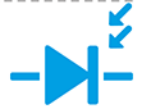


Charles Platt, Fredrik Jansson

# Encyklopedia elementów elektronicznych



## Czujniki orientacji, ingerencji i właściwości otoczenia



czujniki ■ położenie ■ obecność ■ odległość ■ orientacja  
oscylacje ■ siła ■ ingerencja człowieka ■ właściwości gazów  
i cieczy ■ światło ■ ciepło ■ dźwięk ■ elektryczność

Tytuł oryginału: Encyclopedia of Electronic Components Volume 3: Sensors for Location, Presence, Proximity, Orientation, Oscillation, Force, Load, Human Input, Liquid... Light, Heat, Sound, and Electricity

Tłumaczenie: Zbigniew Waśko

ISBN: 978-83-283-9292-2

© 2022 Helion S.A.

Authorized Polish translation of the English edition of *Encyclopedia of Electronic Components Volume 3*  
ISBN 9781449334314 © 2016 Charles Platt.

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

Polish edition copyright © 2022 by Helion S.A.  
All rights reserved.

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

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

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

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

Drogi Czytelniku!

Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres

<https://helion.pl/user/opinie/enele3>

Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Helion S.A.

ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice

tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63

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

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

Printed in Poland.

- Kup książkę
- Poleć książkę
- Oceń książkę

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

---

# Spis treści

---

<b>Wstęp</b>	<b>xix</b>
<b>I. GPS</b>	<b>1</b>
Funkcja	1
Symbol schematyczny	1
Segmenty systemu nawigacji satelitarnej	1
Działanie	1
Rodzaje	2
Wartości	3
Stosowanie	3
Wyjście 1-hercowe	3
Możliwe problemy	4
Wyładowanie elektrostatyczne	4
Brak właściwego połączenia z masą	4
Niepewne połączenia (zimne luty)	4
Ograniczona dostępność	4
Brak zdolności wykrywania satelitów	4
Przekroczenie maksymalnej prędkości lub wysokości	4
<b>2. Magnetometr</b>	<b>5</b>
Funkcja	5
Symbol schematyczny	5
IMU	5
Zastosowania	6
Działanie	6
Pole magnetyczne	6
Osie kuli ziemskiej	7
Magnetometr indukcyjny	7
Efekt Halla i magnetorezystancja	8
Rodzaje	8
Stosowanie	9
Możliwe błędy	9
Zakłócenia	9
Błędy montażowe	9

<b>3. Wykrywacz obiektów</b> .....	<b>11</b>
Funkcja .....	11
Symbol schematyczny .....	11
Rodzaje .....	12
Wykrywacze optyczne .....	12
Wykrywacze magnetyczne .....	16
Wartości .....	19
Stosowanie .....	19
Konfiguracje wykrywaczy obiektów .....	20
Ruch postępowy .....	20
Wykrywanie przez przerywanie strumienia magnetycznego .....	20
Ruch obrotowy .....	21
Porównanie czujników .....	21
Zalety optycznych wykrywaczy obiektów .....	21
Wady optycznych wykrywaczy obiektów .....	21
Zalety kontaktronu .....	21
Wady kontaktronu .....	21
Zalety czujnika Halla .....	21
Wady czujnika Halla .....	22
Możliwe błędy .....	22
Wykrywacze optyczne .....	22
Kontaktrony .....	22
<b>4. Pasywny czujnik podczerwieni</b> .....	<b>23</b>
Funkcja .....	23
Symbole schematyczne .....	23
Zastosowania .....	23
Działanie .....	24
Detektor piroelektryczny .....	24
Elementy detektora .....	24
Soczewki .....	25
Rodzaje .....	27
Możliwe błędy .....	28
Wrażliwość na temperaturę .....	28
Podatność na zanieczyszczenia .....	28
Podatność na zawilgocenie .....	28
<b>5. Czujnik zbliżeniowy</b> .....	<b>29</b>
Funkcja .....	29
Symbole elektryczne .....	29
Zastosowania .....	29
Rodzaje .....	30
Ultradźwięki .....	30
Podczerwień .....	30
Porównanie zalet .....	30
Przykłady urządzeń ultradźwiękowych .....	31
Urządzenia azjatyckie .....	31

