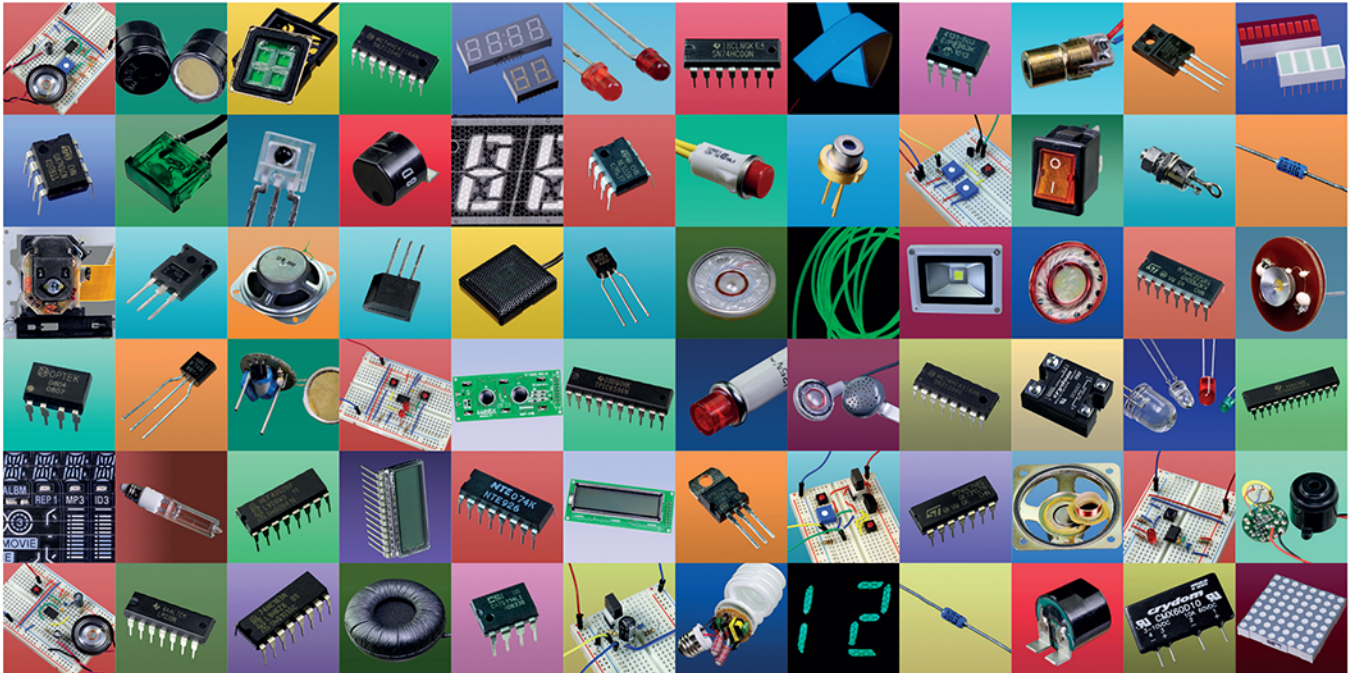


Charles Platt, Fredrik Jansson

# Encyklopedia elementów elektronicznych



**Tyrystory, układy scalone, układy logiczne,  
wyświetlacze, LED-y i przetworniki akustyczne**



Tytuł oryginału: Encyclopedia of Electronic Components Volume 2 LEDs, LCDs, Audio, Thyristors, Digital Logic, and Amplification

Tłumaczenie: Zbigniew Waśko

ISBN: 978-83-283-6946-7

© 2021 Helion SA

Authorized Polish translation of the English edition of Encyclopedia of Electronic Components Volume 2  
ISBN 9781449334185 © 2015 Helpful Corporation

This translation is published and sold by permission of O'Reilly Media, Inc., which owns or controls all rights to 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 Helion SA 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 Helion SA nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Helion SA

ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice

tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63

e-mail: [helion@helion.pl](mailto:helion@helion.pl)

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

Drogi Czytelniku!

Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres

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

Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Printed in Poland.

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

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

---

# Spis treści

---

**Kwestie organizacyjne .....xxi**

**> PÓŁPRZEWODNIKI DYSKRETNE**  
**>> TYRYSTOR**

**I. SCR .....1**

Funkcja .....	1
Działanie .....	1
Działanie przełączające .....	2
Konfiguracja wewnętrzna .....	3
Napięcia przebicia i przełączania .....	4
Demonstracja działania tyrystora SCR .....	4
Zastosowania w obwodach prądu przemiennego .....	5
Rodzaje .....	5
Wartości .....	6
Powszechnie używane skróty .....	6
Stosowanie .....	7
Regulacja fazowa .....	7
Zabezpieczenie nadnapięciowe .....	8
Możliwe błędy .....	9
Niespodziewane wyzwolenie wywołane ciepłem .....	9
Niespodziewane wyzwolenie wywołane napięciem .....	9
Pomylenie wartości znamionowych dla prądów AC i DC .....	9
Prąd maksymalny a kąta przewodzenia .....	9
Niewłaściwa interpretacja symboli .....	10

**2. Diak .....11**

Funkcja .....	11
Wersje symboli .....	11
Działanie .....	12
Przełączanie prądu przemiennego .....	13
Rodzaje .....	14
Wartości .....	14

Możliwe błędy .....	14
Niespodziewane wyzwolenie wywołane ciepłem.....	14
Wpływ niskiej temperatury .....	14
Tolerancje parametrów .....	14
<b>3. Triak .....</b>	<b>15</b>
Funkcja .....	15
Wersje symboli.....	15
Działanie .....	17
Kwadranty .....	17
Prąd progowy, przełączania i podtrzymania .....	18
Testowanie triaka .....	19
Napięcie przełączania .....	20
Przełączanie prądu przemiennego .....	20
Triak wyzwolany diakiem .....	22
Inne sposoby sterowania triakiem .....	22
Magazynowanie ładunku.....	23
Rodzaje.....	23
Wartości .....	23
Możliwe błędy .....	24
Niespodziewane wyzwolenie wywołane ciepłem.....	24
Wpływ niskiej temperatury .....	24
Niewłaściwy rodzaj obciążenia.....	24
Nieprawidłowo zidentyfikowane końcówki.....	24
Niewyłączanie się elementu .....	24

## > UKŁADY SCALONE

### >> ANALOGOWE

<b>4. Przekąźnik półprzewodnikowy .....</b>	<b>25</b>
Funkcja .....	25
Zalety.....	25
Wady .....	26
Działanie .....	26
Rodzaje.....	27
Przekąźnik bezwłocznony a załączany przejściem przez zero .....	28
Wersje NC i NO .....	28
Obudowy .....	28
Półprzewodnikowy przełącznik analogowy .....	28
Wartości .....	29
Stosowanie .....	29
Możliwe błędy .....	30
Przegrzanie wywołane przeciążeniem .....	30
Przegrzanie spowodowane złą jakością połączeń.....	30
Przegrzanie spowodowane zmianą cyklu pracy .....	30
Przegrzanie spowodowane zbyt dużym zagęszczeniem elementów .....	30

Przegrzanie obudowy zawierającej dwa przekaźniki .....	30
Przepalenie w wyniku napięcia wstecznego .....	30
Zbyt niskie napięcie na wyjściu przekaźnika .....	31
Brak możliwości pomiaru wyjściowego prądu AC .....	31
Przełącznik włącza się, ale nie wyłącza .....	31
Przełączniki połączone równolegle nie działają .....	31
Urządzenie wyjściowe nie pracuje z pełną mocą .....	31
Przełączniki półprzewodnikowe a odłączniki bezpieczeństwa .....	31
<b>5. Transoptor .....</b>	<b>33</b>
Funkcja .....	33
Działanie .....	34
Rodzaje .....	35
Czujniki wewnętrzne .....	35
Podstawowe rodzaje transoptorów .....	36
Wartości .....	36
Stosowanie .....	36
Możliwe błędy .....	37
Wiek elementu .....	37
Przepalenie diody LED .....	37
Przepalenie tranzystora .....	37
<b>6. Komparator .....</b>	<b>39</b>
Funkcja .....	39
Histereza .....	39
Działanie .....	40
Różnice względem wzmacniacza operacyjnego .....	42
Rodzaje .....	42
Wartości .....	43
Stosowanie .....	44
Bramka AND .....	46
Multiwibrator bistabilny .....	46
Generator relaksacyjny .....	46
Konwerter poziomów logicznych .....	46
Komparator okienkowy .....	47
Pozostałe zastosowania .....	47
Możliwe błędy .....	47
Oscylacje sygnału wyjściowego .....	47
Zamiana wejść .....	48
Niewłaściwy rodzaj chipu .....	48
Pominięcie rezystora podciągającego .....	48
Problemy związane z chipami CMOS .....	48
Niepewny poziom wyjściowy .....	48
Zamiana napięć .....	48
Histereza uzależniona od temperatury .....	48

<b>7. Wzmacniacz operacyjny</b> .....	<b>49</b>
Funkcja .....	49
Działanie .....	49
Dwa wejścia .....	50
Ujemne sprzężenie zwrotne .....	51
Wzmacniacze operacyjne a komparatory .....	52
Rodzaje .....	52
Wartości .....	52
Stosowanie .....	53
Zmiany wzmocnienia .....	53
Obliczanie wzmocnienia .....	54
Niepożądane wzmacnianie napięcia stałego .....	54
Filtr dolnoprzepustowy .....	55
Filtr górnoprzepustowy .....	55
Generator relaksacyjny .....	56
Zasilanie z jednego źródła .....	56
Kompensacja napięcia niezrównoważenia .....	57
Możliwe błędy .....	57
Problemy z zasilaniem .....	57
Niewłaściwe połączenia nieużywanych wyprowadzeń .....	57
Drgania napięcia wyjściowego .....	57
Nieświadoma zamiana wejść .....	58
<b>8. Potencjometr cyfrowy</b> .....	<b>59</b>
Funkcja .....	59
Zalety i wady .....	59
Działanie .....	60
Rodzaje .....	61
Pamięć ulotna i nieulotna .....	61
Charakterystyka .....	62
Przesyłanie danych .....	62
SPI .....	62
I <sup>2</sup> C .....	63
Up/Down .....	63
Inne systemy sterowania .....	64
Połączenia i tryby .....	64
Wartości .....	64
Stosowanie .....	65
Zwiększanie rozdzielczości .....	66
Możliwe błędy .....	66
Szum i niewłaściwy sygnał sterujący .....	66
Niewłaściwie dobrany typ potencjometru .....	66
Brak synchronizacji chipu i sterownika .....	67
Skutki nieliniowości .....	67
Zbyt szybkie przesłanie danych .....	67

<b>9. Timer</b> .....	<b>69</b>
Funkcja .....	69
Tryb monostabilny .....	69
Tryb astabilny .....	70
Działanie .....	70
Rodzaje .....	70
Timer 555 .....	70
Timer 555 w trybie monostabilnym .....	71
Timer 555 w trybie astabilnym .....	72
Timer 556 .....	73
Timer 558 .....	73
Timer 555 CMOS .....	74
Timer 5555 .....	74
Timer 7555 .....	74
Timer 7556 .....	74
Timer 4047B .....	75
Podwójne timery monostabilne .....	75
Wartości .....	76
Parametry timera 555 .....	76
Zależności czasowe w trybie monostabilnym .....	77
Zależności czasowe w trybie astabilnym .....	77
Podwójne timery monostabilne .....	77
Stosowanie .....	79
Timer 555 w trybie monostabilnym .....	79
Timer 555 w trybie astabilnym .....	80
Niezależne sterowanie czasami trwania wyjściowych stanów wysokich i niskich .....	80
Generator astabilny o współczynniku wypełnienia 50% — wersja 1. ....	81
Generator astabilny o współczynniku wypełnienia 50% — wersja 2. ....	81
Wykorzystanie pinu Control .....	81
Timer 555 jako przerzutnik .....	82
Histereza timera 555 .....	83
Timer 555 a kondensatory sprzęgające .....	84
Łączenie timera 555 z głośnikiem .....	84
Tryb krótkiej serii .....	84
Dźwięki do gry komputerowej .....	85
Możliwe błędy .....	86
Uszkodzony timer .....	86
CMOS zamontowany zamiast bipolara .....	86
Impuls nieskończenie długi .....	86
Niepewne działanie chipu .....	86
Współdziałanie z innymi elementami .....	87
Niepewne działanie urządzeń wyjściowych .....	87
Uszkodzenia powodowane przez obciążenia indukcyjne .....	87

