na rysunku 1.46.

Wewnątrz potencjometru zobaczysz okrągły **material rezystancyjny**. W zależności od tego, czy kupiłeś najtańszy możliwy potencjometr, czy też trochę wyższej klasy, w środku znaleźć możesz



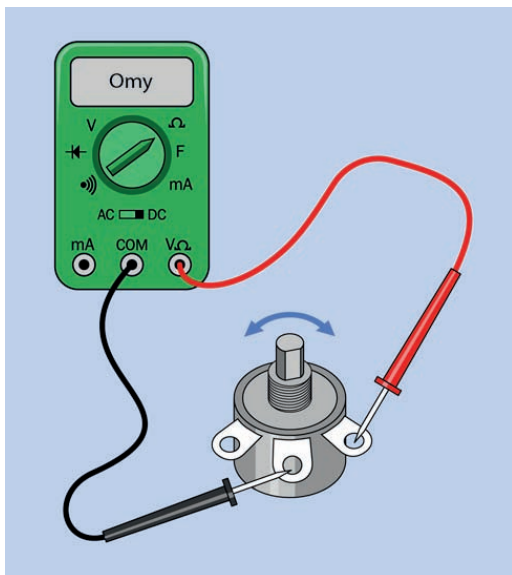
Rysunek 1.46. Zakreślony ślizgacz potencjometru

pierścienia przewodzącego plastiku lub nawinięty zwój drutu. W obu przypadkach zasada działania jest taka sama. Druk lub plastik stanowi pewną rezystancję (w tym przypadku o całkowitej wartości $1\text{ k}\Omega$) i w miarę jak kręcisz wałem potencjometru, **ślizgacz** ociera się o tę rezystancję, dając Ci skrót pomiędzy dowolnym punktem a środkowym wyprowadzeniem. Ślizgacz oznaczono kolorem czerwonym na rysunku 1.46.

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

Testowanie potencjometru

Aby przetestować potencjometr, przestaw swój miernik na pomiar rezystancji (zakres pomiarowy pozwalający na pomiar rezystancji maksymalnej na poziomie przynajmniej $1\text{ k}\Omega$) i dotknij końcówkami sąsiednich wyprowadzeń potencjometru (patrz rysunek 1.47). Kręcąc wałem potencjometru w kierunku przeciwnym do kierunku ruchu wskazówek zegara (gdy patrzysz na potencjometr od góry), zobaczysz, że rezystancja spada prawie do zera. Gdy kręcisz wałem potencjometru w kierunku przeciwnym do kierunku ruchu wskazówek zegara, rezystancja wzrasta, osiągając maksymalną wartość około $1\text{ k}\Omega$. Teraz nie ruszaj czarnego próbnika, a czerwony próbnik przyłóż do przeciwnego złącza potencjometru. Działanie potencjometru będzie odwrócone.



Rysunek 1.47. Procedura testowania pracy potencjometru

Czy Twoim zdaniem środkowe złącze jest połączone ze ślizgaczem znajdującym się wewnątrz potencjometru? Czy pozostałe dwa złącza potencjometru połączone są z końcami materiału rezystancyjnego znajdującego się wewnątrz potencjometru?

Jeżeli przyłożysz czerwony próbnik w miejsce, do którego aktualnie przyłożony jest czarny próbnik, a czarny próbnik przełożysz w miejsce, do którego przyłożony jest czerwony próbnik, to mierzona wartość rezystancji nie ulegnie zmianie. Nie wpływa na nią kierunek przepływu prądu. Potencjometry, w przeciwieństwie do diod LED, nie charakteryzują się określoną polaryzacją.

UWAGA: Nie podłączaj obwodu do prądu

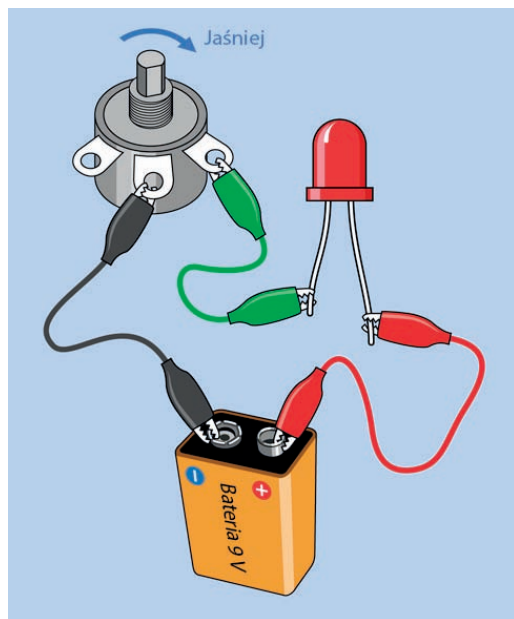
Nie podłączaj źródeł prądu do obwodu, w którym wykonujesz pomiary rezystancji. Podczas pomiaru rezystancji multimetr dostarcza do obwodu prąd o niskim napięciu pobierany z baterii znajdującej się wewnątrz miernika. Napięcie to nie powinno konkurować z napięciem zasilającym obwód.

UWAGA: Eksperyment o charakterze destrukcyjnym

Wykonywałem ten eksperyment wielokrotnie i za każdym razem przebiegał on bezpiecznie, ale jeden z czytelników zgłosił przypadek pęknięcia diody LED. Jeżeli chcesz czuć się bezpiecznie, to załóż okulary ochronne. Możesz również skorzystać ze zwykłych okularów.

Przyciemnianie diody LED

Teraz możesz użyć potencjometru do regulacji jasności diody LED. Podłącz wszystko tak, jak pokazano na rysunku 1.48, zwracając szczególną uwagę na to, aby metalowe części krokodyłków nie stykały się ze sobą. W eksperymencie numer 3 prąd zasilający diodę przepływał przez rezystor charakteryzujący się stałą rezystancją (patrz rysunek 1.42), a teraz będzie płynął przez potencjometr.



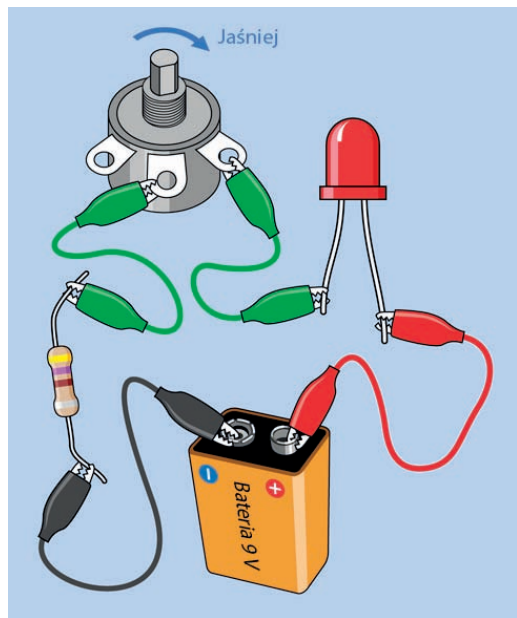
Rysunek 1.48. Regulacja jasności diody LED za pomocą potencjometru

Zacznij od ustawienia potencjometru w pozycji skrajnie skręconej **przeciwnie do ruchu wskazówek zegara**, w przeciwnym wypadku spalisz diodę LED, zanim jeszcze zaczniesz na dobre eksperyment.

Przekręć teraz **bardzo** powoli pokrętkę potencjometru w kierunku pokazanym przez strzałkę. Zauważysz, że dioda zaczyna świecić coraz jaśniej — do momentu, ups, kiedy zupełnie zgaśnie. Czy widzisz teraz, jak łatwo można zepsuć współczesną elektronikę? Gdy pisałem o przyciemnianiu diody LED, prawdopodobnie nie spodziewałeś się, że ściemnimy ją na zawsze.

Wyrzuć tę diodę LED. Ona już nie zaświeci.

Weź nową — tym razem będziemy bardziej ostrożni. Do obwodu dodaj rezystor $470\ \Omega$, tak jak pokazano na rysunku 1.49. Prąd zasilający diodę będzie teraz płynąć przez rezystor $470\ \Omega$ oraz przez potencjometr. W związku z tym dioda LED będzie chroniona przed uszkodzeniem, nawet gdy rezystancja potencjometru spadnie do zera. Teraz możesz operować wałkiem potencjometru i nie bać się, że uszkodzisz diodę LED.



Rysunek 1.49. Obwód, w którym dioda LED jest chroniona przed uszkodzeniem

Mam nadzieję, że wiesz już, że dioda LED jest zbyt delikatnym komponentem, aby podłączyć ją bezpośrednio do baterii 9 V. Dioda włączana do obwodu

zawsze musi być chroniona za pomocą dodatkowej rezystancji.

Czy możliwe jest zasilanie diody LED bezpośrednio z pojedynczego ogniwa o napięciu 1,5 V? Sprawdź to. Napięcie 1,5 V jest niższe od wartości **progowej** charakteryzującej diodę LED. Określmy napięcie wymagane przez diodę LED.

Pomiar różnicy potencjałów

Podczas gdy baterie są podłączone do obwodu, ustaw swój miernik na pomiar napięcia (woltów) prądu stałego (DC). Nie musisz zmieniać gniazda miernika, do którego podłączony jest czerwony próbnik — gniazdo to może służyć do pomiaru napięcia oraz rezystancji.

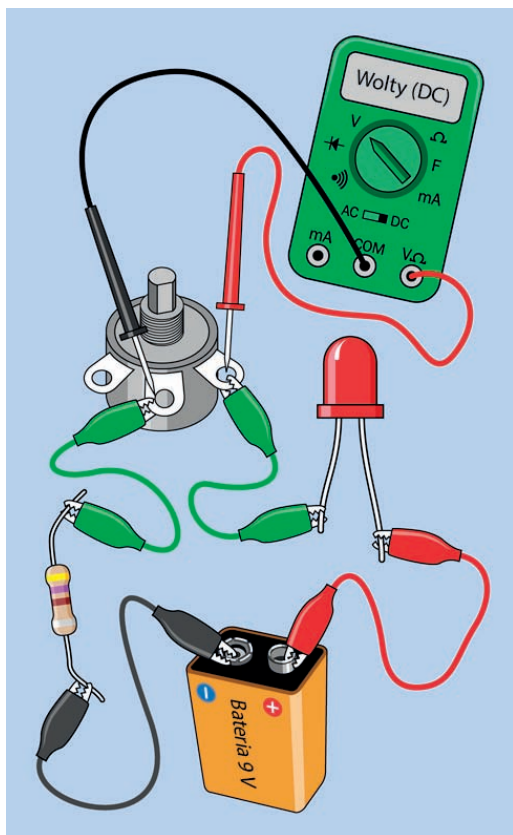
Jeżeli posiadasz miernik z ręczną regulacją zakresu pomiarowego, to wybierz zakres pozwalający na pomiar maksymalnego napięcia większego od 9 V. Pamiętaj o tym, że etykiety poszczególnych zakresów wskazują maksymalne wartości mierzone w danym zakresie pomiarowym.

Dotknij teraz końcówkami pomiarowymi dwóch wyprowadzeń potencjometru, których używaliśmy (patrz rysunek 1.50). Spróbuj utrzymać próbnyki we właściwych miejscach, poruszając wałkiem potencjometru. Zobaczysz, że mierzone napięcie zmienia się. Pomiedzy dwoma próbnikami zachodzi **różnica potencjałów**.