Pojedyncze komponenty .....	32
Przykłady czujników na podczerwień .....	32
Trendy w dziedzinie zbliżeniowych czujników na podczerwień .....	33
Pojemnościowy czujnik zbliżeniowy .....	34
Zastosowania .....	34
Działanie .....	35
Źródła błędów .....	35
Wartości .....	35
Możliwe błędy optycznych i ultradźwiękowych czujników zbliżeniowych .....	36
Zbyt mała odległość do obiektu .....	36
Zbyt wiele sygnałów .....	36
Niewłaściwe powierzchnie .....	36
Czynniki atmosferyczne .....	36
Zmniejszona wydajność diod LED .....	36
<b>6. Przetwornik położenia liniowego .....</b>	<b>37</b>
Funkcja .....	37
Zastosowania .....	37
Symbol elektryczny .....	37
Działanie .....	37
Potencjometr liniowy .....	38
Magnetyczne enkodery liniowe .....	38
Optyczne enkodery liniowe .....	39
Zastosowania enkoderów liniowych .....	40
Transformatorowe czujniki przemieszczeń liniowych o układzie różnicowym .....	40
Możliwe błędy .....	41
Problemy mechaniczne .....	41
Żywotność diod LED .....	41
<b>7. Czujnik położenia kąowego .....</b>	<b>43</b>
Funkcja .....	43
Zastosowania .....	43
Symbol schematyczny .....	43
Potencjometry .....	44
Potencjometr obrotowy .....	44
Ograniczniki ruchu ślizgacza .....	44
Potencjometr wieloobrotowy .....	44
Magnetyczny czujnik położenia kąowego .....	45
Układy scalone .....	45
Enkodery obrotowe .....	46
Obrotowy enkoder optyczny .....	46
Produkty optyczne .....	47
Działanie myszy komputerowej .....	48
Prędkość obrotowa .....	48

Położenie bezwzględne .....	49
Kod Graya .....	49
Obrotowy enkoder magnetyczny .....	50
Stosowanie .....	51
Możliwe błędy .....	51
Niewłaściwe połączenia .....	51
Niewłaściwe oprogramowanie .....	51
Niejednoznaczna terminologia .....	51
<b>8. Czujnik nachylenia .....</b>	<b>53</b>
Funkcja .....	53
Symbol schematyczny .....	53
Działanie .....	54
Wersja uproszczona .....	54
Zastosowania .....	54
Rodzaje .....	56
Przełączniki rtęciowe .....	56
Przełączniki wahadłowe .....	56
Magnesowanie .....	56
Czujniki nachylenia .....	56
Dwuosiowe czujniki nachylenia .....	57
Wartości .....	58
Stosowanie .....	58
Możliwe błędy .....	59
Erozja kontaktów .....	59
Przypadkowe sygnały .....	59
Zagrożenia dla środowiska .....	59
Niewłaściwa siła grawitacyjna .....	59
Brak stabilności .....	59
<b>9. Żyroskop .....</b>	<b>61</b>
Funkcja .....	61
Symbol schematyczny .....	61
IMU .....	61
Zastosowania .....	61
Działanie .....	62
Żyroskop wibracyjny .....	62
Rodzaje .....	64
Układy IMU .....	64
Wartości .....	64
Stosowanie .....	65
Możliwe błędy .....	65
Dryft temperaturowy .....	65
Naprężenia mechaniczne .....	65
Drgania zewnętrzne .....	65
Usytuowanie .....	65

<b>10. Akcelerometr</b> .....	<b>67</b>
Funkcja .....	67
IMU .....	67
Symbol schematyczny .....	68
Zastosowania .....	68
Działanie .....	68
Grawitacja i swobodne spadanie .....	69
Obroty .....	69
Obliczenia .....	69
Rodzaje .....	70
Wartości .....	71
Możliwe błędy .....	72
Naprężenia mechaniczne .....	72
Inne problemy .....	72
<b>11. Czujnik drgań</b> .....	<b>73</b>
Funkcja .....	73
Symbole schematyczne .....	73
Rodzaje .....	74
Trzcina i sprężyna .....	74
Taśma piezoelektryczna .....	74
Piezoelektryki scalone .....	75
„Łapka na myszy” .....	75
Urządzenia magnetyczne .....	75
Wibracyjny przełącznik rtęciowy .....	76
Wartości .....	76
Wielkości podstawowe .....	76
Parametry dynamiczne .....	76
Stosowanie .....	77
Możliwe błędy .....	77
Zbyt długie przewody .....	77
Zakłócenia .....	78
Prawidłowe uziemienie .....	78
Zmęczenie materiału .....	78
<b>12. Czujnik nacisku</b> .....	<b>79</b>
Funkcja .....	79
Zastosowania .....	79
Symbol schematyczny .....	80
Działanie .....	80
Tensometr .....	80
Mostek Wheatstone’a .....	81
Błędy mostka Wheatstone’a .....	82
Wzmocnienie tensometru .....	82
Inne moduły tensometryczne .....	82
Czujniki nacisku z folii plastikowej .....	83