<b>IO. Bramka logiczna</b> .....	<b>89</b>
Funkcja .....	89
Początki .....	89
Działanie .....	89
Inwersja .....	90
Bramki jednowejściowe .....	90
Bramki z więcej niż dwoma wejściami .....	91
Notacja Boole'a .....	92
Działania arytmetyczne .....	92
Pozostałe operacje .....	92
Rodzaje .....	93
Numery katalogowe .....	94
Rodziny .....	95
Współpraca chipów z różnych rodzin .....	96
Liczba bramek na chip .....	96
Dwa wejścia, jedna bramka .....	96
Trzy wejścia, jedna bramka .....	97
Jedna bramka wielofunkcyjna .....	97
Dwie bramki dwuwejściowe .....	97
Oryginalny 14-pinowy chip 74xx .....	98
Układ 74xx z czterema bramkami dwuwejściowymi .....	98
Układ 74xx z trzema bramkami 3-wejściowymi .....	99
Układ 74xx z dwiema bramkami 4-wejściowymi .....	99
Układ 74xx z jedną bramką 8-wejściową .....	100
Inwertery 74xx .....	101
Dodatkowe odmiany .....	102
Chipy z oryginalnej serii 4000 .....	102
Inwertery z serii 4000 .....	103
Stosowanie .....	103
Wybór rodziny .....	103
Rodzaje zastosowań .....	104
Możliwe błędy .....	105
Wyładowania elektrostatyczne .....	105
Piny „wiszące” .....	105
Niezgodności między modelami z różnych rodzin .....	105
Przeciążone wyjścia .....	105
Obniżony poziom napięcia wyjściowego .....	105
Niewłaściwa biegunowość i wartość napięcia .....	105
Wygięte piny .....	105
Niewyraźny sygnał wejściowy .....	105
Wejście analogowe .....	106



<b>II. Przerzutnik</b> .....	<b>107</b>
Funkcja .....	107
Działanie .....	107
Przerzutnik RS zbudowany z bramek NAND .....	108
Przerzutnik RS zbudowany z bramek NOR .....	110
Stany zabronione .....	110
Przerzutnik typu JK .....	112
Przerzutnik dwutaktowy (master-slave) .....	113
Przerzutniki typu D .....	114
Podsumowanie .....	115
Rodzaje .....	116
Obudowy .....	117
Wartości .....	117
Stosowanie .....	118
Możliwe błędy .....	119
Niejednoznaczna dokumentacja .....	119
Nieprawidłowe wyzwalanie .....	119
Metastabilność .....	119
Pozostałe problemy .....	119
<b>I2. Rejestr przesuwający</b> .....	<b>121</b>
Funkcja .....	121
Symbol graficzny .....	122
Działanie .....	122
Skróty i oznaczenia .....	123
Wyjścia i wejścia równoległe .....	123
Rodzaje .....	124
Wejście szeregowe, wyjście szeregowe (SISO) .....	124
Wejście szeregowe, wyjście równoległe (SIPO) .....	124
Wejście równoległe, wyjście szeregowe (PIPO) .....	125
Wejście równoległe, wyjście równoległe (PIPO) .....	125
Rejestr uniwersalny .....	125
Wartości .....	125
Zasilanie .....	126
Wyjście trzystanowe .....	126
Stosowanie .....	127
Wejścia podwójne .....	127
Wstępne wprowadzanie danych do rejestru przesuwającego .....	127
Odpytywanie klawiatury .....	128
Działania arytmetyczne .....	128
Buforowanie .....	128
Możliwe błędy .....	128
Myląca klasyfikacja .....	128
Niewłaściwy czas ustalania .....	129
Niepodłączone wejście .....	129
Problemy związane z aktywacją wyjścia .....	129
Pływająca magistrala wyjściowa .....	129

<b>13. Licznik</b>	<b>131</b>
Funkcja	131
Symbol elektryczny	131
Działanie	132
Pojemność i modulo	133
Oznaczenia pinów	133
Rodzaje	134
Liczniki asynchroniczne a synchroniczne	134
Liczniki pierścieniowe, binarne i BCD	134
Źródła sygnału zegarowego	135
Zbocza narastające i opadające	136
Chipy wielocłonowe	136
Liczniki pojedyncze i podwójne	136
Stan wysoki, stan niski i wyjścia trójstanowe	136
Zliczanie w dół	136
Liczniki programowalne	137
Przykłady	137
Wartości	137
Możliwe błędy	137
Blokada	137
Zakłócenia asynchroniczne	137
Szumy	138
<b>14. Enkoder</b>	<b>139</b>
Funkcja	139
Symbol schematyczny	139
Podobne urządzenia	140
Działanie	140
Rodzaje	141
Wartości	142
Stosowanie	142
Kaskady enkoderów	142
Możliwe błędy	143
<b>15. Dekoder</b>	<b>145</b>
Funkcja	145
Urządzenia wejściowe	146
Sterownik wyświetlacza LED	147
Symbol schematyczny	147
Podobne urządzenia	147
Działanie	148
Rodzaje	148
Wartości	149
Stosowanie	149

Możliwe błędy .....	149
Zakłócenia .....	149
Nieprzydatna klasyfikacja .....	149
Logiki stanów niskich i stanów wysokich .....	149

## **16. Multiplexer .....** **151**

Funkcja .....	151
Multiplexer zróżnicowany (grupowy) .....	152
Podobne urządzenia .....	152
Działanie .....	153
Symbol schematyczny .....	154
Oznaczenia pinów .....	154
Rodzaje .....	155
Wartości .....	155
Stosowanie .....	156
Uwagi dotyczące innych zastosowań .....	157
Możliwe błędy .....	157
Rezystory podciągające .....	157
Rozwieranie przed zwieraniem .....	157
Zniekształcenia sygnału .....	157
Ograniczenia przełączania przez tranzystory CMOS .....	157
Stany przejściowe .....	157

## **> ŹRÓDŁA ŚWIATŁA, WSKAŹNIKI I WYŚWIETLACZE** **>> ODBICIOWE**

## **17. LCD .....** **159**

Funkcja .....	159
Działanie .....	159
Rodzaje .....	160
Typy aktywne i pasywne .....	161
Rodzaje warstw ciekłokrystalicznych .....	161
Wyświetlacze 7-segmentowe .....	161
Wyświetlacze o większej liczbie segmentów .....	162
Wyświetlacze matrycowe .....	163
Kolor .....	166
Opcje podświetlenia .....	166
Wyświetlacze superoszczędne .....	167
Stosowanie .....	167
Moduły wyświetlacza numerycznego .....	167
Moduły wyświetlacza alfanumerycznego .....	168
Możliwe błędy .....	169
Wrażliwość na zmiany temperatury .....	169
Przesadne multipleksowanie .....	170
Podłączenie do prądu stałego .....	170
Niewłaściwy protokół komunikacyjny .....	170
Błędy w połączeniach .....	170

## >> ŹRÓDŁO POJEDYNCZE

<b>18. Żarówka</b> .....	<b>171</b>
Funkcja .....	171
Historia .....	172
Działanie .....	172
Widmo.....	173
Nieżarowe źródła światła .....	173
Zużycie energii.....	174
Rodzaje.....	175
Żarówki miniaturowe.....	175
Sygnalizatory panelowe .....	176
Halogeny i halogeny kwarcowe.....	176
Żarówki do piekarnika.....	176
Rodzaje trzonków .....	176
Wartości .....	177
Strumień świetlny .....	177
Natężenie oświetlenia.....	178
Światłość .....	178
MSCP .....	178
Skuteczność .....	178
Sprawność.....	179
Stosowanie .....	179
Zalety żarówek.....	179
Obniżenie parametrów roboczych .....	180
Możliwe błędy .....	180
Wysoka temperatura otoczenia .....	180
Ryzyko pożarowe .....	180
Udar prądowy.....	181
Problemy związane z wymianą .....	181
<b>19. Neonówka</b> .....	<b>183</b>
Funkcja .....	183
Działanie .....	183
Budowa.....	183
Jonizacja.....	184
Rezystancja ujemna .....	185
Stosowanie .....	186
Ograniczone natężenie światła .....	187
Sprawność.....	187
Odporność na warunki zewnętrzne .....	187
Testowanie obecności napięcia .....	188
Oczekiwana żywotność.....	188
Rodzaje.....	189
Lampy cyfrowe NIXIE.....	189
Możliwe błędy .....	189
Fałszywe wskazania .....	189

Gorsze działanie w ciemności .....	189
Przedwczesne wypalenie przy zasilaniu stałoprądowym .....	190
Przedwczesne wypalenie na skutek wahań napięcia .....	190
Wymiana .....	190
<b>20. Świetłówka .....</b>	<b>191</b>
Funkcja .....	191
Działanie .....	191
Statecznik i zapłonnik .....	192
Migotanie .....	193
Rodzaje .....	193
Świetłówki CCFL .....	194
Rozmiary .....	194
Wady i zalety .....	194
Wartości .....	195
Jasność .....	195
Widmo .....	195
Możliwe błędy .....	195
Niepewny zapłon .....	195
Migotanie zużytej świetłówki .....	195
Brak możliwości ściemniania .....	195
Wypalone elektrody .....	196
Ryzyko ekspozycji na ultrafiolet .....	196
<b>21. Laser .....</b>	<b>197</b>
Funkcja .....	197
Działanie .....	198
Dioda laserowa .....	198
Spójność światła .....	199
Rodzaje .....	201
Lasery CO <sub>2</sub> .....	201
Lasery światłowodowe .....	201
Lasery krystaliczne .....	201
Wartości .....	201
Stosowanie .....	202
Popularne zastosowania .....	202
Możliwe błędy .....	202
Ryzyko odniesienia obrażeń .....	202
Niewystarczające odprowadzanie ciepła .....	202
Niekontrolowane zasilanie .....	203
Biegunowość .....	203
<b>22. Wskaźnik LED-owy .....</b>	<b>205</b>
Funkcja .....	205
Symbole schematyczne .....	206
Powszechne zastosowania .....	206

Działanie .....	207
LED-y wielokolorowe i mieszanie barw .....	207
Rodzaje .....	207
Rozmiar i kształt .....	208
Światłość .....	208
Skuteczność świetlna .....	208
Rozpraszanie światła .....	209
Długość fali a temperatura barwowa .....	209
Rezystor wewnętrzny .....	210
LED-y wielokolorowe .....	210
Podczerwień .....	210
Nadfiolet .....	211
Wartości .....	211
Prąd przewodzenia .....	211
LED-y niskoprądowe .....	212
Napięcie przewodzenia .....	212
Współczynnik oddawania barw .....	212
Oczekiwana żywotność .....	212
Natężenie światła a ciepło .....	212
Kąt świecenia .....	213
Stosowanie .....	213
Biegunowość .....	213
Wartość rezystora szeregowego .....	214
LED-y połączone równolegle .....	214
LED-y połączone szeregowo .....	214
Porównanie z innymi źródłami światła .....	214
Pozostałe zastosowanie .....	214
Możliwe błędy .....	215
Nadmierne napięcie przewodzenia .....	215
Nadmierne natężenie prądu i ciepło .....	215
Problemy związane z przechowywaniem .....	215
Biegunowość .....	215
Rezystory wewnętrzne .....	215