- Różnicą potencjałów nazywamy napięcie pomiędzy dwoma punktami.

Teraz dotknij obu stron diody LED. Spróbuj utrzymać końcówki pomiarowe w tej pozycji i jednocześnie przekręć potencjometr odrobinę w dół. Powinieneś zauważyć, że napięcie na diodzie również ulega zmianie, ale nie są to tak duże zmiany, jakich byś się spodziewał. Dioda do pewnego stopnia dostosowuje się do warunków pracy, zmieniając swoją rezystancję wraz ze zmianami napięcia i natężenia prądu.

Co się stanie, gdy zamienisz ze sobą próbnyki? Na wyświetlaczu multimetru powinien pojawić się znak minus. Nie uszkodzisz w ten sposób miernika, ale



Rysunek 1.50. Różnica potencjałów pomiędzy biegunami diody LED

łatwiej jest przeprowadzać pomiar, przykładając czerwony próbnik do punktu o wyższym, dodatnim potencjale.

Na koniec przyłóż próbniiki do rezystora, a zobaczysz, że tu również dochodzi do zmiany różnicy potencjałów (spadku napięcia) podczas poruszania wałkiem potencjometru. Prąd dostarczany przez baterię płynie przez wszystkie komponenty tego prostego obwodu. Gdy potencjometr stawia mniejszy opór prądowy, to prąd o większym napięciu płynie przez rezystor i diodę LED. Obniżając rezystancję potencjometru, obniżamy rezystancję całego obwodu i umożliwiamy przepływ prądu o większym natężeniu.

Warto zapamiętać następujące prawidłowości:

- Jeżeli zsumujesz spadki napięcia na urządzeniach w obwodzie, całkowita suma będzie

taka sama, jak napięcie dostarczone przez baterię.

- Napięcie (różnicę potencjałów) mierzysz w sposób **względny**, pomiędzy dwoma punktami w obwodzie.
- Podczas pomiaru napięcia używaj miernika jak stetoskopu, bez poruszania lub przerywania połączeń w obwodzie.

Sprawdzanie przepływu

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

- Prąd możesz mierzyć jedynie, kiedy przepływa on **przez** miernik.
- Musisz wstawić swój miernik do obwodu.
- Zbyt duży prąd spowoduje przepalenie bezpiecznika wewnątrz miernika.
- Musisz skorzystać z gniazda miernika oznaczonego etykietą mA. Może to być to samo gniazdo, z którego korzystałeś dotychczas, ale w przypadku niektórych multimetrów czerwony przewód probierczy należy podłączyć do innego gniazda.

Zanim przejdziesz dalej, upewnij się, że ustawiłeś swój miernik na pomiar mA, a nie woltów.

UWAGA: Przeciążenie miernika

Zachowaj ostrożność, mierząc natężenie prądu. Gdybyś np. dotknął próbnikami bezpośrednio do biegunów baterii, a miernik był włączony w tryb pomiaru natężenia prądu, to doszłoby do natychmiastowego przeciążenia urządzenia pomiarowego, w wyniku czego przepaliłby się bezpiecznik znajdujący się w jego wnętrzu. Tańsze mierniki nie są wyposażane w dodatkowe bezpieczniki, a więc będziesz musiał otworzyć ich obudowę, sprawdzić parametr znamionowy bezpiecznika, a następnie znaleźć identyczny bezpiecznik. To naprawdę irytujące (sytuacja taka spotkała mnie kilkakrotnie).

Wymiana bezpiecznika w niektórych tanich multi-metrach to naprawdę skomplikowane zadanie.

- Pomiaru prądu dokonuj tylko wtedy, gdy w obwodzie znajdują się komponenty ograniczające jego natężenie.
- Jeżeli Twój miernik jest wyposażony w dodatkowe złącze przeznaczone do pomiaru natężenia prądu, to podłączaj do niego czerwony przewód probierczy tylko wtedy, gdy dokonujesz pomiaru natężenia prądu. Przed dokonaniem pomiaru napięcia oraz natężenia przełącz go w drugie gniazdo.

Pomiar prądu

Włącz swój miernik do obwodu pomiędzy diodę LED i potencjometr, tak jak pokazuje to rysunek 1.51. Poruszaj potencjometrem. Zobaczysz, że zmiana rezystancji powoduje zmianę natężenia prądu. W poprzednim eksperymencie dioda została spalona, ponieważ przepływ zbyt dużego prądu spowodował jej przegrzanie. Dioda stopiła się jak drut bezpiecznika. Wyższa rezystancja ogranicza natężenie prądu.

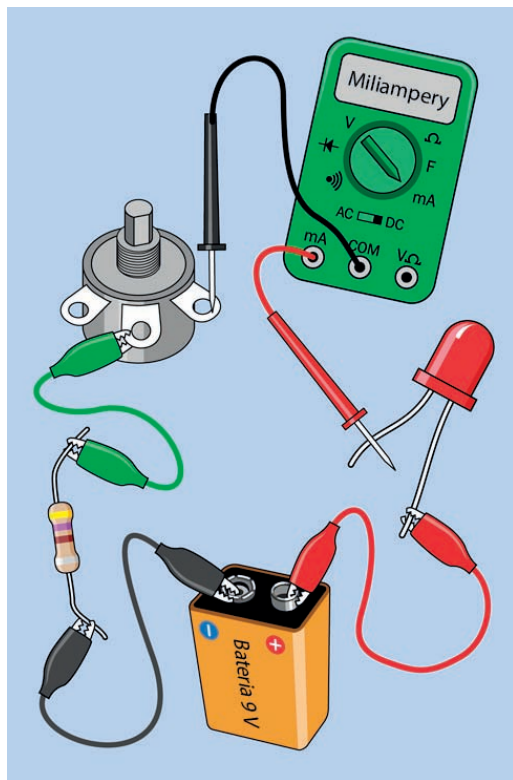
Pora na interesujący eksperyment. Ustaw potencjometr w skrajne lewe położenie. Zapisz wartość prądu płynącego przez obwód.

Teraz, nie zmieniając ustawienia potencjometru, wstaw miernik pomiędzy baterię i diodę LED, tak jak pokazuje to rysunek 1.52. Jakie natężenie prądu wskazuje miernik? Powinno ono być identyczne jak wcześniej lub zbliżone (z powodu zmiany rezystancji wynikającej z nieco innego podłączenia zacisków typu krokodyl) do uzyskanej wcześniej wartości.

- Natężenie prądu płynącego w obwodzie jest takie samo we wszystkich jego punktach, ponieważ elektrony mają tylko jedną drogę ujęcia.

Wykonywanie pomiarów

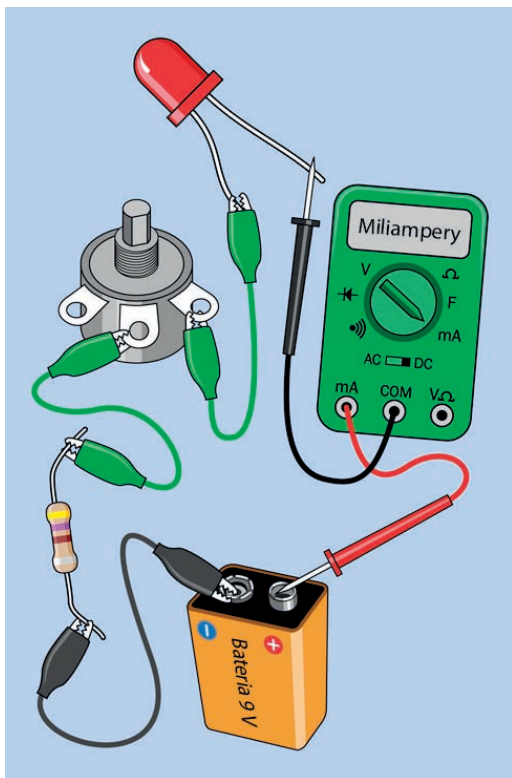
Nadeszła pora, aby przyjrzeć się liczbom. Pozwoli Ci to na zrozumienie podstawowego prawa związanego z elektroniką.



Rysunek 1.51. Prąd wypływa z bieguna baterii, przepływa przez obwód i wpływa do jej drugiego bieguna

Odlóż na bok diodę LED. Miernik podłącz pomiędzy baterią i potencjometrem. Rezystor 470 Ω zastąp rezystorem 1 k Ω (o kodzie paskowym: brązowy-czarny-czerwony), tak jak pokazuje to rysunek 1.53. Całkowita rezystancja obwodu wynosi w tej chwili 1 k Ω plus wartość wynikająca z aktualnego ustawienia potencjometru. (Również sam miernik wprowadza pewną rezystancję, ale jest ona na tyle mała, że możemy ją pominąć. Przewody probiercze, a także zaciski charakteryzują się również niewielką rezystancją, ale rezystancja ta jest niższa od rezystancji samego miernika).

Przekręć potencjometr do końca w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara, tak aby komponent ten posiadał niemal zerową rezystancję. Użyaskasz w ten sposób całkowitą rezystancję rzędu 1 k Ω (opór ten jest stawiany przez rezystor). Jakie jest natężenie prądu płynącego w obwodzie?



Rysunek 1.52. Natężenie prądu płynącego w obwodzie jest takie samo we wszystkich jego punktach

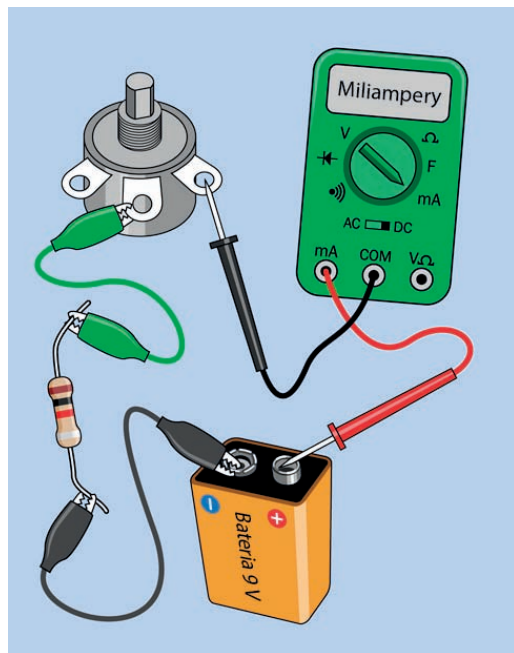
Teraz przekręć potencjometr do połowy, uzyskując rezystancję zbliżoną do 500 Ω. Całkowita rezystancja obwodu wynosi teraz około 1500 Ω. Jakie jest natężenie prądu płynącego teraz w obwodzie?

Przekręć potencjometr do końca przeciwnie do ruchu wskazówek zegara, uzyskując w ten sposób rezystancję całkowitą 2 kΩ. Jakie jest natężenie prądu płynącego teraz w obwodzie?

Podczas tego eksperymentu uzyskałem następujące wyniki pomiarów:

- 9 mA przy całkowitej rezystancji 1 kΩ,
- 6 mA przy całkowitej rezystancji 1,5 kΩ,
- 4,5 mA przy całkowitej rezystancji 2 kΩ.

Czy zauważyłeś coś ciekawego? Jeżeli liczbę znajdującą się po lewej stronie każdej linii pomnożymy przez liczbę znajdującą się po prawej stronie, to za



Rysunek 1.53. Ostatni eksperyment wykonaj bez diody LED

każdym razem uzyskamy wartość 9, a obwód jest zasilany prądem o napięciu 9 V.