Stosowanie .....	84
Rezystancyjne czujniki nacisku z folii plastikowej .....	84
Wartości .....	85
Foliowe czujniki nacisku służące do wprowadzania danych przez użytkownika .....	85
Dane katalogowe foliowych czujników nacisku .....	85
Tensometry .....	86
Możliwe błędy .....	86
Uszkodzenia powstałe podczas lutowania .....	86
Złe rozłożenie obciążenia .....	86
Zawilgocenie .....	86
Wpływ temperatury .....	86
Zbyt długie przewody .....	86
<b>13. Czujnik dotyku .....</b>	<b>87</b>
Funkcja .....	87
Zastosowania .....	88
Symbole schematyczne .....	88
Działanie .....	88
Stosowanie .....	88
Pozyskiwanie płytek dotykowych .....	89
Indywidualna płytka dotykowa .....	89
Krążki i taśmy .....	90
Uwagi dotyczące projektowania .....	90
Możliwe błędy .....	91
Niewrażliwość na rękawice .....	91
Problemy z rysikiem .....	91
Atrament przewodzący .....	91
<b>14. Ekran dotykowy .....</b>	<b>93</b>
Funkcja .....	93
Symbol schematyczny .....	93
Rodzaje .....	93
Ekran rezystancyjny .....	93
Ekran pojemnościowy .....	94
Ekran jako części elektroniczne .....	94
<b>15. Czujnik poziomu cieczy .....</b>	<b>97</b>
Funkcja .....	97
Symbole schematyczne .....	97
Zastosowania .....	97
Działanie .....	98
Czujnik pływakowy z wyjściem binarnym .....	98
Czujnik pływakowy z wyjściem analogowym .....	99
Czujnik pływakowy z wyjściem przyrostowym .....	99
Wypornościowe czujniki poziomu .....	99
Ultradźwiękowe czujniki poziomu .....	100



Ważenie zbiornika .....	100
Pomiar ciśnienia .....	101
Możliwe błędy .....	101
Turbulencje .....	101
Przechylenie zbiornika .....	102
<b>16. Czujnik prędkości przepływu cieczy .....</b>	<b>103</b>
Funkcja .....	103
Symbole schematyczne .....	103
Łopatkowe czujniki przepływu cieczy .....	103
Turbinowe czujniki prędkości przepływu .....	104
Ograniczenia kół łopatkowych i turbin .....	105
Termiczny przepływomierz masowy cieczy .....	105
Przełącznik przepływowy z ruchomą tuleją .....	105
Przełącznik przepływowy z ruchomym tłokiem .....	106
Ultradźwiękowy czujnik prędkości przepływu cieczy .....	106
Magnetyczny czujnik przepływu cieczy .....	106
Przepływomierz różnicowo-ciśnieniowy .....	107
Możliwe błędy .....	107
Podatność na zanieczyszczenia i korozję .....	107
<b>17. Czujnik ciśnienia .....</b>	<b>109</b>
Funkcja .....	109
Symbole schematyczne .....	109
Zastosowania .....	109
Zagadnienia ogólne .....	110
Jednostki .....	110
Działanie .....	110
Podstawowe elementy sensoryczne .....	110
Pomiar względny .....	110
Rodzaje .....	112
Ciśnienie powietrza w otoczeniu .....	112
Wysokość nad poziomem morza .....	112
Ciśnienie gazu .....	112
Możliwe błędy .....	113
Podatność na brud, wilgoć i korozję .....	113
Wrażliwość na światło .....	114
<b>18. Czujnik stężenia gazu .....</b>	<b>115</b>
Funkcja .....	115
Symbol schematyczny .....	115
Półprzewodnikowe czujniki gazów .....	115
Czujniki tlenu .....	117
Czujniki wilgotności .....	117
Czujnik punktu rosy .....	117
Czujniki wilgotności bezwzględnej .....	118
Czujniki wilgotności względnej .....	118