## **23. Oświetlenie LED-owe .....** **217**

Funkcja .....	217
Koszty i wydajność w ujęciu historycznym .....	218
Symbol schematyczny .....	218
Działanie .....	219
Dostrzegalne różnice .....	220
Porównania bezpośrednie .....	221
Rozpraszanie ciepła .....	222
Skuteczność .....	222
Ściemnianie .....	222
Światło ultrafioletowe .....	222
Wariacje kolorystyczne .....	223
Rodzaje .....	223
Zalety żarówek .....	223

Wartości .....	225
Możliwe błędy .....	225
Niewłaściwe napięcie.....	225
Przegrzanie .....	225
Problemy ze statecznikami świetlówek.....	225
Niewłaściwe odwzorowywanie kolorów.....	226

## >> WYŚWIETLACZE

### 24. Wyświetlacz LED-owy ..... 227

Funkcja .....	227
Działanie .....	228
Rodzaje.....	228
Porównanie z LCD.....	228
Wyświetlacze 7-segmentowe .....	228
Wyświetlacze wielocyfrowe.....	229
Dodatkowe segmenty.....	230
Wyświetlacze matrycowe.....	231
Matryce pikselowe .....	231
Wyświetlacz słupkowy.....	232
Pojedynczy słupek LED-owy.....	232
Wartości .....	232
Stosowanie .....	232
Podstawy działania wyświetlacza 7-segmentowego .....	232
Chipy sterowników i multipleksing.....	233
Sterownik wyświetlacza 16-segmentowego .....	234
Moduły LED-owych wyświetlaczy matrycowych.....	234
Matryce pikselowe .....	235
LED-owa linijka świetlna.....	236
Jednocyfrowa matryca heksadecymalna .....	236
Możliwe błędy .....	237
Wspólna anoda zamiast wspólnej katody .....	237
Niewłaściwa rezystancja szeregową.....	237
Problemy z multipleksowaniem.....	237

### 25. Wyświetlacz fluorescencyjny ..... 239

Funkcja .....	239
Działanie .....	239
Katoda, siatka, anoda.....	239
Stosowanie .....	240
Zastosowania współczesne .....	241
Rodzaje.....	241
Kolor .....	241
Zestawy znaków i piktogramy .....	241
Porównanie z innymi rodzajami wyświetlaczy .....	242
Możliwe błędy .....	242
Utrata jasności .....	242

<b>26. Elektroluminescencja.....</b>	<b>243</b>
Funkcja .....	243
Działanie .....	243
Luminofory .....	244
Rodzaje.....	244
Panele .....	244
Elastyczne wstążki.....	245
Wąż świetlny .....	245
Wyświetlacze typu OLED .....	246

## > ŹRÓDŁA DŹWIĘKU

### >> GENERATORY

<b>27. Przetwornik elektroakustyczny.....</b>	<b>249</b>
Funkcja .....	249
Działanie .....	249
Rodzaje.....	250
Przetwornik elektromagnetyczny .....	250
Przetwornik piezoelektryczny.....	250
Przetwornik ultradźwiękowy.....	250
Obudowy .....	250
Wartości .....	251
Zakres częstotliwości .....	251
Ciśnienie akustyczne .....	251
Ważone wartości dźwiękowe .....	252
Wartości nieważone .....	253
Miejsce pomiaru .....	253
Ograniczenia.....	253
Napięcie .....	254
Prąd .....	254
Stosowanie .....	254
Dobór intensywności dźwięku .....	254
Sterowanie natężeniem dźwięku .....	254
Zasilanie zmiennoprądowe .....	254
Samoregulacyjny obwód przetwornika .....	254
Możliwe błędy .....	254
Przebiecia.....	254
Upływność.....	255
Problemy montażowe .....	255
Wilgoć.....	255
Pomylenie przetwornika z sygnalizatorem .....	255
Połączenie z mikrokontrolerem .....	255



<b>28. Sygnalizator dźwiękowy .....</b>	<b>257</b>
Funkcja .....	257
Działanie .....	257
Częstotliwość akustyczna .....	258
Historia .....	258
Rodzaje .....	258
Motywy dźwiękowe .....	258
Obudowy .....	258
Wartości .....	259
Napięcie .....	259
Prąd .....	260
Częstotliwość .....	260
Cykl pracy .....	260
Stosowanie .....	260
Dobór intensywności dźwięku .....	260
Sterowanie natężeniem dźwięku .....	260
Połączenia .....	260
Możliwe błędy .....	260

## >> ODTWARZACZE

<b>29. Słuchawki .....</b>	<b>261</b>
Funkcja .....	261
Działanie .....	261
Podstawy akustyki .....	261
Rodzaje .....	262
Ruchoma cewka .....	262
Inne rodzaje .....	263
Konstrukcje mechaniczne .....	264
Wartości .....	265
Moc .....	265
Charakterystyka częstotliwościowa .....	265
Zniekształcenia .....	266
Impedancja .....	266
Możliwe błędy .....	266
Przesterowanie .....	266
Uszkodzenie narządu słuchu .....	266
Niedopasowanie impedancji .....	266
Błędy w połączeniach .....	266

<b>30. Głośnik</b> .....	<b>267</b>
Funkcja .....	267
Działanie .....	267
Budowa .....	267
Zestawy głośnikowe .....	269
Wentylacja .....	269
Rezonans .....	270
Głośniki miniaturowe .....	270
Rodzaje .....	270
Głośniki elektrostatyczne .....	270
Głośniki ze wzmacniaczem .....	270
Głośniki bezprzewodowe .....	271
Konstrukcje innowacyjne .....	271
Wartości .....	271
Możliwe błędy .....	272
Uszkodzenie głośnika .....	272
Pole magnetyczne .....	272
Wibracje .....	272
O autorach .....	273
<b>Skorowidz</b> .....	<b>275</b>

# SCR



Skrót SCR oznacza *krzemowy prostownik sterowany* (*silicon-controlled rectifier*), który jest *tyrystorem* przełączanym prądem bramki. W tym kontekście tyrystor definiuje się jako półprzewodnik, który zawiera co najmniej cztery naprzemiennie ułożone warstwy typu P i N. Ze względu na to, że jest poprzednikiem układów scalonych, a jego podstawowa postać składa się z jednego półprzewodnika wielowarstwowego, w niniejszej *Encyklopedii* tyrystor uznaje się za komponent dyskretny. Jeśli w jednej obudowie połączy się tyrystor z innymi podzespołami (jak na przykład w **przełączniku półprzewodnikowym**), będzie wtedy uznawany za układ scalony.

Do innych rodzajów tyrystorów należą **diak** i **triak**, z których każdy został opisany w oddzielnym rozdziale.

Odmiany tyrystorów, które nie są powszechnie stosowane, takie jak *tyrystor wyłączany prądem bramki* (*GTO* — ang. *gate turn-off thyristor*) czy *krzemowy przełącznik sterowany* (*SCS* — ang. *silicon-controlled switch*), nie zostały tutaj opisane.

## INNE POWIĄZANE PODZESPOŁY:

- **diak** (rozdział 2.),
- **triak** (rozdział 3.).

## Funkcja

W latach 20. ubiegłego wieku powstał *tyratron* — lampa gazowana pełniąca funkcje przełącznika i prostownika. W 1956 roku firma General Electric wprowadziła na rynek jego półprzewodnikową wersję pod nazwą *tyrystor*. W obu przypadkach nazwy pochodzą od tarczycy (po łacinie *thyroidea*) znajdującej się w organizmie człowieka, która jest gruczołem kontrolującym zużycie energii. Analogicznie tyratron wraz ze swoim następcą, tyrystorem, pozwalają kontrolować duże przepływy prądu elektrycznego.

**SCR**, czyli krzemowy prostownik sterowany, jest rodzajem tyrystora, choć oba te pojęcia są często używane jako synonimy. Opisy, które w sposób swobodny odnoszą się do tyrystora, mogą w rzeczywistości dotyczyć SCR-a i na odwrót. W tej *Encyklopedii* SCR-y, **diaki** i **triaki** są uważane za odmiany tyrystora.

SCR jest przełącznikiem półprzewodnikowym, który w wielu przypadkach może przewodzić prądy o dużych natężeniach przy wysokich napięciach.

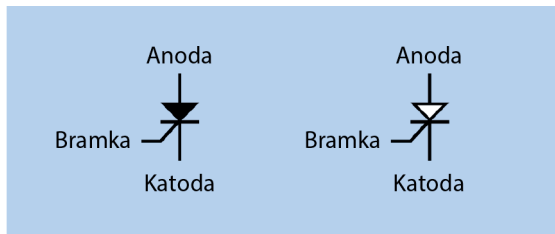
Podobnie jak  **tranzystor bipolarny**, jest wyzwalany napięciem przykładanym do bramki. W przeciwieństwie do tranzystora jednak umożliwia kontynuowanie przepływu prądu również wtedy, gdy napięcie bramki zmaleje do zera.

## Działanie

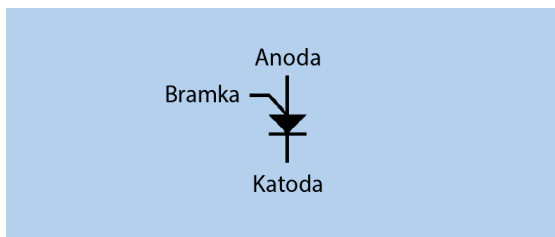
Element ten przewodzi prąd tylko w jednym kierunku. Jeśli przy odwrotnej polaryzacji napięcie przekroczy *próg przebicia*, zostanie wymuszone przewodzenie prądu w przeciwnym kierunku, ale takie działanie grozi trwałym uszkodzeniem SCR-a.

Dla porównania — diaki i triaki są dwukierunkowe.

SCR ma trzy końcówki nazywane *anodą*, *katodą* i *bramką*. Na rysunku 1.1 pokazano dwie tożsame pod względem funkcjonalnym wersje symbolu graficznego. Dawniej symbol ten był czasami otaczany okręgiem, ale takie oznaczenie nie jest już stosowane. Należy uważać, aby nie pomylić symbolu tyrystora z symbolem **programowalnego tranzystora jednozłączowego** (PUT), który pokazano na rysunku 1.2.



**Rysunek 1.1.** Dwa tożsame pod względem funkcjonalnym symbole SCR-a (krzemowego prostownika sterowanego); częściej stosowany jest symbol przedstawiony po lewej stronie



**Rysunek 1.2.** Symbol pokazany na tym rysunku oznacza programowalny tranzystor jednozłączowy (PUT); można go łatwo pomylić z symbolem oznaczającym tyrystor typu SCR

## Działanie przełączające

Gdy SCR jest w stanie pasywnym, czyli nieprzewodzącym, wówczas blokuje przepływ prądu między anodą a katodą w obu kierunkach, aczkolwiek zwykle występuje wtedy bardzo niewielki *prąd upływu*. Gdy zostanie włączony przez podanie dodatniego napięcia na bramkę, zaczyna przewodzić prąd od anody do katody. Przepływ w przeciwnym kierunku nadal jest blokowany. Gdy natężenie przepływu osiągnie poziom nazywany *prądem załączenia*, przepływ będzie kontynuowany nawet wtedy, gdy napięcie wyzwalające zmaleje do zera. Takie działanie powoduje, że prostownik można określić mianem urządzenia *zachowawczego*.

Jeśli przy napięciu bramki równym zero natężenie prądu przepływającego między anodą a katodą zacznie maleć, przepływ ten będzie kontynuowany (również poniżej poziomu załączania) do momentu, gdy wartość natężenia spadnie poniżej poziomu nazywanego *prądem podtrzymania*. Wtedy przepływ zostanie wyłączony. Tak więc jedynym sposobem na zakończenie przepływu prądu przez tyrystor jest znaczne obniżenie natężenia lub próba zmiany kierunku przepływu.