Dokonaliśmy tylko trzech pomiarów, ale możesz przeprowadzić bardziej szczegółowy eksperyment z użyciem zespołu rezystorów stawiających opór o określonej wartości. Założę się, że uzyskasz takie same rezultaty. Możemy powiedzieć, że:

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

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

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

Współczynniki tysięczne upraszczają się wzajemnie i otrzymujemy:

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

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

PODSTAWY: Prawo Ohma

Oto ogólna forma prawa Ohma:

$$\text{napięcie} = \text{napięcie} \times \text{opór}$$

Zwykle przedstawia się to za pomocą liter:

$$U = I \times R$$

Napięcie prądu jest zazwyczaj reprezentowane przez literę U ze względu na fakt, że początkowo prąd był mierzony poprzez swoją **indukcyjność**, tzn. zdolność do tworzenia pola magnetycznego. Być może mniej mylące byłoby użycie litery A do oznaczenia prądu, ale niestety jest już na to za późno.

Zamieniając kolejność symboli, możesz zapisać prawo Ohma na dwa kolejne sposoby:

$$I = U / R$$

$$R = U / I$$

Aby skorzystać z tych wzorów, musisz się upewnić, że podstawiane do nich wartości są wyrażone we właściwych jednostkach. Jeżeli U jest wyrażane w woltach, a I jest wyrażane w amperach, to R musi być wyrażane w omach.

A jeżeli w wyniku pomiarów uzyskałeś napięcie prądu wyrażone w miliamperach? Musisz je przekształcić na ampery. Prąd o natężeniu 30 mA należy podstawić do wzorów jako wartość 0,03, ponieważ $0,03 \text{ A} = 30 \text{ mA}$. Jeżeli sprawia Ci to problem, to liczbę miliamperów podziel przez 1000 za pomocą kalkulatora — w ten sposób uzyskasz liczbę amperów. W ten sam sposób możesz przeliczać miliwolt na wolt.

Aby zminimalizować prawdopodobieństwo popełnienia błędu, możesz nauczyć się prawa Ohma, w którym zastosowano jednostki:

- wolt = amper \times om
- amper = wolt / om
- om = wolt / amper

Musisz jednak zapamiętać, że:

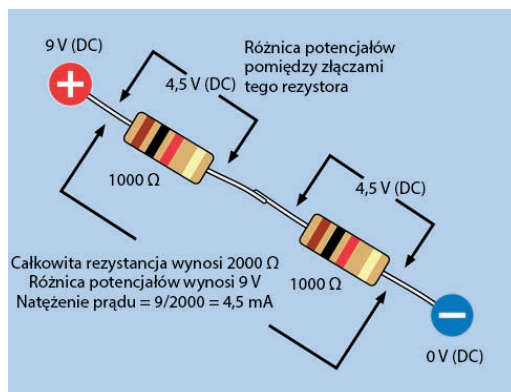
- Wolt w przypadku prostych obwodów wyraża **różnicę potencjału** pomiędzy dwoma punktami obwodu. Omy określają opór pomiędzy tymi punktami, a amper określa natężenie prądu płynącego przez obwód.

PODSTAWY: Połączenia szeregowe i równoległe

W Twoim obwodzie rezystor i potencjometr były połączone **szeregowo** — prąd płynął kolejno przez oba komponenty. Komponenty te można również ułożyć obok siebie i połączyć **równolegle**.

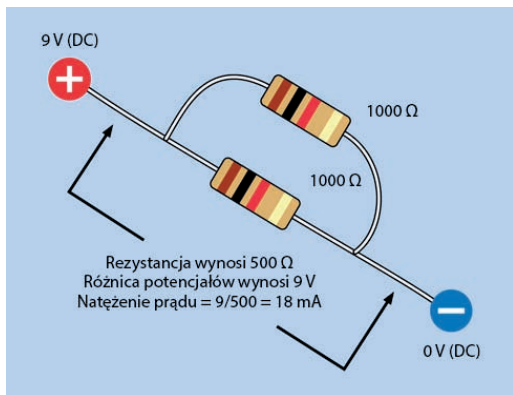
- W połączeniu szeregowym rezystory występują jeden za drugim.
- W połączeniu równoległym rezystory znajdują się obok siebie.

Kiedy połączysz dwa rezystory o jednakowej rezystancji w sposób szeregowy, podwoisz całkowitą rezystancję, ponieważ prąd będzie musiał pokonać kolejno dwie bariery (patrz rysunek 1.54).



Rysunek 1.54. Dwa identyczne rezystory połączone szeregowo

Połączenie równoległe dwóch rezystorów o równej rezystancji spowoduje zmniejszenie ich rezystancji o połowę, ponieważ prąd będzie mógł płynąć dwiema ścieżkami charakteryzującymi się taką samą rezystancją, a nie tylko jedną ścieżką (patrz rysunek 1.55).



Rysunek 1.55. Dwa identyczne rezystory połączone równolegle

W obu przypadkach natężenie prądu obliczono, korzystając z prawa Ohma.

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

Stosowanie prawa Ohma

Prawo Ohma jest niezwykle użyteczne. Pozwala nam między innymi na określenie rezystancji, przy której dioda LED będzie generowała jak najwięcej światła, ale nie ulegnie uszkodzeniu.

Najpierw trzeba zapoznać się ze specyfikacją diody określoną przez producenta. Specyfikacje komponentów można znaleźć w notach katalogowych dostępnych w internecie. Załóżmy, że Twoją diodę wyprodukowała firma Vishay Semiconductors. Wiesz, że komponent został oznaczony numerem TLHR5400 (numer ten był nadrukowany na etykiecie naklejonej na worku z diodami LED, którą od niego odkleiłeś i przechowywałeś wraz z diodami — a przynajmniej tak powinieneś postąpić).

Wystarczy teraz otworzyć Google i wpisać w wyszukiwarce hasło:

vishay tlhr5400

Pierwszym elementem na liście znalezionych stron będzie nota katalogowa firmy Vishay. Otwórz ją i przejdź niżej. Znajdziesz tam niezbędne informacje. Na rysunku 1.56 przedstawiłem zrzut lewej i prawej części ekranu, na którym wyświetlono tę notę. Po lewej stronie ekranu kolorem czerwonym oznaczyłem numer katalogowy komponentu, a po prawej stronie kolorem białym oznaczyłem dwa rodzaje napięcia przewodzenia. „Typ” oznacza typowe napięcie przewodzenia, a „Max” maksymalne napięcie przewodzenia. Dioda LED powinna więc pracować pod napięciem 2 V. Co oznacza zapis „at I_F (mA)”?

Literą I oznaczamy prąd, a I_F oznacza prąd przewodzenia. W związku z tym wiemy, że napięcie przewodzenia przedstawione w tabeli zostało zmierzone przy natężeniu prądu równym 20 mA (natężeniu rekomendowanym dla tej diody LED).

PRODUCT GROUP AND PACKAGE DATA

- Product group: LED
- Package: 5 mm
- Product series: standard
- Angle of half intensity: $\pm 30^\circ$

PARTS TABLE		LUMINO		FORWARD VOLTAGE (V)				at I_F (mA)	TEC
PART	COLOR	MIN		MIN.	TYP.	MAX.			
TLHR5400	Red	1.7		10	2	3	20	GaA	
TLHR5400-AS12Z	Red			10	2	3	20	GaA	
TLHR5401	Red			10	2	3	20	GaA	
TLHR5405	Red			10	2	3	20	GaA	
TLHR5405-AS12Z	Red			10	2	3	20	GaA	

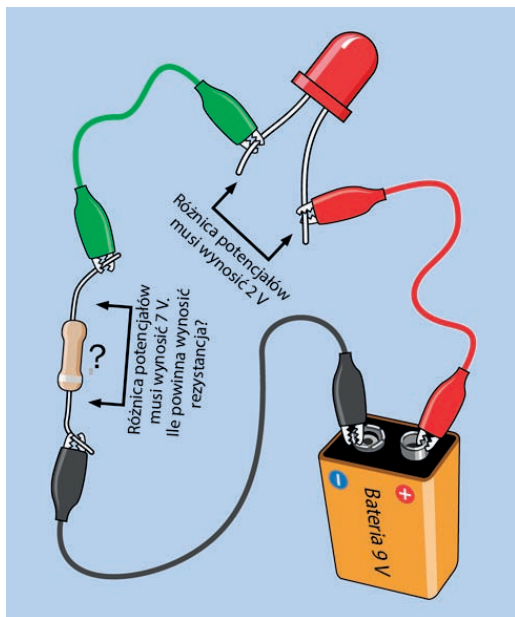
Rysunek 1.56. Fragmenty noty katalogowej diody LED

A gdybyśmy dysponowali diodą LED firmy Kingbright, o numerze części WP7113SGC? Po wyszukaniu jej w przeglądarce tym razem kliknij drugi odnośnik, który zaprowadzi Cię do strony katalogowej. Na drugiej stronie dokumentu dowiadujemy się, że typowe napięcie przewodzenia to 2,2, a maksymalne 2,5. Maksymalny prąd przewodzenia wynosi 25 mA. Dokument ten różni się swym wyglądem od przedstawionej wcześniej noty katalogowej, ale znalezienie w nim przydatnych informacji nie jest trudne.

Będę pracować z diodą LED firmy Vishay. Wiemy, że pracuje ona prawidłowo przy napięciu 2 V i natężeniu 20 mA. Resztę możemy obliczyć z prawa Ohma.

Jak dużego rezystora potrzebuje dioda LED

Chcemy określić wartość rezystora, który powinien być zastosowany w prostym obwodzie przedstawionym na rysunku 1.57. Zaczniemy od przypomnienia sobie zaprezentowanych wcześniej reguł:



Rysunek 1.57. Obliczmy wartość rezystora, który należy zastosować w tym prostym obwodzie

- Jeżeli dodasz wartości spadków napięć wszystkich komponentów (czyli różnice potencjałów pomiędzy ich zaciskami), to otrzymasz napięcie prądu dostarczanego przez baterię.

Napięcie baterii (9 V) chcemy ograniczyć do 2 V (napięcie, przy którym powinna pracować dioda LED). W związku z tym spadek napięcia na rezystorze powinien wynosić 7 V. Co z prądem? Przypomnij sobie kolejną, opisaną wcześniej regułę:

- Natężenie prądu w prostym obwodzie jest identyczne we wszystkich jego punktach.

Wiemy więc, że prąd płynący przez rezystor będzie miał takie samo natężenie jak prąd płynący przez diodę LED. Chcemy osiągnąć natężenie 20 mA,

ale prawo Ohma wymaga ujednolicenia jednostek. Musimy przekonwertować wszystkie jednostki na wolty, ampery i omy, zatem 20 mA powinno zostać zapisane jako 0,02 A:

Teraz możemy wypisać dane:

$$U = 7$$

$$I = 0,02$$

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

$$R = U / I$$

Podstawiamy wartości:

$$R = 7 / 0,02$$

Jeżeli nie radzisz sobie z ułamkami w pamięci, użyj kalkulatora (później opiszę technikę ułatwiającą wykonywanie obliczeń na ułamkach dziesiętnych). Odpowiedź to:

$$R = 7 / 0,02 = 350 \, \Omega$$

Akurat tak się składa, że 350 Ω nie jest wartością standardową, ale 330 Ω jest taką wartością. Jeżeli Twoja dioda LED jest wrażliwa na wzrost napięcia, możesz zastosować kolejny, większy rezystor: 470 Ω . Teraz już wiesz, dlaczego rezystor ten zastosowałem w eksperymencie numer 3. Wykonałem niezbędne obliczenia.