Wyjście czujnika wilgotności .....	118
Analogowy czujnik wilgotności .....	119
Uwagi konstrukcyjne .....	119
Cyfrowy czujnik wilgotności .....	120
Możliwe błędy .....	120
Zanieczyszczenie .....	120
Ponowna kalibracja .....	120
Lutowanie .....	120
<b>19. Czujnik natężenia przepływu gazu .....</b>	<b>121</b>
Funkcja .....	121
Zastosowania .....	121
Symbol schematyczny .....	121
Działanie .....	121
Anemometr .....	122
Czujniki natężenia przepływu masowego .....	123
Zastosowania .....	124
Jednostki .....	124
Pomiar większych objętości .....	124
Wyjście .....	124
Możliwe błędy .....	125
<b>20. Fotorezystor .....</b>	<b>127</b>
Funkcja .....	127
Symbol schematyczny .....	127
Działanie .....	127
Budowa .....	128
Rodzaje .....	128
Fotorezystory w optoizolatorach .....	128
Wartości .....	129
Porównanie z fototranzystorem .....	129
Stosowanie .....	129
Dobór rezystora szeregowego .....	130
Możliwe błędy .....	130
Przeciążenie .....	130
Zbyt wysokie napięcie .....	130
Pomyłki w identyfikacji .....	130
<b>21. Fotodioda .....</b>	<b>131</b>
Funkcja .....	131
Symbole schematyczne .....	131
Zastosowania .....	131
Działanie .....	131
Rodzaje .....	132
Fotodiody PIN .....	132
Diody lawinowe .....	132
Obudowy .....	132
Zakres długości fal .....	132

Matryce fotodiod	133
Opcje wyjść	133
Konkretne warianty	133
Wartości	134
Stosowanie	135
Możliwe błędy	135
<b>22. Fototranzystor</b>	<b>137</b>
Funkcja	137
Symbole schematyczne	137
Zastosowania	137
Działanie	138
Rodzaje	138
Opcjonalne podłączenie bazy	138
Fotodarlington	138
Fototranzystor FET	138
Wartości	139
Działanie w porównaniu z innymi czujnikami światła	139
Selekcjonowanie	140
Stosowanie	140
Obliczanie napięcia wyjściowego	140
Możliwe błędy	141
Niewłaściwa identyfikacja wizualna	141
Sygnał wyjściowy poza zakresem	141
<b>23. Termistor NTC</b>	<b>143</b>
Funkcja	143
Symbole schematyczne	143
Zastosowania	143
Działanie	144
Interpretacja sygnału wyjściowego	144
Dobór rezystora szeregowego	145
Obwód mostka Wheatstone'a	145
Wyznaczanie wartości temperatury	146
Ogranicznik prądu początkowego	146
Restart	147
Wartości	147
Czas i temperatura	148
Rezystancja i reakcja	148
Kiloomy i kelwiny	148
Temperatura odniesienia	148
Rezystancja odniesienia	148
Stała rozpraszania	148
Współczynnik temperaturowy	148
Ciepłna stała czasowa	148
Tolerancja	148
Zakres temperatur	149

Prąd przełączania .....	149
Ograniczenia mocy .....	149
Wymiennność .....	149
Możliwe błędy .....	149
Samonagrzewanie .....	149
Rozpraszanie ciepła .....	149
Brak ciepła .....	149
Uzupełnienie — porównanie czujników temperatury .....	149
Termistor NTC .....	149
Termistor PTC .....	150
Termopara .....	150
Rezystancyjny czujnik temperatury .....	150
Półprzewodnikowy czujnik temperatury .....	150

## **24. Termistor PTC .....** **153**

Funkcja .....	153
Symbole schematyczne .....	153
Przegląd termistorów PTC .....	154
Silistory do pomiaru temperatury .....	154
Rezystancyjne czujniki temperatury .....	155
Termistory nieliniowe PTC .....	155
Jako ochrona przed nadmierną temperaturą .....	155
Jako zabezpieczenie nadprądowe .....	156
Jako ogranicznik prądu rozruchowego .....	156
Termistor PTC do statecznika oświetleniowego .....	158
Termistor PTC jako element grzejny .....	158
Możliwe błędy .....	158
Samonagrzewanie .....	158
Nagrzewanie innych elementów .....	158

## **25. Termopara .....** **159**

Funkcja .....	159
Symbol schematyczny .....	160
Zastosowania termopary .....	160
Działanie .....	161
Kilka faktów na temat termopary .....	162
Stosowanie .....	162
Rodzaje termopar .....	162
Współczynniki Seebecka .....	163
Układy do interpretowania danych wyjściowych .....	163
Termostos .....	164
Możliwe błędy .....	165
Polaryzacja .....	165
Zakłócenia elektryczne .....	165
Zmęczenie metalu i utlenianie .....	165
Zastosowanie termopary niewłaściwego typu .....	165
Uszkodzenie termopary pod wpływem ciepła .....	165