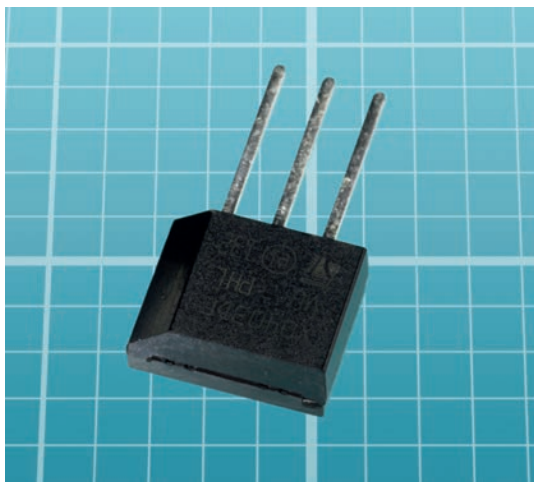
Należy zauważyć, że zachowawczość w sensie samopodtrzymywania się dotyczy tylko prądu, a nie napięcia.

W przeciwieństwie do tranzystora tyrystor SCR jest albo „włączony” albo „wyłączony” i nie pełni funkcji *wzmacniacza prądowego*. Podobnie jak dioda służy do przewodzenia prądu tylko w jednym kierunku — stąd termin *prostownik* w jego pełnej nazwie. Po jego załączeniu impedancja między anodą a katodą jest wystarczająco niska, aby ograniczać wydzielanie ciepła nawet przy wysokich poziomach przekazywanej mocy.

Zdolność tyrystorów SCR do przewodzenia prądu o stosunkowo dużych wartościach sprawia, że znajdują one zastosowanie jako elementy sterujące zasilaniem silników i oporowych elementów grzewczych. Dodatkowo dzięki szybkiemu przełączaniu mogą przerywać i ograniczać dodatnie połówki prądu AC, redukując w ten sposób uśrednioną dostarczaną moc. Takie działanie nosi nazwę *regulacji fazowej*.

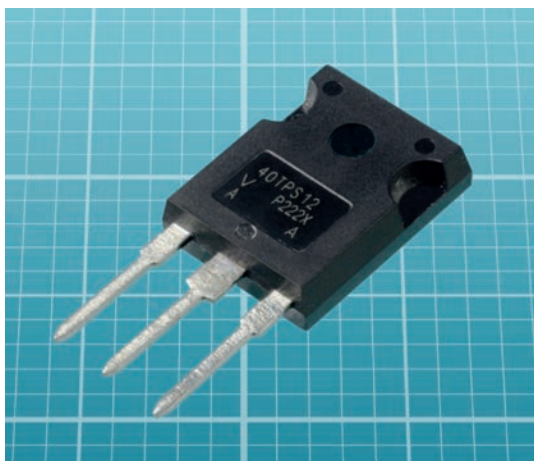
SCR-y mogą służyć również jako zabezpieczenie przeciwprzepięciowe.

Obudowy SCR-ów mają postać zależną od zakresu napięć i natężeń prądu. Na rysunku 1.3 pokazano tyrystor SCR przystosowany do prądu w stanie włączenia na poziomie 4 A RMS (tzn. wartości skutecznej natężenia prądu przemienne). Do jego zastosowań należą między innymi rozruch niewielkich silników oraz ochrona nadnapięciowa, która jest realizowana poprzez zwarcie linii zasilania bezpośrednio do masy (zabieg podobny do zwarcia kluczem zacisków akumulatora samochodowego, tyle że niekoniecznie z takimi samymi efektami). Patrz rysunek 1.15.



**Rysunek 1.3.** Tyrystor SCR o znamionowym powtarzalnym napięciu w stanie wyłączenia 400 V przy prądzie nie większym niż 4 A RMS

Na rysunku 1.4 pokazano tyrystor SCR, który wytrzymuje powtarzalne napięcie szczytowe w stanie wyłączenia równe 800 V i może przewodzić prąd o natężeniu skutecznym 55 A. Do jego możliwych zastosowań należą prostowanie prądu przemiennego, ochrona nadnapięciowa, spawanie i ładowanie akumulatorów. Element widoczny na rysunku 1.5 ma natężenie znamionowe 25 A i powtarzalne napięcie w stanie wyłączenia wynoszące 50 V. Ocenę rozmiarów elementów ułatwia siatka stanowiąca tło prezentowanych zdjęć — odstęp między liniami wynosi 2,54 mm.



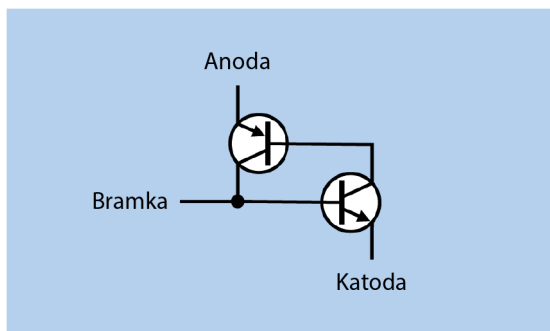
**Rysunek 1.4.** Tyrystor SCR o znamionowym powtarzalnym napięciu w stanie wyłączenia 800 V i prądzie nie większym niż 55 A RMS



**Rysunek 1.5.** SCR w obudowie śrubowej o znamionowym powtarzalnym napięciu w stanie wyłączenia wynoszącym 50 V i prądzie nie większym niż 25 A RMS

## Konfiguracja wewnętrzna

Pod względem działania SCR można porównać do pary tranzystorów NPN i PNP połączonych tak jak na rysunku 1.6. Zgodnie z tym uproszczonym schematem zastępczym jak długo do przewodu „bramkowego” przykładane jest napięcie zerowe, tak długo dolny tranzystor (NPN) pozostaje w stanie nieprzewodzenia. W rezultacie tranzystor górny (PNP) nie może pobierać prądu, a tym samym jest elementem nieprzewodzącym.

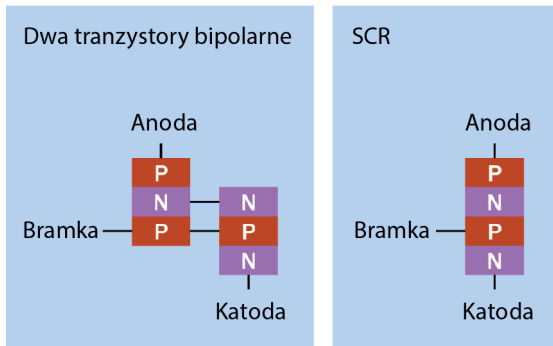


**Rysunek 1.6.** Tyrystor typu SCR działa podobnie do połączonych ze sobą tranzystorów NPN i PNP

Po przyłożeniu napięcia do „bramki” dolny tranzystor zaczyna pobierać prąd z tranzystora górnego i tym samym przełącza go w tryb przewodzenia. Teraz obydwa tranzystory przewodzą prąd i dzieje się tak nawet po odłączeniu

zasilania od „bramki”, ponieważ oba elementy tworzą pętlę dodatniego sprzężenia zwrotnego.

Na rysunku 1.7 pokazano te same dwa tranzystory w uproszczonym układzie warstw krzemowych typu P i typu N (po lewej) oraz ich ułożenie w tyrystorze SCR (po prawej). Choć rzeczywista konfiguracja warstw krzemowych nie jest tak prosta ani tak liniowa, jak pokazano na tej grafice, tyrystor SCR można całkiem poprawnie określić jako element PNPN.

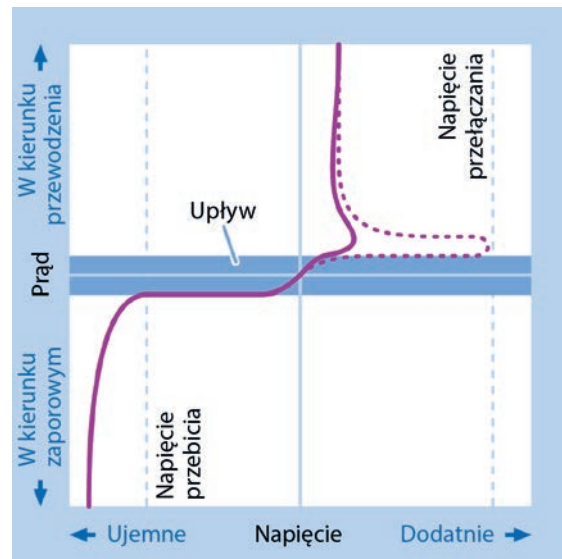


**Rysunek 1.7.** Dwa tranzystory z poprzedniego rysunku jako układ dwóch stosów warstw krzemowych typu P i N; układ warstw po prawej stronie odpowiada budowie tyrystora SCR

Tyrystor SCR można porównać do elektromagnetycznego *przełącznika zatrzaskowego*. Tyrystor działa jednak o wiele szybciej i bardziej niezawodnie.

## Napięcia przebicia i przełączania

Wykres zamieszczony na rysunku 1.8 ilustruje działanie hipotetycznego SCR-a. Można go porównać z wykresem ilustrującym funkcjonowanie **diaka** (rysunek 2.5) i **triaka** (rysunek 3.10). Na początku, gdy napięcie pomiędzy anodą a katodą jest zerowe, nie występuje przepływ prądu (środek wykresu). Jeśli do anody przyłożymy zwiększające się napięcie ujemne względem katody (tzn. będziemy próbowali zmusić prostownik do przewodzenia prądu ujemnego), wówczas pojawi się tylko niewielki prąd upływu objęty obszarem w kolorze ciemnoniebieskim (narysowanym bez zachowania należytej skali). Gdy napięcie osiąga *wartość przebicia*, następuje gwałtowny spadek impedancji tyrystora, w wyniku czego dochodzi do udarowego przepływu prądu, a to zazwyczaj prowadzi do uszkodzenia elementu.



**Rysunek 1.8.** Linia ciągła oznacza prąd przepływający między anodą a katodą hipotetycznego tyrystora przy zmieniających się napięciach; przewodzenie prądu rozpoczyna się po przyłożeniu napięcia do bramki; krzywa oznaczona linią przerywaną oznacza sytuację, w której do bramki nie przyłożono napięcia wyzwalającego

W drugim przypadku, gdy do anody przyłożymy rosnące napięcie dodatnie, możliwe są dwa rezultaty. Wariant pokazany linią przerywaną pojawia się wtedy, gdy bramka ma taki sam potencjał jak katoda. Widać wtedy niewielki prąd upływu występujący do momentu, gdy potencjał na anodzie osiągnie wartość *przełączania*, kiedy to SCR odblokowuje się i umożliwia przepływ prądu o dużym natężeniu. Przepływ ten jest kontynuowany nawet po zmniejszeniu napięcia.

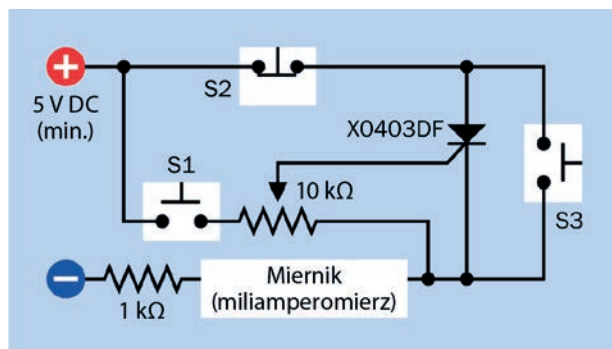
W praktyce SCR ma reagować na dodatnie napięcie przyłożone do bramki. Wtedy działa w sposób zilustrowany linią ciągłą w prawej górnej ćwiartce rysunku 1.8. Tyrystor zaczyna przewodzić prąd bez konieczności przekroczenia napięcia przełączania na anodzie.

- W przypadku stosowania zgodnego z przeznaczeniem tyrystor SCR nie powinien osiągnąć poziomów napięcia przebicia ani napięcia przełączania.