Niektórzy ludzie są błędnie przekonani, że dzieląc wolty przez ampery, uzyskają właściwą wartość oporu rezystora połączonego szeregowo z diodą i do obliczeń tych podstawiają wartość napięcia źródła prądu (w naszym przypadku 9 V). Jest to błędne podejście, ponieważ napięcie zasilania jest przyłożone do rezystora i diody LED. Aby określić właściwą rezystancję, musisz wziąć pod uwagę tylko spadek napięcia na rezystorze.

Co się stanie, gdy zmienisz źródło zasilania? W dalszej części tej książki będziesz wykonywał eksperymenty zasilane prądem o napięciu 5 V. Jak taka zmiana wpłynie na dobór rezystancji?

Dioda wciąż będzie musiała być zasilana prądem o napięciu 2 V. Źródło dostarcza prąd o napięciu 5 V, a więc rezystor powinien doprowadzić do spadku napięcia o 3 V. Prąd nie powinien ulec zmianie, a więc obliczenia w takim przypadku wyglądałyby następująco:

$$R = 3 / 0,02$$

Rezystancja wynosi 150 Ω . Nie zawsze istnieje potrzeba generowania maksymalnej ilości światła przez diodę, a czasami przyjdzie Ci pracować z diodami mogącymi pobierać mniejszy maksymalny prąd. Czasami będziesz chciał wydłużyć żywotność baterii poprzez redukcję pobieranej z niej mocy. W takich wypadkach możesz zastosować kolejną, wyższą wartość rezystora — 220 Ω .

TEORIA: Ile prądu konsumuje przewód elektryczny?

Pisałem wcześniej, że przewody charakteryzują się niską rezystancją, ale czy zawsze możemy ją ignorować? Nie. Jeżeli przez przewód płynie prąd o dużym natężeniu, to przewód ten będzie się rozgrzewał, czego doświadczyłeś, zwierając baterię w eksperymencie numer 2. Jeżeli przewody stają się gorące, to z pewnością blokują one część napięcia, powodując spadek napięcia prądu dopływającego do innych komponentów.

Konkretne wartości określimy, stosując ponownie prawo Ohma.

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

Zapiszmy to, co wiemy:

$$R = 0,2 \text{ (rezystancja przewodu)}$$

$$I = 15 \text{ (natężenie prądu płynącego przez obwód)}$$

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

$$U = I \times R$$

Podstawiamy wartości:

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

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

Teraz już wiesz, dlaczego okablowanie w samochodach nie należy do cienkich — celem jest zredukowanie strat napięcia w instalacji o napięciu 12 V.

PODSTAWY: Ułamki dziesiętne

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

Załóżmy, że ułamek dziesiętny występuje w operacji dzielenia. Wykonanie działania możesz ułatwić, przynosząc separator dziesiętny z dzielnika do dzielnej. Ustalając wartość rezystora i wykonując działanie $7 / 0,02$, mógłbyś przesunąć separator dziesiętny o dwa miejsca w prawo i uzyskać równoważne działanie:

$$7 / 0,02 = 700 / 2$$

Uzyskane działanie jest o wiele łatwiejsze do wykonania w pamięci. Zwróć uwagę, że przesuwanie separatora ułamków dziesiętnych poza ostatnią cyfrę wiąże się z dodaniem do niej odpowiedniej liczby zer. Przesuwając separator dziesiętny liczby 7,0 o dwa miejsca w prawo, otrzymamy 700.

A jeżeli ułamki dziesiętne występują w operacji mnożenia? Co, jeżeli chcesz wykonać mnożenie liczb 0,03 i 0,002? Tym razem separator dziesiętny należy przesunąć w odwrotnym kierunku:

$$0,03 \times 0,002 = 3 \times 0,00002$$

Wynikiem jest 0,00006. Jeżeli działania te nadal są zbyt trudne, to możesz je wykonać za pomocą kalkulatora, ale czasem szybciej jest obliczyć pewne wartości w pamięci lub za pomocą kartki i długopisu.

TEORIA: Matematyka a Twój język

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

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

$$U = 9$$

$$R = 50\,000$$

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

$$I = U / R$$

Podstawiamy wartości:

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

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

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

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

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

$$U = 1,5$$

$$R = 0,1$$

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

$$I = U / R$$

Podstawiamy wartości:

$$I = 1,5 / 0,1 = 15 \text{ amperów}$$

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

Prąd o natężeniu 15 amperów może być pobierany przez grzejniki lub elektronarzędzia o dużej mocy, takie jak np. piła stołowa. Czy taka mała bateria faktycznie była w stanie wydobyć z siebie 15 amperów? Nie mogę zmierzyć tego natężenia za pomocą mojego miernika, ponieważ prąd o natężeniu 15 A powodowałby przepalenie bezpiecznika zabezpieczającego gniazdo pozwalające na pomiar maksymalnego prądu 10 A. Powtórzyłem opisany wcześniej eksperyment, ale zamiast 3-amperowego bezpiecznika zastosowałem 10-amperowy. Bezpiecznik ten nie został przepalony.

Dlaczego tak się stało? Prawo Ohma twierdzi, że natężenie powinno wynosić 15 A, ale z jakiegoś powodu jest niższe. Może rezystancja przewodu koszyka baterii była wyższa od 0,1 Ω ? Nie, najprawdopodobniej była niższa od tej wartości. Co ograniczało prąd? Dlaczego był on niższy od wartości przewidywanej na podstawie prawa Ohma?

Wszystko, **nawet bateria**, charakteryzuje się jakąś rezystancją. Pamiętaj o tym, że bateria jest aktywnym elementem obwodu.

Czy pamiętasz, że po zwarcu przewodów przewody oraz bateria nagrzały się? Bateria z pewnością charakteryzuje się jakąś **rezystancją wewnętrzną**. Można ją pomijać w przypadku pracy z małymi prądami wyrażanymi w miliamperach, ale w przypadku wyższych prądów rezystancja ta wpływa na pracę obwodu.

Właśnie dlatego przestrzegałem przed używaniem większej baterii (w szczególności akumulatora samochodowego). Większe baterie mają znacznie

mniejszą rezystancję wewnętrzną, pozwalając na przepływ niebezpiecznie wielkich prądów generujących ilość ciepła, która może doprowadzić wręcz do eksplozji. Akumulator samochodowy jest zaprojektowany do dostarczania wręcz setek amperów, kiedy następuje rozruch silnika. Prąd dostarczany przez akumulator wystarczyłby do spawania metalu.

Również baterie litowe mają małą rezystancję wewnętrzną, co czyni je bardzo niebezpiecznymi przy zwarciu. Prąd o dużym natężeniu może być równie niebezpieczny, jak wysokie napięcie. Oto wniosek, który warto zapamiętać:

- Wysokie natężenie prądu nie jest tak niebezpieczne jak wysokie napięcie prądu, ale wciąż jest ono niebezpieczne.

PODSTAWY: Waty

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

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

Moc jednego wata jest osiągana w wyniku wykonania pracy jednego **dżuła** przez jedną sekundę. Pracę oznaczamy literą *W*, a moc literą *P*, a więc:

$$W = P \times s$$

Po zamianie kolejności elementów otrzymujemy wzór:

$$P = W / s$$

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

$$\text{waty} = \text{wolty} \times \text{ampery}$$

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

$$P = U \times I \text{ (waty} = \text{wolty} \times \text{ampery)}$$

$$U = P / I$$

$$I = P / U$$

Waty, podobnie jak wolty, mogą być poprzedzone przedrostkiem „m” oznaczającym „mili”, „k” oznaczającym „kilo” i „M” oznaczającym „mega”. W megawatach wyraża się zwykle moc dużych urządzeń, takich jak generatory pracujące w elektrowniach. Wielkiej litery „M” służącej do określania megawatów nie należy mylić z małą literą „m” służącą do wyrażenia miliwatów. W tabeli 1.5 przedstawiono konwersję wartości pomiędzy miliwatami, watami i kilowatami.

Tabela 1.5. Konwersja wielokrotności watów

Liczba miliwatów	Liczba watów	Liczba kilowatów
1 mW	0,001 W	0,000001 kW
10 mW	0,01 W	0,00001 kW
100 mW	0,1 W	0,0001 kW
1 000 mW	1 W	0,001 kW
10 000 mW	10 W	0,01 kW
100 000 mW	100 W	0,1 kW
1 000 000 mW	1 000 W	1 kW

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

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

Wróćmy do obwodu z diodą LED. Jak pamiętasz, chcieliśmy, aby rezystor wywoływał spadek napięcia o 7 voltów przy prądzie rzędu 20 mA. Jaką mocą musi charakteryzować się ten rezystor?

Zapiszmy to, co wiemy:

$$U = 7 \text{ (spadek napięcia na rezystorze)}$$

$$I = 20 \text{ mA} = 0,02 \text{ A}$$

Chcemy poznać P , zatem używamy wzoru:

$$P = U \times I$$

Podstawiamy wartości:

$$P = 7 \times 0,02 = 0,14 \text{ W}$$

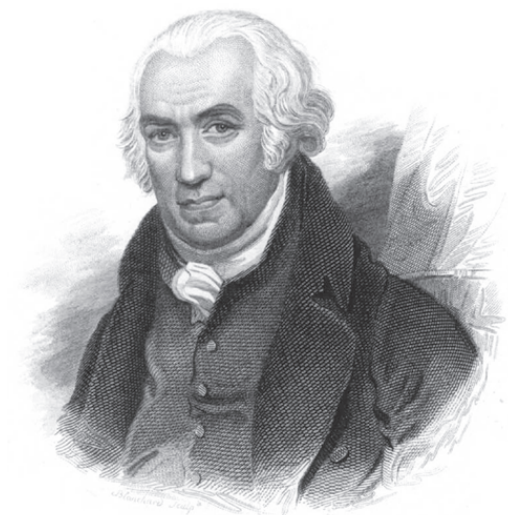
Obliczyliśmy moc pobieraną przez rezystor.

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

PODSTAWY: Początki mocy

Urodzony w Szkocji w roku 1736 James Watt (patrz rysunek 1.58) jest znany jako wynalazca maszyny parowej. Watt urządził sobie małą pracownię na uniwersytecie w Glasgow, gdzie usiłował doprowadzić do doskonałości projekt efektywnego użycia maszyny parowej do poruszania tłokiem w cylindrze. Problemy finansowe oraz słabo rozwinięta wówczas sztuka formowania metali opóźniły pomyślnie zakończenie prac aż do roku 1776.

Pomimo trudności w uzyskaniu patentów (które w owym czasie mogły być przyznane jedynie aktem parlamentu) Watt i jego partner biznesowy w końcu zarobili spore pieniądze na jego innowacji. Mimo że on sam pojawił się na kartach historii jeszcze przed erą elektryczności, w 1889 roku (70 lat po śmierci) jego nazwisko zostało użyte do oznaczenia



Rysunek 1.58. Wkład Jamesa Watta w rozwój maszyny parowej umożliwił rewolucję przemysłową. Po śmierci został uhonorowany przez nazwanie jego nazwiskiem podstawowej jednostki mocy elektrycznej

podstawowej jednostki mocy elektrycznej, która definiowana jest jako iloczyn natężenia i napięcia.