<b>26. Rezystancyjny czujnik temperatury .....</b>	<b>167</b>
Funkcja .....	167
Atrybuty elementów RTD .....	167
Symbol schematyczny .....	168
Zastosowania .....	168
Działanie .....	168
Rodzaje .....	168
Połączenia .....	169
Sonda RTD .....	169
Przetwarzanie sygnału .....	170
Możliwe błędy .....	170
Samonagrzewanie .....	170
Wpływ ciepła na izolację .....	170
Niekompatybilny element pomiarowy .....	170
<b>27. Półprzewodnikowy czujnik temperatury .....</b>	<b>171</b>
Funkcja .....	171
Zastosowania półprzewodnikowych czujników temperatury .....	172
Symbol schematyczny .....	172
Właściwości .....	172
Działanie .....	173
Czujniki CMOS .....	173
Zestawy tranzystorowe .....	173
PTAT i układ Brokawa .....	173
Rodzaje .....	174
Analogowe wyjście napięciowe .....	174
Analogowe wyjście prądowe .....	175
Wyjście cyfrowe .....	177
Półprzewodnikowe czujniki temperatury typu CMOS .....	178
Możliwe błędy .....	179
Różne skale temperatury .....	179
Zakłócenia indukowane w przewodach .....	179
Opóźnienie .....	179
Czas przetwarzania .....	179
<b>28. Czujnik temperatury na podczerwień .....</b>	<b>181</b>
Funkcja .....	181
Zastosowania .....	182
Symbol schematyczny .....	182
Działanie .....	182
Termostos .....	183
Pomiar temperatury .....	183
Rodzaje .....	184
Parametry czujników montowanych powierzchniowo .....	184
Układy czujników .....	185

Wartości .....	185
Zakres temperatur .....	185
Pole widzenia .....	185
Możliwe błędy .....	185
Niewłaściwe pole widzenia .....	185
Obiekty odbłaskowe .....	185
Przeszkody szklane .....	186
Wiele źródeł ciepła .....	186
Gradientsy termiczne .....	186
<b>29. Mikrofon .....</b>	<b>187</b>
Funkcja .....	187
Symbol schematyczny .....	187
Działanie .....	188
Mikrofon węglowy .....	188
Mikrofon dynamiczny .....	188
Mikrofon pojemnościowy .....	188
Mikrofon elektretowy .....	188
Mikrofon typu MEMS .....	189
Mikrofon piezoelektryczny .....	189
Wartości .....	190
Czułość .....	190
Kierunkowość .....	190
Charakterystyka częstotliwościowa .....	191
Impedancja .....	191
Zniekształcenia harmoniczne .....	192
Stosunek sygnału do szumu .....	192
Możliwe błędy .....	192
Czułość przewodów .....	192
Zakłócenia ze strony zasilacza .....	192
<b>30. Czujnik natężenia prądu .....</b>	<b>193</b>
Funkcja .....	193
Zastosowania .....	193
Amperomierz .....	193
Symbol schematyczny .....	194
Podłączanie amperomierza .....	194
Rezystor szeregowy .....	194
Rezystory pomiarowe .....	195
Pomiar napięcia .....	196
Czujnik prądu z efektem Halla .....	196
Możliwe błędy .....	197
Pomylenie prądu przemiennego ze stałym .....	197
Zakłócenia magnetyczne .....	197
Nieprawidłowe podłączenie miernika .....	197
Prąd poza zakresem .....	197

<b>3I. Czujnik napięcia</b> .....	<b>199</b>
Funkcja .....	199
Zastosowania .....	199
Woltomierz .....	199
Symbol schematyczny .....	200
Podłączanie woltomierza .....	200
Działanie .....	200
Niedokładności związane z obciążeniem .....	201
Bargraf .....	201
Możliwe błędy .....	201
Pomylenie prądu przemiennego ze stałym .....	201
Wysoka impedancja obwodu .....	202
Napięcie poza zakresem .....	202
Napięcie względem masy .....	202
<b>A. Sygnały wyjściowe czujników</b> .....	<b>203</b>
Wyjścia czujników .....	203
1. Wyjście analogowe — napięcie .....	204
2. Wyjście analogowe — rezystancja .....	205
3. Wyjście analogowe — otwarty kolektor .....	206
4. Wyjście analogowe — natężenie prądu .....	207
5. Wyjście binarne — stan wysoki lub niski .....	207
6. Wyjście binarne — PWM .....	207
7. Wyjście binarne — częstotliwość .....	208
8. Wyjście cyfrowe — I2C .....	208
9. Wyjście cyfrowe — SPI .....	208
<b>Słowniczek</b> .....	<b>211</b>
O autorach .....	213
<b>Skorowidz</b> .....	<b>215</b>