## Demonstracja działania tyrystora SCR

Przycisk S1 pokazany na schemacie z rysunku 1.9 podaje napięcie na bramkę SCR-a, który przechodzi wtedy w stan

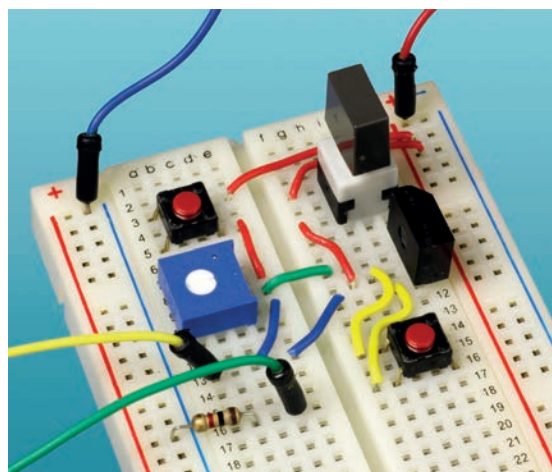
samopodtrzymującego się przewodzenia prądu. Po zwolnieniu tego przycisku miernik będzie pokazywał, że między anodą a katodą nadal przepływa prąd. Model X0403DF tyrystora zastosowanego w tym obwodzie charakteryzuje się prądem podtrzymania 5 mA, który przy zasilaniu 5 V DC można uzyskać, jeśli w obwodzie będzie zainstalowany rezystor 1 k $\Omega$ . W razie potrzeby rezystancję można zmniejszyć do 680  $\Omega$ .



**Rysunek 1.9.** W obwodzie testowym przycisk S1 wyzwalają tyrystor, natomiast przyciski S2 i S3 wyłączają go; dodatkowe informacje można znaleźć w tekście

Po naciśnięciu przycisku S2 przepływ prądu zostaje przerwany. Zwolnienie tego przycisku nie spowoduje wznowienia przepływu. Podobnie, jeśli naciśnięty zostanie przycisk S3 w stanie, gdy SCR przewodzi prąd, przepływ zostanie przekierowany obok tyrystora, a po zwolnieniu przycisku przepływ przez SCR nie zostanie wznowiony. Widać więc, że tyrystor SCR można wyłączyć albo za pomocą połączanego z nim szeregowo przycisku normalnie zamkniętego (który przerwie przepływ prądu), albo za pomocą połączanego równolegle przycisku normalnie otwartego (który przekieruje przepływ prądu).

Obwód testowy zmontowano na płytce prototypowej pokazanej na rysunku 1.10. Widoczne na zdjęciu przewody niebieski i czerwony zapewniają zasilanie na minimalnym poziomie 5 V DC; dwa czerwone przyciski to przełączniki migowe; ten u góry po lewej stronie to przycisk S1 ze schematu, a ten na dole po prawej to S3. Duży przełącznik z prostokątnym klawiszem (w prawym górnym rogu zdjęcia) to S2 — normalnie zamknięty i otwierany po naciśnięciu. Tyrystor X0403DF znajduje się tuż pod nim, nieco na prawo. Niebieski kwadrat to potencjometr nastawny ustawiony na połowę zakresu.



**Rysunek 1.10.** Płytkę prototypową z obwodem testowym tyrystora SCR; dwa czerwone przyciski to na schemacie S1 i S3, natomiast duży prostokątny przycisk u góry po prawej to S2; szczegółowe informacje są zawarte w tekście

## Zastosowania w obwodach prądu przemiennego

W obwodzie prądu przemiennego SCR blokuje przepływ podczas każdej ujemnej fazy przebiegu i jest wyzwalany podczas każdej fazy dodatniej. Takie działanie podpowiada jedno z jego głównych zastosowań — jako sterowanego prostownika, który działa wystarczająco szybko, aby ograniczać wielkość przepływającego prądu.

## Rodzaje

SCR-y są oferowane w obudowach przystosowanych zarówno do montażu powierzchniowego, jak i przewlekane, oraz w obudowach śrubowych. Wersja zależy od obsługiwanych napięć i natężeń prądu. Niektóre tyrystory do zastosowań specjalnych mogą sterować prądami o natężeniach rzędu kilkuset amperów, natomiast układy SCR o dużej mocy mogą przełączać prądy rzędu tysięcy amperów przy napięciach przekraczających 10 000 V w sieciach elektroenergetycznych. Są to jednak zbyt specjalistyczne elementy i dlatego nie zostały opisane w niniejszej *Encyklopedii*.

Typowe wartości znamionowe tyrystorów SCR ogólnego przeznaczenia podsumowano w następnym punkcie.

## Wartości

Każdy tyrystor SCR wprowadza spadek napięcia w kierunku przewodzenia, który zazwyczaj wynosi od 1 V do 2 V, w zależności od konkretnego modelu.

Ponieważ SCR-y często stosuje się do modyfikowania przebiegów AC, prąd przewodzony przez ten element zwykle wyraża się przez podawanie wartości skutecznej (RMS).

### Powszechnie używane skróty

- UDRM — maksymalne powtarzalne napięcie przewodzenia, które można przyłożyć do anody, gdy bramka jest pod napięciem zerowym (tzn. gdy SCR jest w stanie nieprzewodzenia).
- URRM — maksymalne powtarzalne napięcie wsteczne, które można przyłożyć do anody, gdy bramka jest pod napięciem zerowym (tzn. gdy element SCR jest w stanie nieprzewodzenia).
- UTM — maksymalne napięcie w stanie włączenia, gdy prostownik jest w trybie przewodzenia. Litera T oznacza, że wartość ta jest zależna od temperatury.
- UGM — maksymalne napięcie na bramce (w kierunku przewodzenia).
- UGT — minimalne napięcie bramki wymagane do wyzwolenia.
- UGD — maksymalne napięcie bramki, które nie spowoduje wyzwolenia.
- IDRМ — powtarzalne szczytowe natężenie blokowania w kierunku przewodzenia (tzn. maksymalny prąd upływu).
- IRRM — powtarzalne szczytowe natężenie blokowania w kierunku zaporowym (tzn. prąd upływowy w stanie wyłączenia).
- IGM — maksymalny prąd przewodzenia bramki.
- IT (RMS) — maksymalne natężenie skuteczne (RMS) prądu płynącego między anodą i katodą, gdy SCR jest w stanie przewodzenia. Litera T oznacza, że wartość ta jest zależna od temperatury.
- IT (AV) — maksymalne średnie natężenie prądu płynącego między anodą i katodą, gdy SCR jest w stanie

przewodzenia. Litera T oznacza, że wartość ta jest zależna od temperatury.

- IGT — maksymalny prąd bramki wymagany do wyzwolenia.
- IH — typowy prąd podtrzymania.
- IL — maksymalny prąd złączenia.
- TC — temperatura obudowy, zwykle podawana jako zakres dopuszczalnych wartości.
- TJ — robocza temperatura złącza, zwykle podawana jako zakres dopuszczalnych wartości.

Modele przeznaczone do montażu powierzchniowego mogą tolerować maksymalne natężenia prądu między anodą a katodą wynoszące zazwyczaj od 1 A do 10 A. W niektórych obudowach dopuszczalne napięcia mogą wynosić nawet 500 V. Upływ w stanie wyłączenia może mieścić się w zakresie od 5  $\mu$ A do 0,5 mA. Napięcie bramki wyzwalamy SCR-a najczęściej wynosi od 0,8 do 1,5 V, a prąd wyzwalamy — od 0,2 mA do 15 mA.

Wersje przystosowane do montażu przewlekane mogą mieć obudowę TO-92 (podobnie jak tranzystory dyskretne) lub, znacznie częściej — obudowę TO-220 (podobnie jak typowy stabilizator napięcia 1 A). Ich znamionowe natężenie maksymalne, w zależności od elementu, może wynosić od 5 A do 50 A przy napięciach maksymalnych w zakresie od 50 V do 500 V. Prąd upływu ma wartości podobne jak w przypadku wersji do montażu powierzchniowego. Napięcie wyzwalamy bramki wynosi zwykle około 1,5 V, a prąd wyzwalamy mieści się z reguły w zakresie od 25 mA do 50 mA.

SCR w obudowie śrubowej charakteryzuje się natężeniem znamionowym od 50 A do 500 A, choć istnieją modele tolerujące znacznie wyższe natężenia. Maksymalne napięcia w takich wersjach wynoszą od 50 V do 500 V. Prąd upływu z reguły może być większy niż przy innych obudowach i typowe wartości wynoszą od 5 mA do 30 mA. Napięcie wyzwalamy bramki wynosi zwykle od 1,5 V do 3 V, a prąd wyzwalamy mieści się w zakresie od 50 mA do 200 mA.



## Stosowanie

Choć zakres zastosowań tyrystora SCR jest szeroki, w praktyce największe znaczenie mają dwa obszary:

- Regulacja fazowa, która polega na przerywaniu poszczególnych dodatnich faz napięcia zasilania AC. W ten sposób można regulować prędkość silnika lub ciepło generowane przez obciążenie oporowe.
- Zabezpieczenie nadnapięciowe. Pozwala chronić czułe elementy obwodu zasilanego prądem stałym.

SCR-y często stosuje się w przerywaczach ziemnozwarciowych (choć zwykle nie jako elementy dyskretne) oraz w samochodowych układach zapłonowych.

## Regulacja fazowa

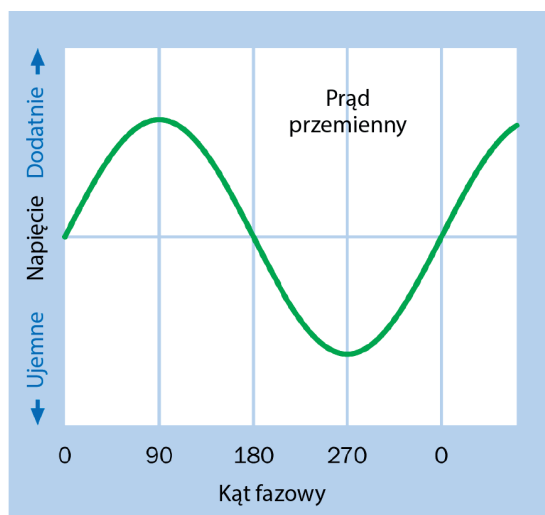
Regulacja fazowa to wygodna metoda sterowania lub ograniczania napięcia AC przez obcinanie poszczególnych impulsów przebiegu prądu przemiennego. Proces ten polega na ustawianiu napięcia bramki w taki sposób, aby prostownik SCR blokował pierwszą część każdej fazy dodatniej, następnie przewodził pozostałą jej część i ponownie blokował przewodzenie, gdy natężenie spadnie poniżej wartości podtrzymania. SCR będzie też blokować przepływ wsteczny przy ujemnej fazie przebiegu AC, ale do obwodu dodać można dodatkowy moduł SCR o przeciwnej polaryzacji.

Takie rozwiązanie jest formą *modulacji szerokości impulsu*. Cechuje się wysoką wydajnością, ponieważ skuteczna rezystancja wewnętrzna prostownika jest albo bardzo wysoka, albo bardzo niska, a sam podzespół nie generuje istotnych strat energii w postaci ciepła.

Na wykresie ilustrującym napięcie zmieniające się okresowo zgodnie z przebiegiem prądu przemiennego jeden okres podzielono na cztery etapy: (1) napięcie zerowe, (2) maksymalne napięcie dodatnie, (3) napięcie zerowe, (4) maksymalne napięcie ujemne. Wszystkie pomiary są wykonywane między fazowym zaciskiem zasilacza a zaciskiem neutralnym.

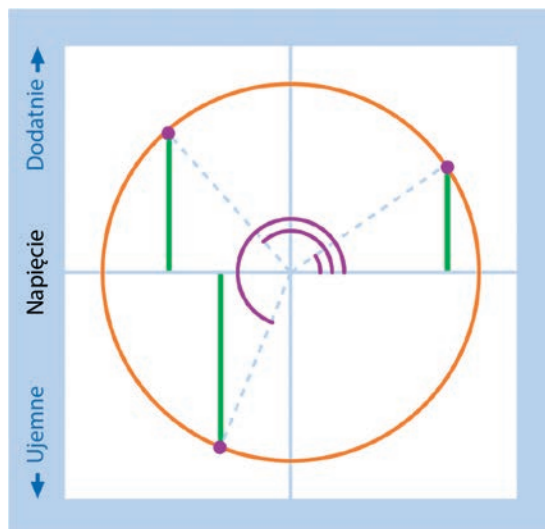
Następnie cykl jest powtarzany. Przejścia przez poszczególne etapy określa się mianem *kątów fazowych* wynoszących, odpowiednio, 0, 90, 180 i 270 stopni (patrz rysunek 1.11).