Sprzątanie i recykлизacja

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

Eksperyment 5: Zróbmy własną baterię

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

Współczesne diody LED emitują światło, pobierając prąd o natężeniu zaledwie kilku miliamperów, a więc eksperyment ten współcześnie może być jeszcze bardziej interesujący. Jeżeli nie wykonywałeś go nigdy wcześniej, to właśnie nadszedł na to odpowiedni czas.

Potrzebne będą:

- cytryny, liczba: 2, lub butelka (0,25) czystego soku wyciśniętego z cytryn, liczba: 1,
- monety pokryte miedzią, takie jak np. euro-centówki, liczba: 4,
- stalowe kątowniki pokryte cynkiem, o długości co najmniej 2,5 cm, znajdziesz je w sklepie budowlanym, liczba: 4,
- przewody obustronnie zakończone końcówkami typu krokodyl, liczba: 5,
- multimetr, liczba: 1,
- niskoprądowa dioda LED, liczba: 1 (informacje na temat różnic pomiędzy standardowymi a niskoprądowymi diodami LED znajdziesz w sekcji „Diody elektroluminescencyjne (LED)” znajdującej się w tym rozdziale).

Przygotowania

Bateria jest **elektrochemicznym** źródłem prądu — prąd wytwarzany jest w wyniku reakcji chemicznych. Oczywiście do reakcji takiej dochodzi tylko pomiędzy określonymi substancjami. W eksperymencie będą to: miedź, cynk i sok z cytryny.

Zdobycie soku z cytryny nie powinno stanowić problemu. Cytryny są tanie, a w każdym sklepie znajdziesz małe plastikowe butelki ze skoncentrowanym sokiem z cytryny. Obie formy soku sprawdzą się w naszym eksperymencie.

Monety jednocentowe nie są wytwarzane z miedzi, ale są nią pokrywane, co wystarczy nam do przeprowadzenia eksperymentu. Postaraj się o w miarę nową i czystą monetę. Utleniając się, miedź nabiera ciemnego, brązowego koloru — stare monety nie nadadzą się do przeprowadzenia tego eksperymentu.

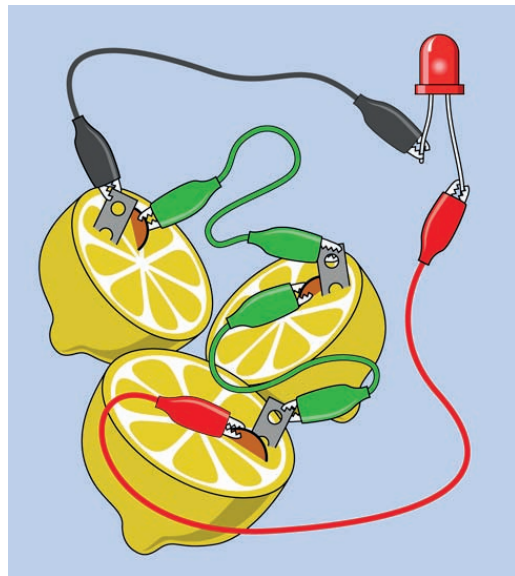
Zdobycie elementu cynkowego stanowi nieco większe wyzwanie. Potrzebujesz jakiegoś **galwanizowanego**, metalowego elementu (element taki jest pokryty cynkiem w celu zabezpieczenia go przed korozją). W sklepie z artykułami budowlanymi zapytaj o małe, galwanizowane, stalowe kątowniki.

Potrzebujesz kątownika o boku długości przynajmniej 2,5 cm.

Test cytryny — część I

Przetnij cytrynę na pół i włóż w nią jednocentówkę. Teraz w miąższ cytryny wsuń element cynkowy. Oba przedmioty powinny znajdować się blisko siebie, ale nie mogą się stykać. Ustaw swój miernik na pomiar napięcia stałego, rzędu dwóch woltów, i chwyć jedną końcówką element miedziany, a drugą cynkowy. Na swoim mierniku powinieneś odczytać napięcie pomiędzy 0,8 a 1 V.

Aby oświetlić typową diodę LED, potrzeba więcej niż jednego wolta. W jaki sposób wygenerować dodatkowe „ciśnienie” elektryczne? Oczywiście, przez ułożenie baterii w szereg. Innymi słowy, trzeba więcej cytryn! Będziesz również potrzebował przewodów, aby połączyć ze sobą poszczególne elektrody tak, jak pokazano na rysunku 1.59. Zwróć uwagę, że każdy przewód łączy element miedziany z elementem cynkowym. Nie łącz ze sobą dwóch elementów wykonanych z tego samego materiału.



Rysunek 1.59. Bateria złożona z trzech cytryn powinna wygenerować napięcie pozwalające na zasilenie niskoprądowej diody LED

Jeśli ustawisz wszystko tak jak trzeba, umieszczając elektrody blisko siebie i upewniając się, że żadna z elektrod nie dotyka swojego sąsiada, być może będziesz w stanie zaświecić diodę przy użyciu baterii składającej się z trzech połączonych szeregowo cytryn.

Innym rozwiązaniem jest zastosowanie plastikowego pojemnika z przegródkami (patrz rysunek 1.60). Po umieszczeniu w nim metalowych elementów wlej w przegródki trochę skoncentrowanego soku cytrynowego. Zamiast soku cytrynowego możesz użyć także octu lub soku z grejfruta.



Rysunek 1.60. Sok z cytryny w butelce wydaje się działać równie dobrze co ten wyciśnięty z samego owocu, ale oparta na nim bateria nie będzie wyglądała tak dobrze; tę czteroogniową baterię utworzyłem na bazie pudełka z przegródkami

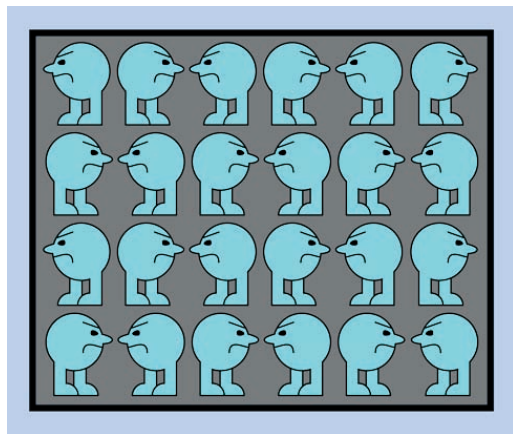
Moja bateria składa się z czterech ogniw, ponieważ podłączenie do niej diody LED powoduje spadek napięcia, a bateria dostarcza prąd o tak niskim natężeniu, że nie spowoduje on uszkodzenia diody LED. Zbudowana przeze mnie bateria zadziałała natychmiast.

TEORIA: Natura elektryczności

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

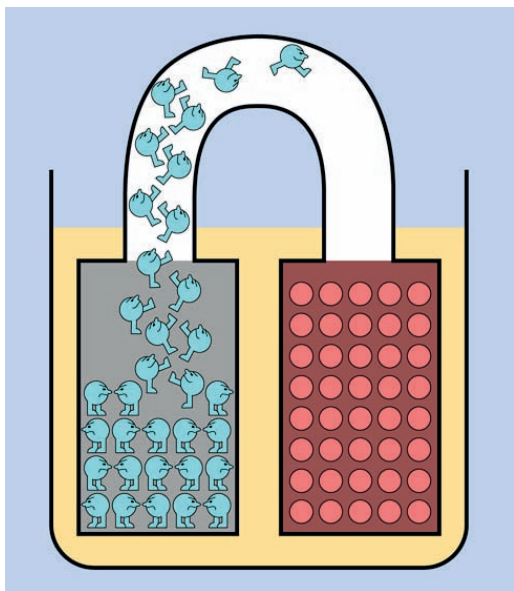
Rozerwanie jądra atomu wymaga sporo energii, ale jednocześnie prowadzi do uwolnienia sporej dawki energii — dzieje się tak w trakcie wybuchu jądrowego. O wiele mniej energii wymaga przekonanie kilku elektronów, aby opuściły atom (lub złączyły się z nim). Dla przykładu, kiedy cynk reaguje chemicznie z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

Reakcja tego typu ulega szybko zatrzymaniu, elektrony akumulują się na elektrodzie cynkowej. Czują one siłę wzajemnego odpychania, ale nie mają żadnego miejsca, w które mogłyby się udać. Możesz wyobrazić je sobie jako tłum wrogich osób, z których każda chce, aby cała reszta sobie poszła, i żadna nie chce, aby dołączył do nich ktoś nowy (patrz rysunek 1.61).



Rysunek 1.61. Elektrony na elektrodzie mają „złe” podejście, znane jako wzajemne odpychanie

Zastanów się teraz, co się stanie, kiedy do cynkowej elektrody, posiadającej nadwyżkę elektronów, podłączony zostanie przewód łączący ją z inną elektrodą, która ma niedobór elektronów. Elektrony mogą bardzo łatwo przejść przez przewód, skacząc z jednego atomu na kolejny. Uciekają zatem z elektrody cynkowej i biegną przez przewód, napędzane swoim wielkim pragnieniem odsunięcia się od wszystkich pozostałych. Zobacz rysunek 1.62. Ta wzajemna siła napędowa jest sprawcą prądu elektrycznego.



Rysunek 1.62. Elektrony elektrody cynkowej uciekają do elektrody miedzianej

Teraz, kiedy populacja elektronów na elektrodzie cynkowej została zredukowana, kontynuowana może być reakcja chemiczna między cynkiem i kwasem, prowadząc do zastąpienia brakujących elektronów nowymi, które natychmiast pójdą w ślady swoich poprzedników i spróbują oddalić się od siebie, biegnąc przez przewód. Siła ruchu elektronów jest na tyle duża, że po przepuszczeniu ich przez diodę LED uwolnią one część swojej energii poprzez emisję światła.

Cały proces będzie kontynuowany do momentu ustania reakcji chemicznej między cynkiem a kwasem, zazwyczaj ze względu na powstanie na powierzchni elektrody bariery w postaci tlenku cynku, która nie wchodzi w reakcję z kwasem i zapobiega reakcji z cynkiem znajdującym się w głębi elektrody. (Właśnie z tego powodu Twoja elektroda może wyglądać na okopconą po wyjęciu jej z płynu elektrolitycznego).

Ten opis ma zastosowanie do „**podstawowej baterii**”, tzn. takiej, która jest gotowa do generowania prądu, kiedy tylko połączenie pomiędzy jej końcówkami pozwoli elektronom na przejście z jednej elektrody

do drugiej. Ilość prądu, jaką jest w stanie wygenerować podstawowa bateria, wynika z szybkości uwalniania elektronów przez zachodzące w środku reakcje chemiczne. Kiedy surowy metal w elektrodach zostanie zużyty przez reakcje chemiczne, bateria nie jest w stanie wygenerować więcej prądu i staje się bezużyteczna. Nie może zostać ponownie naładowana, ponieważ zachodzących w niej reakcji chemicznych nie da się cofnąć w prosty sposób, a elektrody są już najprawdopodobniej utlenione.