# Wykrywacz obiektów

**Wykrywacz obiektów** można też nazwać *czujnikiem obecności*.

Można go też nazwać **czujnikiem zbliżeniowym**, ale w tej *Encyklopedii* tak będziemy nazywać czujniki z możliwością określania odległości do wykrywanego obiektu (patrz rozdział 5.). Wykrywacz obiektów tylko stwierdza, czy obiekt znajduje się wyznaczonym obszarze, i nic więcej.

Opisujemy tutaj i porównujemy wykrywacze *optyczne* oraz *magnetyczne*. *Czujniki ultradźwiękowe* opisujemy w rozdziale poświęconym czujnikom zbliżeniowym, ponieważ częściej są używane do mierzenia odległości niż do wykrywania obiektów. Pomijamy w naszej *Encyklopedii* czujniki stosujące inne metody wykrywania obiektów, takie jak *pojemnościowa*, *dopplerowska*, *indukcyjna*, *radarowa* i *sonarowa*.

Czujnik wykrywający obecność obiektu na podstawie światła odbitego od tego obiektu traktujemy jako *czujnik odbiciowy* i opisujemy go w tym rozdziale. (Jeśli moduł zawiera obok nadajnika i czujnika światła także element odbijający światło, to nazywamy go *czujnikiem refleksyjnym* lub *odblaskowym*, choć nie wszyscy tę nazwę stosują).

Wykrywacz obiektów reagujący na przecięcie strumienia świetlnego opisujemy jako *czujnik barierowy*, ale niektórzy nazywają go *przełącznikiem optycznym*.

Czujnik reagujący na ruch obiektu emitującego promieniowanie podczerwone jest nazywany **pasywnym czujnikiem podczerwieni** (w skrócie PIR od ang. *passive infrared*) lub po prostu *czujnikiem ruchu*. Opisujemy go w rozdziale 4.

Elementami sensorycznymi w wykrywaczach obiektów są **fototranzystory** i **fotodiody**. Obu podzespołom poświęciliśmy odrębne hasła — rozdziały 21. i 22.

## INNE POWIĄZANE PODZESPOŁY:

- **czujnik zbliżeniowy** (rozdział 5.),
- **pasywny czujnik podczerwieni** (rozdział 4.).

## Funkcja

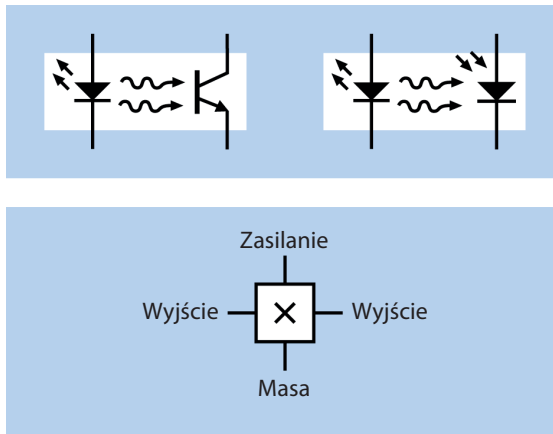
**Wykrywacz obiektów** sprawdza, czy w określonej przestrzeni jest obiekt, czy go nie ma. Niekoniecznie musi określać, jak daleko jest wykryty obiekt lub jak szybko się porusza. Obiekt jest często nazywany *celem*.

Wykrywanie obiektów jest często stosowane do weryfikacji działania systemów zautomatyzowanych; przykładem może być kontrola obecności obiektu na taśmie transportowej. Może być użyte również do zliczania obiektów przemieszczających się koło czujnika.

Niektóre systemy bezpieczeństwa korzystają z wykrywaczy obiektów, aby włączyć alarm, gdy obiekt przetnie wiązkę światła. Wykrywacze mogą też sprawdzać, czy okna i drzwi są zamknięte. W mechanizmach napędzanych silnikiem mogą służyć jako wyłączniki krańcowe.