Okresowo zmienne napięcie zasilacza sieciowego jest proporcjonalne do sinusa kąta fazowego. Zależność tę zilustrowano



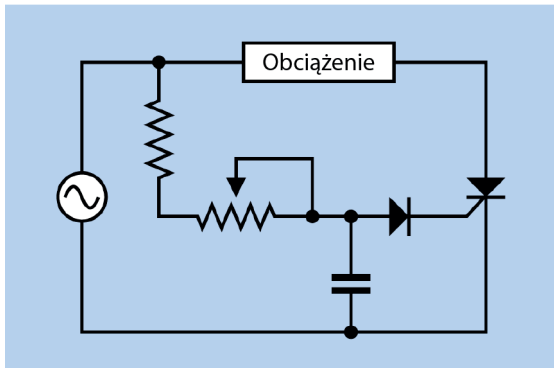
Rysunek 1.11. Napięcie AC w zależności od kąta fazowego

na rysunku 1.12. Jeśli wyimaginowany punkt (pokazany fioletową kropką) porusza się ze stałą prędkością po okręgu w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara, to jego odległość pionowa (kolor zielony) od osi X (oś pozioma) może reprezentować napięcie AC odpowiadające kątowi (fioletowy łuk) pomiędzy prawą częścią osi X a promieniem poprowadzonym ze środka okręgu do danego punktu.



Rysunek 1.12. Okresowo zmienne napięcie zasilacza sieciowego (pokazane pionowymi liniami w kolorze zielonym) jest proporcjonalne do sinusa kąta (fioletowy łuk); kąt ten nosi nazwę kąta fazowego

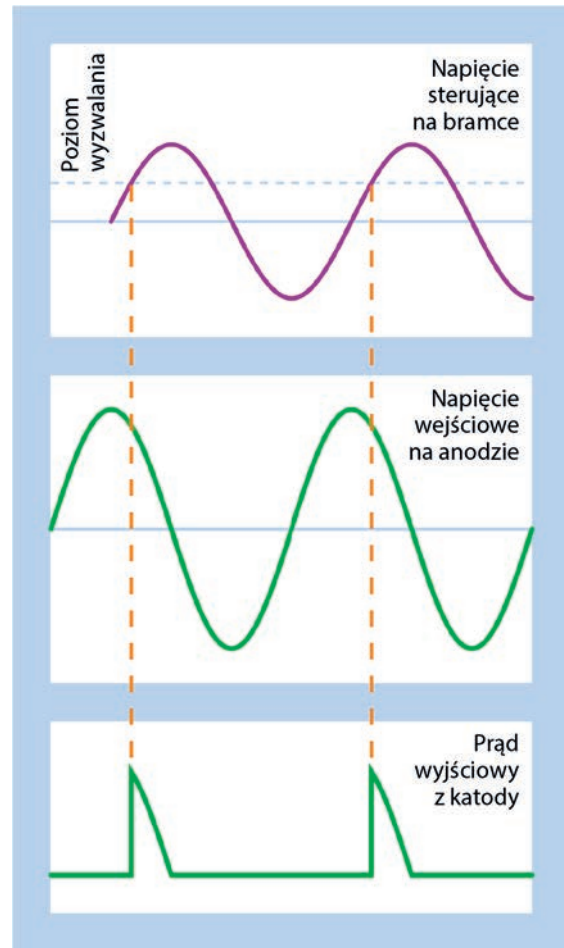
Gdy SCR jest używany do regulacji fazowej, punkt, w którym rozpoczyna przewodzić prąd, może mieścić się w dowolnym zakresie od  $0^\circ$  do niemal  $180^\circ$ . Jest to możliwe dzięki przekierowaniu niewielkiej ilości prądu AC do obwodu RC podłączonego do bramki prostownika SCR tak, jak na rysunku 1.13. Układ RC zapewnia opóźnienie, którym można sterować za pomocą potencjometru. W ten sposób prostownik SCR może zostać wyzwolony nawet po szczytowej wartości sygnału AC. Na rysunku 1.14 krzywą zasilania AC pokazano na środkowym wykresie (kolor zielony), natomiast górna, fioletowa krzywa przedstawia wykres nieco opóźnionego i odpowiednio zmniejszonego napięcia bramkowego. Gdy napięcie na bramce wzrośnie do poziomu wyzwalańia, prostownik SCR zaczyna przewodzić prąd, generując sygnał wyjściowy pokazany do dolnym wykresie. W ten sposób można wyzwalać przepływ prądu przy dowolnym kącie fazowym AC z zakresu od  $0^\circ$  do niemal  $180^\circ$ . Kąt fazowy, przy którym prostownik SCR zaczyna przewodzić prąd, nazywa się *kątem przewodzenia*.



**Rysunek 1.13.** Na tym schemacie prostownik SCR służy do regulacji fazowej prądu przepływającego przez obciążenie

Jeśli połączymy ze sobą równolegle dwa prostowniki SCR o przeciwnej polaryzacji, mogą one posłużyć do regulacji fazowej w obu półoknach — dodatniej i ujemnej — okresowego przebiegu prądu przemiennego. Taki układ stosuje się w urządzeniach zasilanych dużymi prądami. W urządzeniach pracujących przy niższych prądach to samo można osiągnąć za pomocą **triaka**.

Do sterowania zasilaniem trójfazowym można użyć sześciu prostowników SCR.



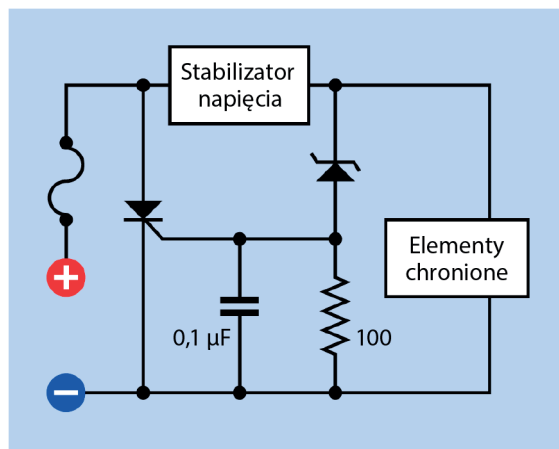
**Rysunek 1.14.** Jeśli napięcie zasilania AC przyłożone do anody prostownika SCR (wykres środkowy) zostanie nieco opóźnione przez układ RC (wykres górny), może wyzwolić prostownik dopiero pod koniec dodatniej półokwy przebiegu AC (wykres dolny)

## Zabezpieczenie nadnapięciowe

Zdolność tyrystora do przewodzenia prądów o wysokich natężeniach sprawia, że nadaje się on do stosowania jako element wykonawczy w obwodzie tyrystorowego zabezpieczenia nadnapięciowego (w układzie typu *crowbar*).

Tyrystor SCR w układzie pokazanym na rysunku 1.15 nie przewodzi prądu (z wyjątkiem prądu upływowego o niewielkim natężeniu) do momentu, gdy dioda Zenera wykryje napięcie przekraczające maksymalny poziom uznawany za bezpieczny. Wtedy dioda zezwala na pojawienie się napięcia na

bramce prostownika. Jego impedancja natychmiast spada, a powstały w rezultacie udar prądowy powoduje zadziałanie bezpiecznika. Po wyeliminowaniu przyczyny skoku napięcia można wymienić bezpiecznik i ponownie włączyć obwód.



**Rysunek 1.15.** Schemat zastosowania SCR-a jako zabezpieczenia nadnapięciowego chroniącego podzespoły wrażliwe na przepięcia

W obwodzie znajduje się kondensator, dzięki któremu nagłe skoki napięcia zasilania będą odprowadzane do masy bez wyzwalań tyrystora. Rezystor o wartości około 100 Ω gwarantuje, że w normalnych warunkach napięcie na bramce pozostaje bliskie zera. Gdy dioda Zenera zaczyna przewodzić prąd, rezystor wraz z nią tworzy dzielnik napięcia i podaje część wyjściowego napięcia na bramkę.

Obwód ten może nie być odpowiedni do zasilaczy niskonapięciowych, ponieważ dioda Zenera musi być dobrana w taki sposób, aby niewielkie wahania napięcia nie powodowały jej aktywacji. Należy pamiętać, że rzeczywiste napięcie wyzwalające diody może mieścić się w zakresie  $\pm 5\%$  jego wartości znamionowej, a to oznacza, że dla obwodu 5 V należałoby wybrać diodę 6 V, której aktywacja w rzeczywistości mogłaby nastąpić dopiero po wystąpieniu napięcia 6,5 V, a to może być niewystarczające do ochrony zasilanych podzespołów.

## Możliwe błędy

Podobnie jak inne elementy półprzewodnikowe, także tyrystory są podatne na niekorzystne działanie nadmiernej ciepła. Należy więc przedsięwziąć standardowe środki zapewniające odpowiednią wentylację i odprowadzanie

ciepła, zwłaszcza wtedy, gdy elementy są przenoszone z otwartej płytki prototypowej do zamkniętej obudowy o dużym stopniu upakowania.

## Niespodziewane wyzwolenie wywołane ciepłem

Dane techniczne zawierają wartości prądu wyzwalającego oraz prądu podtrzymania, które obowiązują jedynie w zalecanym zakresie temperatur. Gromadzące się ciepło może wywołać nieoczekiwane wyzwolenie tyrystora.

## Niespodziewane wyzwolenie wywołane napięciem

Bardzo szybki wzrost napięcia przewodzenia na anodzie może wskutek sprzężenia pojemnościowego wywołać wzrost napięcia na bramce. W rezultacie może dojść do samoczynnego wyzwolenia SCR-a bez przykładania zewnętrznego napięcia do bramki. Takie zjawisko nazywa się czasami *wyzwalaniem  $dv/dt$* . W razie potrzeby do wejścia anody można podłączyć obwód tłumiący, który będzie zapobiegać gwałtownym zmianom napięcia.

## Pomylenie wartości znamionowych dla prądów AC i DC

Natężenie prądu tyrystora w stanie włączenia jest uśredniane jedynie na szerokości każdego rzeczywistego przewodzonego impulsu. Nie jest uśredniane dla całego okresu AC i różni się także od wartości znamionowej dla prądu stałego. Należy zatem zwrócić szczególną uwagę, aby dopasować parametry znamionowe elementu do warunków, w których rzeczywistie ma pracować.

## Prąd maksymalny a kąt przewodzenia

Zdolność do przewodzenia prądu jest w dużym stopniu uzależniona od współczynnika wypełnienia impulsów, które mają być obcinane. Przy kącie przewodzenia  $120^\circ$  tyrystor może poradzić sobie nawet z dwukrotnie większym prądem niż przy kącie  $30^\circ$ . W specyfikacjach technicznych powinny znajdować się wykresy ilustrujące tę zależność. Jeśli SCR zostanie dobrany do dużego kąta przewodzenia, który następnie zostanie zmniejszony, może dojść do przegrzania elementu i w konsekwencji do jego uszkodzenia.

## Niewłaściwa interpretacja symboli

Podczas czytania schematów może dojść do pomyłek wynikających z niewłaściwego odróżnienia symbolu oznaczającego **programowalny tranzystor jednozłączowy** od symbolu SCR-a. Charakterystykę tranzystora PUT zamieszczono w 1 tomie *Encyklopedii*.