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

PODSTAWY: Dodatni i ujemny

Jeżeli elektryczność to przepływ elektronów mających ujemny ładunek, to dlaczego we wcześniejszych eksperymentach pisałem o niej jako o przepływie z dodatniej do ujemnej końcówki baterii?

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

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

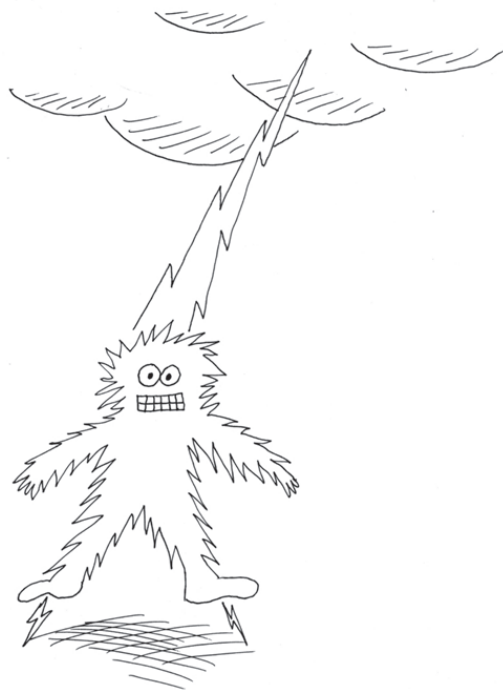
Być może pomyślałeś, że kiedy odkryto ten fakt, wszyscy powinni byli odrzucić ideę Franklina

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

Ze względu na tradycję i przyzwyczajenia nadal utrzymujemy w mocy błędny koncept Bena Franklina przepływu ładunku od pozytywnego do negatywnego źródła, chociaż tak naprawdę nie ma on znaczenia.

Przy symbolach opisujących takie komponenty jak diody i tranzystory znajdziesz strzałki wskazujące, w jaki sposób te komponenty powinny być podłączone — te strzałki wskazują od miejsca dodatniego w kierunku ujemnego, mimo że w praktyce sytuacja wygląda inaczej!

Ben Franklin byłby zaskoczony, dowiadując się, że chociaż większość błyskawic występuje, kiedy ujemnie naładowane chmury rozładowują się, neutralizując dodatni ładunek ziemi, niektóre formy wyładowań są w rzeczywistości przepływem elektronów z ujemnie naładowanej powierzchni ziemi w górę do pozytywnego ładunku w chmurach. Tak, to prawda: ktoś, kto został „porażony przez błyskawicę”, mógł doznać obrażeń w wyniku **emitowania** elektronów, a nie ich absorpcji (patrz rysunek 1.63).



Rysunek 1.63. W pewnych warunkach pogodowych przepływ elektronów podczas wyładowania elektrycznego może następować od podłoża, poprzez Twoje stopy, a następnie głowę w kierunku chmur. Ta informacja zaskoczyłaby zapewne Benjamina Franklina

Ładunek elektryczny jest mierzony przez sumowanie ładunków pojedynczych elektronów. Podstawową jednostką jest **kulomb**, będący równoważnikiem całkowitego ładunku 6 241 509 629 152 650 000 elektronów.

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

$$1 \text{ amper} = 1 \text{ kulomb/sekundę}$$

$$= \text{około } 6,24 \text{ kwintyliona elektronów/sekundę}$$

Nie ma możliwości „zobaczenia” takiej liczby elektronów płynących przez przewód, ponieważ elektrony są mniejsze od długości fali światła widzialnego, jest ich zbyt wiele i poruszają się zbyt szybko, ale istnieją pośrednie sposoby wywnioskowania tej

TEORIA: Podstawy pomiarów

Teraz przedstawię definicję, jaką znajdziesz na samym początku prawie wszystkich książek dotyczących podstaw elektroniki.

informacji. Na przykład, kiedy elektron „przebiega” przez przewód elektryczny, tworzy wokół siebie falę siły elektromagnetycznej. Tę siłę można zmierzyć i przeliczyć na wartość w amperach. Na tej zasadzie działa licznik prądu zamontowany w Twoim domu przez przedstawiciela firmy energetycznej.

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

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

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

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

$$1 \text{ wat} = 1 \text{ dżul} / \text{sekundę}$$

$$1 \text{ dżul równa się sile 1 niutona działającego na odcińku 1 metra}$$

$$1 \text{ niuton równa się sile potrzebnej do przesunięcia 1 kilograma masy o 1 metr na sekundę, w każdej sekundzie}$$

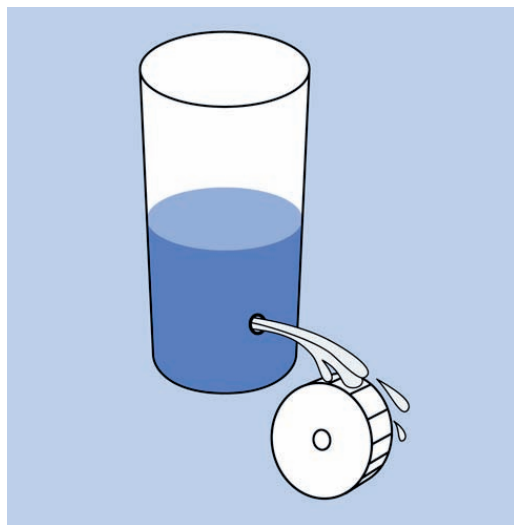
Na tej podstawie można wyrazić wszystkie jednostki elektryczne poprzez obserwację masy, czasu i ładunku elektrycznego.

Mówiąc praktycznie

Bardziej użyteczne od teoretycznej wiedzy wydaje się być intuicyjne rozumienie elektryczności. Osobiście lubię analogie związane z wodą, które od wieków stosowane są w książkach poświęconych elektryczności.

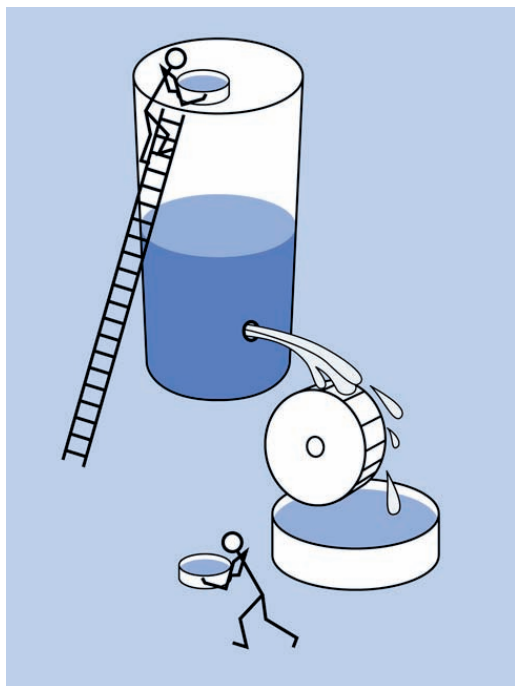
Na rysunku 1.30 pokazałem, że ilość wody przepływająca przez otwór na sekundę odpowiada natężeniu prądu, a wysokość słupa wody odpowiada napięciu. Rozmiar otworu odpowiada rezystancji.

Gdzie na tym obrazku widać moc? Załóżmy, że w pobliżu zbiornika umieścimy koło młyńskie poruszane strumieniem wody wypływającym z dziury (patrz rysunek 1.64). Do koła mógłbyś przyczepić jakieś urządzenia mechaniczne. Teraz przepływająca woda wykonuje pewną pracę (pamiętaj, że moc jest miarą pracy).



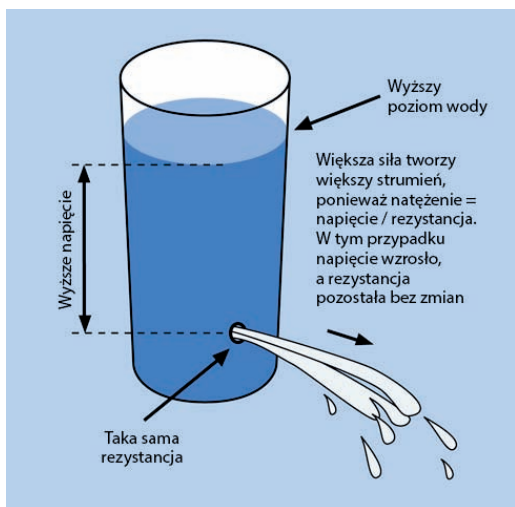
Rysunek 1.64. Strumień wody wykonuje pracę i przekazuje energię kołu; pracę wykonaną w jednostce czasu można wyrazić w watach

Być może wygląda to tak, jakbyśmy uzyskiwali coś z niczego, wydobywali pracę z koła młyńskiego bez wkładania energii z powrotem do systemu. Pamiętaj jednak, że poziom wody w zbiorniku spada. Kiedy tylko dołączymy pewnych pomocników wlewających zużytą wodę z powrotem do zbiornika z jego szczytu (patrz rysunek 1.65), zobaczysz, że musimy włożyć pewną pracę, aby następnie ją odzyskać.



Rysunek 1.65. Aby system mógł wykonywać pracę, musisz najpierw w jakiś sposób włożyć w niego pracę

Podobnie bateria wydaje się dawać moc bez przyjmowania niczego w zamian, ale tak naprawdę energię czerpiemy dzięki zachodzącym w jej środku reakcjom chemicznym, które zmieniają czyste metale

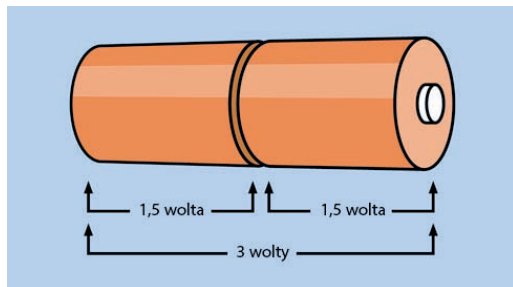


Rysunek 1.66. Zwiększenie ilości dostępnej wody zwiększy jej ciśnienie

w ich związku. Jeżeli jest to bateria, którą można ładować wielokrotnie, musimy dostarczyć jej z powrotem energii, aby odwrócić reakcje chemiczne, które wcześniej były źródłem energii.

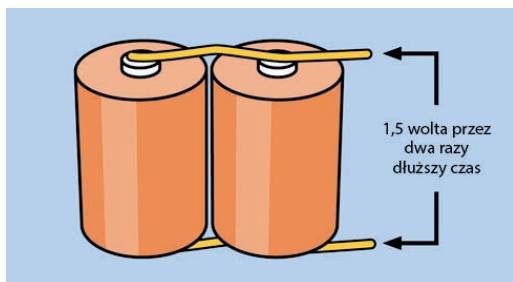
Wracając do zbiornika z wodą, założmy, że nie jesteśmy w stanie wydobyć z niej dostatecznie dużo energii, aby obrócić kołem. Jednym z rozwiązań tego problemu byłoby dolanie większej ilości wody. Zwiększenie wysokości słupa wody stworzy większą siłę (patrz rysunek 1.66).

Odpowiadałoby to połączeniu dwóch baterii w szeregu, pozytywnym końcem do ujemnego, i podwojeniu w ten sposób napięcia (patrz rysunek 1.67). Dopóki rezystancja w obwodzie pozostaje bez zmian, większe napięcie wygeneruje większe natężenie prądu, ponieważ $\text{natężenie} = \text{napięcie} / \text{rezystancja}$.