## Symbol schematyczny

Na schematach wykrywacz obiektów może być przedstawiony za pomocą symboli diody świecącej i **fototranzystora** oraz jednej lub dwóch strzałek łączących te dwa symbole,



**Rysunek 3.1.** U góry: dwa symbole schematyczne optycznego wykrywacza obiektów z fototranzystorem (po lewej) i fotodiodą (po prawej). Możliwe są również inne warianty. U dołu: jako symbol wykrywacza magnetycznego często stosowany jest symbol czujnika Halla

tak jak w lewej górnej części rysunku 3.1. Strzałki faliste mogą oznaczać promieniowanie podczerwone.

Zamiast fototranzystora może być **fotodiody**, tak jak w prawej górnej części rysunku 3.1.

Czujnik magnetyczny może być reprezentowany przez symbol **czujnika Halla (hallotronu)**, co pokazano w dolnej części rysunku 3.1.

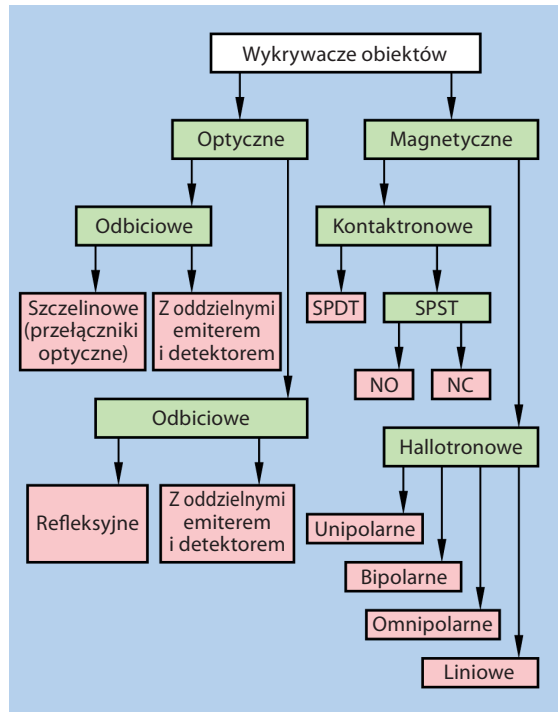
## Rodzaje

Aby ułatwić czytelnikowi porównanie różnych opcji wykrywania obiektów, wprowadziliśmy podział na dwa podstawowe rodzaje czujników: *optyczne* i *magnetyczne*.

Czujniki optyczne podzieliśmy na *barierowe* i *odbiciowe* (włącznie z *refleksyjnymi*). Z kolei magnetyczne podzieliśmy na *kontaktronowe* i *hallotronowe*. Pełny podział na kategorie i podkategorie jest pokazany schematycznie na rysunku 3.2.

### Wykrywacze optyczne

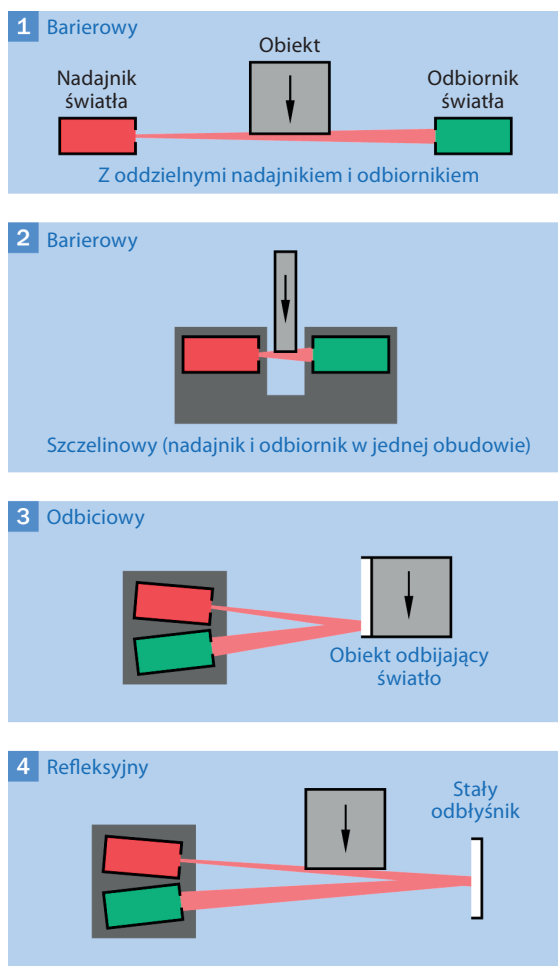
*Barierowy czujnik optyczny*, zwany także *czujnikiem przejścia*, jest w rzeczywistości parą elementów, z których jeden emituje światło, a drugi je odbiera. Czujnik generuje sygnał wyjściowy, gdy promień świetlny zostanie przerwany lub odbity (patrz rysunek 3.3).