## B

bramka logiczna, 89 *Patrz także*  
chip logiczny, przerzutnik  
1-wejściowa, 90  
2-wejściowa, 96–98, 102  
3-wejściowa, 97, 98  
4-wejściowa, 99, 100, 103  
8-wejściowa, 100, 103  
AND, 46  
dowolna liczba wejść, 91  
działania arytmetyczne, 92  
działanie, 89  
inwersja, 90  
inwertery, 101, 104  
NAND, 109  
NOR, 110  
operacje, 92  
symbol, 90  
wielofunkcyjna, 97

## C

chip logiczny  
4000, 96, 102–104  
inwertery, 104  
7400, 93  
74xx, 95, 98–101  
inwertery, 101  
74HCxx, 104  
dwubramkowy  
2-wejściowy, 97, 98  
4-wejściowy, 99, 100, 103  
jednobramkowy  
2-wejściowy, 96, 97  
3-wejściowy, 97, 98  
8-wejściowy, 100, 103  
poczwórny  
2-wejściowy, 98, 99, 102  
potrójny

3-wejściowy, 99, 102  
inwerterami, 101, 103, 104

chipy logiczne  
biegunowość, 105  
numery katalogowe, 94, 95  
rodziny, 95  
stosowanie, 104  
sygnał wejściowy, 105  
wartość napięcia, 105  
wejście analogowe, 106  
współpraca chipów, 96  
chipy  
bipolarne, 86  
CMOS, 48, 86, 94, 105  
cyfrowe, 92  
DIP, 37  
enkodera, 140  
licznika, 132, 136  
LM339, 43  
montowane powierzchniowo,  
94, 98  
rejestr przesuującego, 122  
SMT, 96–98  
trójprzewodowe, 63  
czujniki wewnętrzne, 35

## D

dekoder, 145 *Patrz także*  
enkoder, multiplekser  
działanie, 148  
schemat, 147  
sterownik wyświetlacza  
LED, 147  
stosowanie, 149  
symbol schematyczny, 147  
układ logiczny, 148  
urządzenia  
wejściowe, 146  
wartości, 149

zakłócenia, 149  
demultiplekser, 151, 157  
diak, 11 *Patrz także* SCR, triak  
działanie, 12  
przełączanie prądu  
przemienne, 13  
symbol schematyczny, 12  
tolerancje  
parametrów, 14  
wartości, 14  
wyzwolenie wywołane  
ciepłem, 14  
dioda  
laserowa, 198  
OLED, 243  
dzielnik napięcia, 71

## E

elektroluminescencja, 243  
*Patrz także* wyświetlacz  
fluorescencyjny  
działanie, 243  
elastyczne wstążki, 245  
luminofor, 244  
panele  
elektroluminescencyjne, 244  
waż świetlny, 245  
enkoder, 139 *Patrz także*  
dekoder, multiplekser  
działanie, 140  
połączony kaskadowo, 142  
priorytetowy, 141  
stosowanie, 142  
symbol, 139  
wartości, 142

## F

FIFO, First In, First Out, 123

filtr  
dolnoprzepustowy, 55  
górnoprzepustowy, 55

## G

generator  
astabilny, 81  
relaksacyjny, 46, 56  
głośnik, 267 *Patrz także* przetwornik  
elektroakustyczny, słuchawki  
bezzprzewodowy, 271  
budowa, 267  
działanie, 267  
elektrostatyczny, 270  
miniaturowy, 270  
pole magnetyczne, 272  
rezonans, 270  
układ zwrotnicy  
głośnikowej, 269  
uszkodzenie, 272  
wartości, 271  
wentylacja, 269  
wibracje, 272  
ze wzmacniaczem, 270  
zestawy  
głośnikowe, 269

## H

halogeny  
kwarcowe, 176  
histereza, 44, 45, 48, 83

## I

inwerter, 35, 91  
74xx, 101  
4000, 104

## J

jednostka  
kandela, 178  
steradian, 178  
jonizacja, 184

## K

komparator, 39, 52  
*Patrz także* wzmacniacz operacyjny  
bramka AND, 46  
chip CMOS, 48  
działanie, 40  
histereza, 39, 44, 48  
konwerter poziomów logicznych, 46  
multiwibrator bistabilny, 46  
okienkowy, 47  
oscylacje sygnału wyjściowego, 47  
połączenia, 41  
stosowanie, 44  
symbol, 40  
wartości, 43  
zamiana wejść, 48  
konwerter poziomów logicznych, 46  
kwadranty, 17

## L

lampa  
cyfrowa, 189  
fluorescencyjna, 192  
LED-owa, 218  
laser, 197 *Patrz także* wskaźnik LED-owy  
biegunowość, 203  
CO<sub>2</sub>, 201  
dioda laserowa, 198  
diodowy, 199  
działanie, 198  
krystaliczny, 201  
odprowadzanie ciepła, 202  
półprzewodnikowy, 199  
spójność światła, 199  
stosowanie, 202  
światłowodowy, 201  
wartości, 201  
zasilanie, 203

LCD, Liquid-Crystal Display *Patrz* panel LCD, 159  
LED *Patrz* oświetlenie LED-owe, wskaźnik LED-owy, wyświetlacz LED-owy  
LER, Luminous Efficacy of Radiation, 178  
licznik, 131 *Patrz także* przerzutnik, rejestr przesuwały asynchroniczny, 118, 134  
BCD, 134  
binarny, 134  
blokada, 137  
chipy wieloczłonowe, 136  
działanie, 132  
moduło, 133  
pierścieniowy, 134  
piny zegarowe, 133  
podwójny, 136  
pojedynczy, 136  
pojemność, 133  
programowalny, 137  
stan niski, 136  
stan wysoki, 136  
sygnał zegarowy, 135  
symbol, 131  
synchroniczny, 134  
szumy, 138  
wartości, 137  
wyjścia trójstanowe, 136  
zakłócenia asynchroniczne, 137  
zbocze sygnału zegarowego, 136  
zliczanie w dół, 136  
luminescencja, 243  
luminofor, 244

## M

magazynowanie ładunku, 23  
matryce pikselowe, 235  
MOSFET, 27, 42  
multiplexer, 140, 147, 151 *Patrz także* enkoder, dekodek analogowy, 147, 152  
działanie, 153  
łączenie kaskadowe, 157  
oznaczenia pinów, 154  
rezystancja przewodzenia, 156  
rezystory podciągające, 153, 157

schemat bramek logicznych, 153  
stany przejściowe, 157  
stosowanie, 156  
symbol schematyczny, 154  
wartości, 155  
zniekształcenia sygnału, 157  
zróżnicowany, 152  
multipleksing, 233  
multiwibrator bistabilny, 46

## N

nadfiolet, 211  
napiecie  
nierównowazenia, 57  
natężenie oświetlenia, 178  
neonówka, 183 *Patrz także* świetlówka, wskaźnik LED-owy, żarówka  
działanie, 183  
jonizacja, 184  
lampy cyfrowe, 189  
natężenie światła, 187  
rezystancja ujemna, 185  
sprawność, 187  
stosowanie, 186  
symbole schematyczne, 183  
testowanie obecności napięcia, 188  
wymiana, 190  
wypalenie, 190  
żywołność, 188  
notacja Boole'a, 92

## O

obliczanie wzmacnienia, 54  
odłącznik bezpieczeństwa, 31  
OLED, 246  
operatory Boole'a, 91  
oświetlenie LED-owe, 217 *Patrz także* wskaźnik LED-owy, elektroluminescencja  
działanie, 219  
listwy oświetleniowe, 223  
rozpraszanie ciepła, 222  
skuteczność świetlna, 222  
ściemnianie, 222  
światło ultrafioletowe, 222  
temperatura barwowa, 220, 223  
wartości, 225

## P

panel LCD, 159 *Patrz także* wyświetlacz LED-owy  
14-segmentowy, 163  
16-segmentowy, 163  
7-segmentowy, 161  
aktywny, 161  
bistabilny, 167  
CSTN, Color Super Twisted Nematic, 161  
DSTN, Double Super Twisted Nematic, 161  
działanie, 159  
kolor, 166  
matryca pasywna, 161  
moduły, 168  
multipleksing, 170  
odbiciowy, 161  
opcje podświetlenia, 166  
połączenia, 170  
protokół komunikacyjny, 170  
STN, Super Twisted Nematic, 161  
stosowanie, 167  
TN, Twisted Nematic, 161  
transmisyjny, 160  
transreflektywny, 161  
wyświetlacze matrycowe, 163  
zestaw znaków, 164  
zmiany temperatury, 169  
panele elektroluminescencyjne, 244  
OLED-owe, 247  
pętle uziemienniowe, 35  
piny zegarowe, 133  
PIPO, 125  
PISO, 125  
podczerwień, 210  
potencjometr cyfrowy, 59  
charakterystyka, 62  
dobór typu, 66  
działanie, 60  
nieliniowość, 67  
pamięć ulotna i nieulotna, 61  
poczwórny, 61  
podwójny, 61  
połączenia, 64  
przesyłanie danych, 62, 67  
stosowanie, 65  
sygnał sterujący, 66  
synchronizacja chipu i sterownika, 67  
szum, 66

trójprzewodowy, 63  
tryby, 64  
wartości, 64  
zalety i wady, 59  
zwiększanie rozdzielczości, 66  
półprzewodnikowy przełącznik analogowy, 28  
prąd  
podtrzymanie, 2, 18  
progowy, 18  
przełączania, 18  
upływowo, 2, 17, 156  
załączenia, 2  
protokół  
I<sup>2</sup>C, 62, 63  
SPI, 62  
Up/Down, 62, 63  
przełącznik półprzewodnikowy, 25 *Patrz także* transceptor bezzwłoczny, 28  
Crydom, 27  
działanie, 26  
obudowy, 28  
przepalenie, 30  
stosowanie, 29  
wartości, 29  
załączany przejściem przez zero, 28  
przekładnia prądowa, 36  
przełączanie prądu przemiennego, 13, 20  
przełącznik  
optyczny, 35  
półprzewodnikowy analogowy, 28  
przerzutnik, 82, 107 *Patrz także* licznik, rejestr przesuwały asynchroniczny, 108  
bezpośredni, 108  
dokumentacja, 119  
dwutaktowy, 113, 116  
obwód, 114  
stany wejść i wyjść, 114  
działanie, 107  
JK, 112, 115  
bramki NAND, 113  
obwód, 113  
stany wysokie, 113  
metastabilność, 119  
natychmiastowy, 108  
RS, 108, 115  
bramki NAND, 108  
bramki NOR, 110  
schemat, 108–111

stosowanie, 118  
symbol, 117  
typu D, 114, 116  
bramki NAND, 115  
wartości, 117  
wyzwalanie, 119  
przetwornik elektroakustyczny, 249, *Patrz także* głośnik, słuchawki, sygnalizator dźwiękowy  
ciśnienie akustyczne, 251  
działanie, 249  
elektromagnetyczny, 250  
napięcie, 254  
ograniczenia, 253  
piezoelektryczny, 250  
połączenie  
z mikrokontrolerem, 255  
przebiecia, 254  
samoregulacyjny  
obwód, 254  
stosowanie, 254  
symbole schematyczne, 249  
ultradźwiękowy, 250  
upływność, 255  
wartości nieważone, 253  
ważone wartości  
dźwiękowe, 252  
wilgoć, 255  
zakres częstotliwości, 251  
zasilanie  
zmiennoprądowe, 254

## R

regulacja fazowa, 7  
rejestr przesuwały, 121 *Patrz także* licznik, multiplexer, przerzutnik  
aktywacja wyjścia, 129  
buforowanie, 128  
czas ustalania, 129  
działania arytmetyczne, 128  
działanie, 122  
klasyfikacja, 128  
niepodłączone wejście, 129  
odpytywanie klawiatury, 128  
pływająca magistrala wyjściowa, 129  
stosowanie, 127  
symbol, 122  
uniwersalny, 125  
wartości, 125  
wejścia i wyjścia, 123–127

wstępne wprowadzanie danych, 127  
zasilanie, 126  
rezystancja ujemna, 185  
rezystory podciągające, 153, 157