Rysunek 1.67. Kiedy połączysz dwie w pełni naładowane baterie szeregowo, podwoisz napięcie

A co, jeśli chcemy obracać dwoma kołami zamiast jednym? Możemy wybić drugą dziurę w zbiorniku i wtedy siła (napięcie) przy obu z nich będzie taka sama, ale poziom wody w zbiorniku będzie spadał dwa razy szybciej. W rzeczywistości byłoby lepiej, gdybyśmy zbudowali drugi zbiornik, i tutaj również pojawia się analogia do baterii. Jeżeli połączymy równolegle dwie baterie, otrzymamy to samo napięcie, ale na dwa razy dłużej. Dwie baterie mogą również dostarczyć więcej prądu niż w przypadku użycia tylko jednej z nich (patrz rysunek 1.68).



Rysunek 1.68. Baterie połączone równolegle dostarczą takiego samego napięcia, ale w czasie dwa razy dłuższym; takie rozwiązanie pozwala na dostarczanie do obwodu prądu o dwa razy większym natężeniu (w porównaniu z pojedynczą baterią)

Podsumowując:

- Dwie baterie połączone szeregowo dostarczają dwukrotnie więcej napięcia.
- Dwie baterie połączone równolegle mogą dostarczyć dwukrotnie większe natężenie prądu lub dostarczać prąd o niezmiennym natężeniu przez dwa razy dłuższy czas.

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

Sprzątanie i recykliczacja

Części metalowe, które wtykałeś w cytryny lub zanurzałeś w soku z cytryny, mogły utracić swój pierwotny kolor, ale nadal nadają się do użytku. W cytrynach mogły osadzić się jony cynku, a więc nie nadają się one do spożycia.

Skorowidz

A

AC, 4, 17, *Patrz też*: prąd zmienny
akumulator, 5, 39
alarm antywłamaniowy, 140, 178
 czujnik, *Patrz*: czujnik alarmowy
amper, 3, 4, 8, 16, 29, 30
Ampère André-Marie, 18
analiza Boole'a, 213
antena, 296, 298
Arduino, 301, 302, 303
 nielicencjonowane, 304
 program, *Patrz*: program
 szkic, *Patrz*: program
 środowisko programistyczne, 303, 304
 zasilanie, 313
Arduino Uno, 302, 303, 360
 instalacja, 304
 Linux, 305
 Mac OS, 307
 Windows, 306
 konfiguracja, 303
atom, 38

B

Bardeen John, 97
BASIC Stamp, 257, 313, 338, 339
bateria, 4, 5, 7, 353
 alkaliczna, 5, 13
 drugiego rzędu, 39
 elektrolit, *Patrz*: elektrolit
 litowa, 13
 rezystancja wewnętrzna, 35
podstawowa, 39
rezystancja, 34
wielokrotnego ładowania, 39
zasada działania, 10
zwarcie, 13
Bell Alexander Graham, 275
bezpiecznik, 16, 354
 prąd znamionowy, 6, 17
 samochodowy, 6

bit, 245
błyskawica, 40
Boole George, 211, 213
bramka logiczna, 207, 208, 209, 213
 AND, 207, 210, 211, 213, 214, 322
 NAND, 207, 210, 211, 212, 213, 214,
 239, 240
 NOR, 207, 213, 214, 239
 NOT, *Patrz*: inwerter
 OR, 207, 213, 214
 symbol, 213
 XNOR, 207, 213, 214
 XOR, 207, 213, 214
 zasady łączenia, 218
Brattain Walter, 97
brzęczyk piezoelektryczny, 298

C

Camenzind Hans, 167, 168
ciążki, 46
cewka magnetyczna, 279, 294
 indukcja, 266
 samoindukcja, *Patrz*: samoindukcja
 symbol, 267
ciśnienie otoczenia, 286
cyfra binarna, 245, *Patrz też*: bit
częstotliwość, 171, 276
 filtrowanie, 280, 288, 300
 nośna, *Patrz*: nośna
czujnik
 alarmowy, 142
 magnetyczny, 157
czynniki losowe, 11

D

Davies Ray, 292
DC, 4, 17, *Patrz też*: prąd stały
DeArmond Harry, 292
Dellepiane Flavio, 292
diagram Venna, 211
dielektryk, 78

dioda, 40, 117, 130, 147, 273
 anoda, 147
 elektroluminescencyjna,
 Patrz: LED
 germanowa, 297, 299, 360
 katoda, 117, 147
 krzemowa, 297
 LED, *Patrz:* LED
 zabezpieczająca, 149
DIP, 154, 155
dokumentacja, 343
druć
 cynowany, 50
 do przyłączania, 49
 grubość, 48
 montażowy, 49, 348
 nawojowy, 269, 271
Dummer Geoffrey, 157
dzielnik napięcia, 94, 317
dźwięk, 276, *Patrz też:* generator
 dźwięku
 częstotliwość, *Patrz:* częstotliwość
 przesterowanie, 289, 292
 przycinanie, 290, 291
 zniekształcenia, 289
dżul, 35, 41

E

efekt
 fuzz, 291, 292
 podłogowy, 291, 292, 293
 tremolo, 292
 vibrato, 292
elektrolit, 14
elektromagnes, 266, 267
elektron, 10, 14, 38
elektryczność, 38
element
 aktywny, 285
 dyskretny, *Patrz:* komponent
 dyskretny
 pasywny, 279, 285

F

Fairchild Semiconductor, 158
fala
 dźwiękowa, 276, 285
 długość, 276
 kwadratowa, 287
 nośna, *Patrz:* nośna
 radiowa AM, 294, 301
 sinusoidalna, 285

farad, 77
Faraday Michael, 77, 81
Field Simon Quellen, 299
flip-flop, *Patrz:* przerzutnik
Franklin Benjamin, 39
funkcja
 delay, 310, 311, 312, 322
 digitalWrite, 310, 311, 312
 ledstate, 322
 loop, 322
 millis, 328
 nagłówek, 336
 randomSeed, 325
 setup, 309, 312, 322, 333
 tworzenie, 335

G

galwanometr, 19
generator
 dźwięku, 103, 104, 150
 syreny, 177, 185
 liczb, 325, 334
 prądu, 271
 zmiennego, 280
głośnik, 273, 274, 275, 277, 281
 membrana, 105, 274
 niskiej częstotliwości, *Patrz:* woofer
 średnica, 55
 wysokiej częstotliwości, *Patrz:*
 tweeter
gniazdko
 elektryczne, 18
 zasilające, 116
gratownik, 113, 361

H

henr, 266
Henry Joseph, 266, 267, 268, 275
herc, 171, 276
Hertz Heinrich, 171
histereza, 320

I

indukcja elektromagnetyczna, 81
indukcyjność, 30, 266, 294
instrukcja
 if, 322, 334
 loop, 310
inwerter, 213
izolacja termokurczliwa, 111, 114, 124, 349
izolator, 9

J

jednostki, 3, 4, 9, 15, 35, 77,
138, 171
cale, 138, 139, 140
język programowania, 301, 302

K

Kellogg Edward, 275
Kilby Jack, 157
klawiatura kodowanie
matrycowe, 228
knot rozlutowniczy, *Patrz*: plecionka
kod binarny, 244, 245
kombinerki
o długich szczękach, 45, 361
precyzyjne, 46, 361
komparator, 165
komponent, 349, 350, 351, 354
dyskretny, 314, 315
kondensator, 55, 279, 350
budowa, 78, 79
ceramiczny, 55, 78
elektrolityczny, 55, 56, 78
ładowanie, 81, 82, 83, 84, 273
wykres, 85
obejściowy, 104
polaryzacja, 76, 78, 79
poliestrowy, 288
prąd
przesunięcia, 88
upływu, 86
rozmiar, 90
sprzęgający, 90, 102
symbol, 78
kontaktron, 143
kość, 154, *Patrz też*: układ
scalony
krokodyl, 5, 111, 115, 360, 362
kulomb, 40

L

lampa próżniowa, 213
LED, 6, 21, 26, 72, 277, 278, 353
końcówka, 21
napięcie
progowe, 26
przewodzenia, 21
niskoprądowy, 6, 156, 353
nota katalogowa, 31
o wspólnej anodzie, 197
o wspólnej katodzie, 197

prąd przewodzenia, 21
specyfikacja producenta, 31
standardowy, 6
symbol, 60, 63
wartość rezystora, 32
wymiary, 138

liczba

binarna, 245
zespolona, 280

licznik

binarny, 242, 243, 244
łączenie w łańcuch, 252
wyzwalanie, 245
dziesiętny, 198, 199, 200, 207, 242
blokada zegara, 200
przeniesienie, 200
wejście zegara, 200
włączenie wyświetlania, 200
wyjście kodowane, 198
wyjście sygnału włączenia
wyświetlania, 200
zerowanie, 200

linka, 50, 51, 191

logika, 211, 212

lutowanie, 117, 118, 119, 120, 122, 123,
187, 188, 191

lutownica, 108, 117, 361

olówkowa, 109

pistoletowa, 109

Ł

ładunek elektryczny, 40

M

magnes, 270, 272, 273
neodymowy, 268, 272, 358

Marconi Guglielmo, 299

Maxwell James, 88

miejsce pracy, 257, 261, 262

miernik

analogowy, 1
cyfrowy, 2
czasu reakcji, 194
przeciążenie, 27
przewody, 8
test przewodzenia, 59
zakres pomiarowy, 3, 10
złącze

V/Ω , 8

wspólne, 8

mikrofon, 276, 277

dynamiczny, 276

mikrokontroler, 301, 302, 310, 313, 314, 315
 BASIC Stamp, *Patrz:* BASIC Stamp
 PICAXE, *Patrz:* PICAXE
 Raspberry Pi, *Patrz:* Raspberry Pi
 trwałość, 314
 zegar systemowy, *Patrz:* zegar systemowy
mikroprzełącznik, 52, 72, 355
montaż
 powierzchniowy, 154, 155
 przeplatany, 6, 154, 155, 314
Moore Gordon, 158
multimetr, 1, 360, *Patrz też:* miernik

N

napięcie, 14, 15, 26, 27, 35, 41, 83
 regulator, *Patrz:* regulator napięcia
natężenie, 14, 15, 27, 35, *Patrz też:* prąd
 pomiar, 28
niuton, 41
nośna, 300
Noyce Robert, 157, 158

O

obudowa, 154
 podłużna dwurzędowa, *Patrz:* DIP
obwód wykrywanie przerwań, 4
odpowiedź galwaniczna, 18
odsysacz, 109, 112
ogniwo, *Patrz:* bateria
Ohm Georg Simon, 9, 12
Ohma prawo, *Patrz:* prawo Ohma
om, 3, 4, 9, 29, 30
opalarka, 111, 124, 362
operator logiczny Boole'a, 213
oscylator, 71, 74, 76, 98, 102