## S

SCR, silicon-controlled rectifier, 1  
*Patrz także* diak, triak  
działanie, 1  
kąta przewodzenia, 9  
konfiguracja wewnętrzna, 3  
napięcie  
przebiecia, 4  
przełączania, 4  
prąd maksymalny, 9  
regulacja fazowa, 7  
stosowanie, 7  
wartości, 6  
wyzwolenie wywołane ciepłem, 9  
napięciem, 9  
zabezpieczenie nadnapięciowe, 8  
selektor danych, 140, 151  
SIPO, SerialIn, ParallelOut, 123  
SISO, SerialIn, Serial Out, 122–124  
skuteczność świetlna, 208  
słuchawki, 261 *Patrz także* głośnik, przetwornik elektroakustyczny  
charakterystyka częstotliwościowa, 265  
dokanałowe, 264  
douszne, 264  
działanie, 261  
elektretowe, 264  
elektrostatyczne, 263  
impedancja, 266  
moc, 265  
niedopasowanie impedancji, 266  
odszumiające, 264  
otwarte, 264  
połączenia, 266  
przesterowanie, 266  
przetwornik dynamiczny, 263  
ruchoma cewka, 262  
symbole schematyczne, 261  
wokółuszne, 264  
zniekształcenia, 266  
sprawność świetlna, 179  
statecznik

elektroniczny, 225  
magnetyczny, 225  
sterownik wyświetlacza LED, 147  
sygnalizator dźwiękowy, 257 *Patrz także* głośnik, przetwornik akustyczny, słuchawki  
cykl pracy, 260  
częstotliwość, 260  
częstotliwość akustyczna, 251  
działanie, 257  
motywy dźwiękowe, 258  
napięcie, 259  
obudowy, 258  
prąd, 260  
sygnalizatory panelowe, 176  
sygnał zegarowy, 135

## Ś

światłość, 178  
diody  
elektroluminescencyjne, 208, 211, 212  
średnia całoпрzeprzestrzenna, 175, 178  
świetlówka, 191 *Patrz także* oświetlenie LED-owe, neonówka, żarówka  
CCFL, 194  
działanie, 191  
jasność, 195  
migotanie, 193, 195  
ryzyko ekspozycji, 196  
statecznik, 192  
statecznik elektroniczny, 193  
symbole schematyczne, 192  
wady i zalety, 194  
widmo, 195  
wypalone elektrody, 196  
z zimną katodą, 194  
zapłonnik, 192

## T

TFT, Thin-Film Transistors, 161, 246  
timer, 69 *Patrz także* przerzutnik 4047B, 75  
555  
CMOS, 74  
czas trwania stanów, 80  
działanie urządzeń wyjściowych, 87

- dźwięki, 85
  - generator astabilny, 81
  - głośnik, 84
  - histereza, 83
  - kondensatory
    - sprzęgające, 84
  - parametry, 76
  - pin Control, 81
  - przerzutnik, 82
  - stosowanie, 79
  - tryb astabilny, 72, 80
  - tryb krótkiej serii, 84
  - tryb monostabilny, 71, 79
  - uszkodzenia, 86, 87
  - zależności czasowe, 77
  - 5555, 74
  - 556, 73
  - 558, 73
  - 7555, 74
  - 7556, 74
  - działanie, 70
  - podwójny monostabilny, 75, 77
  - tryb
    - astabilny, 70
    - monostabilny, 69
  - transoptor, 25, 33 *Patrz także*
  - przełącznik półprzewodnikowy
  - czujniki wewnętrzne, 35
  - dwukierunkowy, 36
  - działanie, 34
  - o charakterystyce
    - liniowej, 36
  - przepalenie
  - diody LED, 37
  - tranzystora, 17
  - stosowanie, 36
  - symbole, 34
  - wartości, 36
  - wiek elementów, 37
  - z wyjściem analogowym, 36
  - triak, 15 *Patrz także* diak, SCR
  - beztłumieniowy, 23
  - działanie, 17
  - magazynowanie ładunku, 23
  - napięcie przełączania, 20
  - prąd
    - podtrzymania, 18
    - progowy, 18
    - przełączania, 18
  - przełączanie prądu
    - przemienne, 20
  - rodzaj obciążenia, 24
  - sposoby sterowania, 22
  - symbole, 16
  - testowanie, 19
  - wartości, 23
  - wpływ niskiej
    - temperatury, 24
  - wyzwalanie
    - diakiem, 22
    - wywołane ciepłem, 24
  - tyrystor SCR, *Patrz* SCR, 1
- U**
- ujemne sprzężenie zwrotne, 49, 51
  - układ scalony, *Patrz także* chip
    - 4000, 96, 102–104
    - 4047B, 75
    - 555, 71, 72, 76, 79–87
    - 555 CMOS, 74
    - 5555, 74
    - 556, 73
    - 558, 73
    - 74xx, 93, 95, 98–101
    - 7555, 74
    - 7556, 74
- V**
- vactrol, 35
- W**
- wąż świetlny, 245
  - wskaźnik LED-owy, 205, 208
  - Patrz także* laser
  - biegunowość, 213, 215
  - ciepło, 212
  - długość fali, 209
  - działanie, 207
  - kąt świecenia, 213
  - nadfiolet, 211
  - napięcie przewodzenia, 212
  - natężenie światła, 212
  - niskoprądowy, 212
  - podczerwień, 210
  - połączony
    - równoległe, 214
    - szeregowe, 214
  - prąd przewodzenia, 211
  - rezystor wewnętrzny, 210, 214
  - rozpraszanie światła, 209
  - schematyczny przekrój, 219
  - skuteczność świetlna, 208
  - stosowanie, 206, 213, 214
  - symbole schematyczne, 206, 219
  - światłość, 208
  - temperatura barwowa, 209
  - wartości, 211
  - wielokolorowy, 207, 210
  - współczynnik oddawania
    - barw, 212
  - żywność, 212
  - wyświetlacz fluorescencyjny, 239 *Patrz także*
  - elktroluminescencja, panel LCD, wskaźnik LED-owy
  - działanie, 239
  - kolor, 241
  - piktogramy, 241
  - stosowanie, 240
  - utrata jasności, 242
  - zestawy znaków, 241
  - wyświetlacz LED-owy, 227
  - Patrz także* oświetlenie LED-owe, wskaźnik LED-owy
  - 7-segmentowy, 228, 232
  - dodatkowe segmenty, 230
  - działanie, 228
  - linijka świetlna, 236
  - matryce, 231
  - heksadecymalne, 236
  - pikselowe, 235
  - moduły, 234
  - multipleksing, 233, 237
  - rezystancja szeregową, 237
  - schemat
    - obwodu sterowania, 234
    - połączeń, 233
  - słupkowy, 232
  - stosowanie, 232
  - wartości, 232
  - wielocyfrowy, 229
  - wspólna anoda, 237
  - wyświetlacze
    - ciekłokrystaliczne, *Patrz* panel LCD, 227
    - typu OLED, 246
  - wzmocniacz operacyjny, 42, 49
  - Patrz także* komparator
  - drżania napięcia
    - wyjściowego, 57
  - dwa wejścia, 50
  - działanie, 49
  - filtr
    - dolnoprzepustowy, 55
    - górnoprzepustowy, 55
  - generator relaksacyjny, 56
  - kompensowanie napięcia
    - niezrównoważenia, 57
  - obliczanie wzmocnienia, 54
  - połączenia nieużywanych
    - wyprowadzeń, 57
  - stosowanie, 53
  - symbol schematyczny, 50, 51
  - ujemne sprzężenie zwrotne, 51
  - wartości, 52
  - wzmocnianie napięcia
    - stałego, 54
  - zamiana wejść, 58
  - zasilanie, 56, 57
  - zmiany wzmocnienia, 53
  - wzmocnienie, 54
- Z**
- zabezpieczenie
    - nadnapięciowe, 8
  - zatrząsk JK, *Patrz* przerzutnik JK
- Ż**
- żarówka, 171 *Patrz także*
  - neonówka, świetlówka
  - do piekarnika, 176
  - działanie, 172
  - halogen, 176
  - LFR, Luminous Efficiency of Radiation, 179
  - miniaturowa, 175
  - natężenie oświetlenia, 178
  - nieżarowe źródła światła, 173
  - ryzyko pożarowe, 180
  - skuteczność świetlna, 178
  - sprawność świetlna, 179
  - stosowanie, 179
  - strumień świetlny, 177
  - średnia światłość
    - całoprzestrzenna, 178
  - temperatura otoczenia, 180
  - trzonek
    - bagnetowy, 177
    - klinowy, 177
    - kołnierzyowy, 177
    - pinowy, 177
    - wkręcany, 176
  - udar prądowy, 181
  - wartości, 177
  - widmo, 173
  - zalety, 179
  - zużycie energii, 174
  - żywność, 18



# PROGRAM PARTNERSKI

— GRUPY HELION —

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

Zmień swoją stronę WWW w działający bankomat!

**Dowiedz się więcej i dołącz już dzisiaj!**

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

GRUPA  
**Helion** 

---

## Absolutny niezbędnik każdego elektronika: poręczny, zwięzły, dokładny i dobrze zorganizowany!

Elektronik w swojej pracy potrzebuje szczegółowych, rzetelnych i łatwo dostępnych informacji. Niestety, producenci, przygotowując karty produktów, nie zawsze stają na wysokości zadania. Owszem, internet to istny ocean informacji, jednak aby z nich skorzystać, trzeba — wzorem Kopciuszka rozdzielającego ziarna — odsiać prawdę od błędów, niepotwierdzonych teorii czy zwykłych bzdur. Okazuje się, że encyklopedyczne źródło wiedzy o poszczególnych komponentach, ich działaniu, zasadach stosowania czy najczęściej popełnianych błędach montażowych i ich konsekwencjach jest bardzo przydatną pomocą zarówno dla zawodowców, jak i pasjonatów elektroniki.

To drugi tom niezwyklej encyklopedii przeznaczonej dla praktyków elektroniki. Podobnie jak w pierwszym, tak i tutaj znalazły się skompletowane, uporządkowane, a co najważniejsze — sprawdzone i potwierdzone informacje o elementach elektronicznych. Drugi z trzech tomów jest poświęcony układom scalonym, tyrystorom, źródłom światła i dźwięku, wskaźnikom oraz wyświetlaczom — ich opisy zostały uzupełnione licznymi fotografiami, schematami i wykresami. Dzięki takiemu układowi treści dowiesz się, do czego służy każdy z prezentowanych podzespołów, jak działa, kiedy jest najbardziej przydatny i w jakich odmianach występuje. Oto prawdziwa pomoc dla praktyków, którzy chcą szybko uzyskać wskazówki potrzebne do pracy!

### Dokładne informacje o każdym komponentcie:

- funkcja
- działanie
- rodzaje
- wartości
- stosowanie
- możliwe błędy

---

### Charles Platt

jest redaktorem prowadzącym magazynu „Make:” i autorem cenionych książek technicznych. Przez wiele lat współpracował również z magazynem „Wired”. Pasjonat elektroniki, odkąd skończył piętnaście lat, w wolnych chwilach buduje w swoim warsztacie prototypy urządzeń medycznych.

### Dr Fredrik Jansson

jest fińskim fizykiem. Zajmuje się robotyką ławicy i symulowaniem zachowań zwierząt morskich. Zawsze lubił wymontowywać części elektroniczne ze starych, nieprzydatnych już nikomu urządzeń.

---

**Helion** 

 [helion.pl](http://helion.pl)

 **HELION SA**  
ul. Kosciuszki 1c  
44-100 Gliwice  
tel. 32 230 98 63  
helion@helion.pl

**INFORMATYKA W NAJLEPSZYM WYDANIU**

*Sprawdź nasze szkolenia!*

**SZKOLENIA**



**AKADEMIA IT & BUSINESS**

[HELIONSZKOLENIA.PL](http://HELIONSZKOLENIA.PL)

**KOD KORZYŚCI**  
Sięgnij po więcej! ▶



ISBN 978-83-283-6946-7



9 788328 369467

Cena: 69,00 zł

**Make:**  
[makezine.com](http://makezine.com)