P

PDIP, 154
pętla for, 334
PICAXE, 254, 257, 313, 314, 338
plecionka, 112
płytki
 protoshield, 318
 prototypowa, 48, 71, 72, 74, 115, 349
 miniaturowa, 48
 z podwójną szyną zasilającą, 49
 z pojedynczą szyną zasilającą, 48
 uniwersalna, *Patrz:* płytka
 prototypowa
podstawka, 155, 156
pojemność, 4, 77, 81, 83, 294

pole
 elektromagnetyczne, 19, 40, 41, 299
 magnetyczne, 30, 265, 266, 267, 277
 zmiana, 278
połączenie
 owijane, 121
 równoległe, 30
 szeregowe, 30
potencjometr, 5, 23, 354
 dostrojczy, 53, 93, 355
 symbol, 63
 testowanie, 24
 wielobrotowy, 54
półprzewodnik, 96
prawo Ohma, 29, 30, 31
prąd, 38, *Patrz też:* natężenie
 konwencjonalny, 60, 61
 przebiegienny, *Patrz:* prąd zmienny
 przesunięcia, 88
 stały, 17
 upływu, 86
 zmienny, 17, 89, 90, 273, 280
 generator, *Patrz:* generator prądu
 zmiennego
program, 308, 313
 komentarz, 309
 kompilowanie, 309, 323, 332
przekładnik, 45, 52, 65, 66, 68, 74, 97, 98,
 213, 355
 blokujący, 68
 budowa, 70
 czułość, 53
 DPDT, 53, 157
 małosygnałowy, 69
 napięcie
 minimalne zadziałania, 71
 znamionowe, 71
 nieblokujący, 53
 obciążalność styków, 71
 obciążenie
 indukcyjne, 71
 rezystancyjne, 71
 otwieranie, 69
 polaryzacja, 53, 66
 prąd pracy, 71
 symbol, 68
 zatraskowy, 145
przełącznik, 52, 56, 58, 355
 biegunowy, 56
 dwubiegunowy, 57, 61, 62
 dwupozycyjny, *Patrz:* przełącznik
 dwustabilny

- dwustabilny, 61, 62
 - DPDT, 52
 - SPDT, 52, 57
 - zaciski śrubowe, 52
- jednopozycyjny SPST, 57
- odbijanie styków, 237, 239, 240, 241
- sprawdzanie, 59
- ślizgowy, 156, 356
- przerzutnik, 165, 238, 239
 - z wejściem zegarowym, 241
 - zatrząskowy, 241
- przetwornik
 - analogowo-cyfrowy (A/C), 316, 319
 - piezoelektryczny, 298
- przewodnik, 9
- przewód
 - kolor, 65
 - połączeniowy, 5, 50, 348
 - pomiarowy, 111
 - probierczy, 5
 - rezystancja, 33
- przybliżenie Wheelera, 266, 267
- przycisk symbol, 63
- pseudokod, 326

R

- radioodbiornik, 294, 297, 298, 299, 300
- Raspberry Pi, 314, 339
- reaktancja, *Patrz:* samoindukcja
- regulator napięcia, 156, 157, 208, 209, 210, 318
- rezystancja, 9, 15, 30, 31, 83
 - baterii, *Patrz:* bateria rezystancja
 - ciepła, 132
 - indukcyjna, *Patrz:* samoindukcja
 - pomiar, 9, 22
 - przewodu, *Patrz:* przewód rezystancja
 - wewnętrzna, 34
- rezystor, 7, 19, 72, 279, 350
 - moc dopuszczalna, 35, 36
 - obudowa
 - biała, 20
 - kolor, 7, 20
 - podciągający, 162
 - sprawdzanie, 22
 - symbol, 63
 - ściągający, 162, 199
 - tolerancja, 20, 22
 - wartość, 20, 22
- Rice Chester, 275
- Richards Keith, 292
- różnica potencjałów, 26, 27, 30

S

- samoindukcja, 278
- schemat, 60, 61, 64
 - logiczny, 210
 - symbol, *Patrz:* symbol
- Scribner Charles, 60
- Shannon Claude, 212
- Shockley William, 97, 158
- Siemens Ernst, 275
- słowo
 - pinMode, 309
 - void, 309
- słuchawka o wysokiej impedancji, 297, 360
- SOIC, 154
- sonda logiczna, 153
- spoiwo lutownicze, 108, 114, 348
 - z topikiem, 109, 114, 348
- sprężenie zwrotne, 229
- stała czasowa, 83, 84
- statyw lutowniczy, 109, 110, 362
- stos Volty, 18
- subwoofer, 288
- suwmiarka, 113, 362
- sygnału zbocze narastające, 245
- symbol, 60, 61
 - bramki logicznej, 213
 - cewki, 267
 - kondensatora, 78
 - LED, 60, 63
 - potencjometru, 63
 - przełącznika, 68
 - przekaźnika, 61, 62
 - przycisku, 63
 - rezystora, 63
 - tranzystora, 93
 - źródła prądu, 62
- system
 - całowy, 138, 139, 140
 - metryczny, 138, 139, 140
 - średnic AWG, 48
- szczypce, *Patrz też:* kombinerki
 - do cięcia drutu, 46, 361
 - do zdejmowania izolacji, 47, 361
- szkło powiększające, 110

T

- tabela prawdy, 211, 212
- termistor, 316, 317, 360
 - rezystancja znamionowa, 317
- termostat, 316
- Texas Instruments, 154, 157

Thomson J.J., 39
transformator, 267
 tranzystor, 40, 45, 54, 60, 90, 97, 98, 213
 2N2222, 54, 91
 baza, 92
 bias dodatni, 95
 bipolarny, 92, 96, 169, 214
 NPN, 92, 93, 96, 143
 PNP, 92, 93, 96
 emiter, 92
 kolektor, 62, 92
 obudowa, 54, 91
 P2N2222, 54
 P2N2222A, 54
 polowy, 292
 prąd spoczynkowy, 96
 spolaryzowany zaporowo, 255
 stopień wzmocnienia, 54
 symbol, 93
 testowanie, 4
 współczynnik beta, 96
 zasada działania, 95

tryb
 astabilny, 162, 169, 170, 173, 174
 bistabilny, 166
 monostabilny, 159, 160, 161, 162
tweeter, 288

U

układ
 Darlingtona, 198
 logiczny 74HC00, 209, 210
 RC, 81, 82, 163
 scalony, 213, 356
 4490, 242
 4026B, *Patrz:* licznik dziesiętny
 74HC393, 242, 243, 244, 245
 74xx, 216, 217, 218
 ATmega 328P-PU, 302, 303
 bipolarny, *Patrz:* układ scalony TTL
 CMOS, 169, 214, 215, 216
 LM386, 281, 287, 298
 LM7805, 208, 209
 nazwa, 155, 216
 obudowa, *Patrz:* obudowa
 podstawka, *Patrz:* podstawka
 skala integracji, 158
 timera 555, 151, 158, 159, 163, 164, 165,
 167, 168, 174, 200, 282, 287, 358
 TTL, 169, 214, 215, 216
 wejście pływające, 162
uziemiaenie, 63

V

Venn John, 211
Venna diagram, *Patrz:* diagram Venna
Volta Alessandro, 14, 18

W

wat, 35, 41
Watt James, 35, 36
Wheeler przybliżenie, *Patrz:* przybliżenie
 Wheelera
wired wrap, *Patrz:* połączenie owijane
woda
 dejonizowana, *Patrz:* woda destylowana
 destylowana, 12, 354
wolt, 3, 4, 14, 15, 16, 29, 30, 41
woofier, 288
wyświetlacz
 diodowy, 197
 o wspólnej anodzie, 197
 o wspólnej katodzie, 197
 siedmiosegmentowy, 156, 195, 196, 197,
 247, 358
 sterownik, 198
wzbudnik, *Patrz:* cewka magnetyczna
wzmocniacz, 277
 dźwięku, 280, 281, 282, 283, 284, 287
 operacyjny, 298, 318

Z

zamek szyfrowy, 219, 221
zasilacz sieciowy, 62, 107, 356
 jednonapięciowy, 107
 modyfikacja, 125
 uniwersalny, 107
 warsztatowy, 108
zatrząsk, 230, 231, 232
zegar systemowy, 328
złączka goldpin, 116, 356
zmienna, 322, 323
 int, 323
 long, 333
 niekontrolowana, 11
znak
 &&, 322
 ==, 322
zworka, *Patrz:* przewód połączeniowy
zwrotnica głośnikowa, 288, 289

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

Spal, zepsuj, eksperymentuj — oto Twoja ścieżka do wiedzy!

Elektronika jest uważana za trudną dziedzinę wiedzy. Zwykle naucza się jej standardowymi metodami: najpierw przedstawia się definicje, wzory i prawa, a dopiero potem przechodzi się do ćwiczeń praktycznych. Adept elektroniki najpierw zapoznaje się ze wskazówkami i, postępując ściśle według instrukcji, buduje proste obwody. Oczywiście, nie jest to zła metoda nauki. Niemniej jednak, jeśli chcesz się zaciekawiać, zafascynować i *naprawdę* nauczyć elektroniki, o wiele lepszą metodą jest nauka przez odkrywanie. Polega ona na eksperymentowaniu, własnoręcznym łączeniu komponentów i obserwacji — dzięki temu zrozumienie procesów, które zachodzą w działających układach, przychodzi dużo łatwiej i naturalniej, a nabyta wiedza jest o wiele trwalsza.

Książka, którą masz przed sobą, to nietuzinkowy podręcznik podstaw elektroniki. Nauka następuje głównie dzięki eksperymentom, a podstawy teoretyczne są przedstawiane nieco później. Świat elektroniki staje się fantastycznym polem do własnych badań, prób i odkryć. Książka ma tę samodzielną drogę Czytelnikowi wskazać i ułatwić. Zawiera przy tym mnóstwo cennych wskazówek, poczynawszy od listy niezbędnych przyrządów, na instrukcjach rozwiązywania problemów skończywszy. Autor zachęca do prawdziwego eksperymentowania, w którym ewentualne pomyłki będą istotnym elementem procesu nauki!

W tej książce znajdziesz:

- » mnóstwo świetnych projektów, uszeregowanych od najprostszych po dość złożone
- » instrukcje dotyczące przygotowania własnego „laboratorium elektroniki”
- » jasne i łatwe do zrozumienia wskazówki dotyczące poszczególnych eksperymentów
- » przystępnie podane podstawy teoretyczne elektroniki
- » wskazówki odnoszące się do korzystania z mikrokontrolera Arduino

Charles Platt — redaktor prowadzący magazynu „Make”. Jego zainteresowanie światem komputerów i informatyki sięga lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku. Jest autorem licznych książek poświęconych informatyce, ale pisał również powieści science fiction, na przykład *The Silicon Man* czy *Protektor*. Przestał jednak pisać powieści po tym, jak w 1993 roku rozpoczął współpracę z magazynem „Wired”. Kilka lat później został jednym z trzech redaktorów prowadzących tego czasopisma. Platt ma jeszcze jedną pasję: projektowanie i budowę prototypów urządzeń medycznych w warsztacie położonym w odludnej części północnej Arizony.

Helion

44318 numer katalogowy

księgarnia internetowa

<http://helion.pl>

zamówienia telefoniczne



0 801 339900



0 601 339900

Sprawdź najnowsze promocje:

• <http://helion.pl/promocje>

Książki najchętniej czytane:

• <http://helion.pl/bestsellery>

Zamów informacje o nowościach:

• <http://helion.pl/novosci>

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

sięgnij po WIĘCEJ



KOD KORZYŚCI

ISBN 978-83-283-2283-7



9 788328 322837

cena: 69,00 zł

Informatyka w najlepszym wydaniu

Make:
makezine.com