**Rysunek 3.2.** Kategorie wykrywaczy obiektów opisane w niniejszym haśle; istnieją jeszcze inne wykrywacze obiektów, ale są mniej popularne i dlatego zostały tutaj pominięte

Jeśli nadajnik i odbiornik światła są umieszczone naprzeciw siebie w niewielkiej odległości, to mogą mieć wspólną obudowę (z otworem szczelinowym), jak w drugiej części rysunku 3.3. Taki układ jest często nazywany *przełącznikiem optycznym (fotoprzełącznikiem)* — nie należy go mylić z przełącznikiem półprzewodnikowym stosowanym w telekomunikacji. Niektórzy używają także nazwy *fotoprzerwywacz*.

*Wykrywacz odbiciowy* też składa się z nadajnika i odbiornika światła, ale tym razem elementy te są umieszczone obok siebie i zwrócone w tym samym kierunku. Światło wysłane przez nadajnik i odbite od celu (wykrytego obiektu) wraca do odbiornika i powoduje zmianę stanu na wyjściu wykrywacza. Do poprawnego działania takiego urządzenia muszą być spełnione pewne warunki. Obiekt musi mieć powierzchnię dobrze odbijającą światło (np. pojemnik szklany lub białe opakowanie) lub przynajmniej naklejkę odbłaskową. Jeśli trzeba wykrywać obiekty niespełniające tego warunku, należy zastosować źródło światła o odpowiednio dużej mocy.



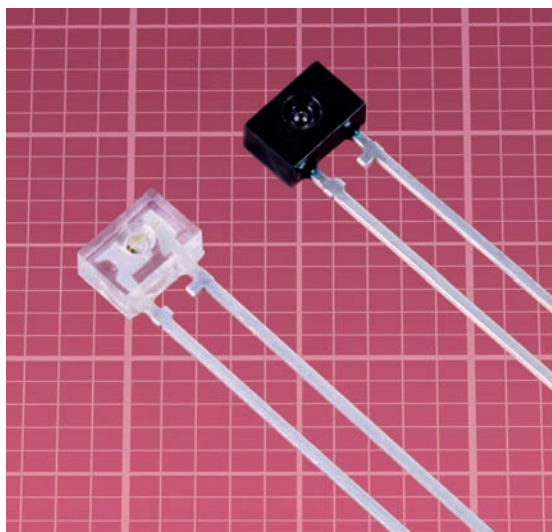
**Rysunek 3.3.** Różne konfiguracje optycznego wykrywacza obiektów; szczegółowe objaśnienie znajdziesz w tekście

Konfiguracja tego typu wykrywacza jest pokazana w 3. części rysunku 3.3.

**Wykrywacz refleksyjny (odblaskowy)** tym różni się od odbiciowego, że do prawidłowego działania wymaga dodatkowego elementu w postaci odbłyśnika zamontowanego naprzeciw zestawu nadajnik-odbiornik i odbijającego światło z nadajnika w kierunku odbiornika. W tym przypadku zmiana stanu na wyjściu wykrywacza następuje wskutek przecięcia promieni świetlnych przez wykrywany obiekt. Taka konfiguracja jest pokazana w czwartej części rysunku 3.3.

## Optyczne czujniki barierowe

Źródło światła i odbiornik mogą być sprzedawane jako zestawy dwóch odrębnych elementów. Przykładem może być pokazany na rysunku 3.4 zestaw TCZT8020 firmy Vishay. Elementy tego zestawu mają nie więcej niż  $3 \times 5$  mm i są przystosowane do pracy w odległości kilku milimetrów od siebie. Źródłem światła jest dioda świecąca w zakresie podczerwieni, a odbiornikiem jest **fototranzystor** (więcej informacji na temat fototranzystora znajdziesz w rozdziale 22.).



**Rysunek 3.4.** Zestaw optycznego wykrywacza barierowego złożony z emitera podczerwieni (nadajnik) i jej detektora (odbiornik). W tle jest kratka milimetrowa

Oba elementy są przystosowane do zasilania napięciem 5 V DC. Wyjście detektora jest typu otwarty kolektor. Prąd wyjściowy nie może przekraczać 50 mA i należy go ograniczać za pomocą rezystora podciągającego o wartości 100  $\Omega$  lub większej. Prąd nadajnika nie może być większy niż 60 mA, co wymaga zastosowania odpowiedniego rezystora szeregowego.

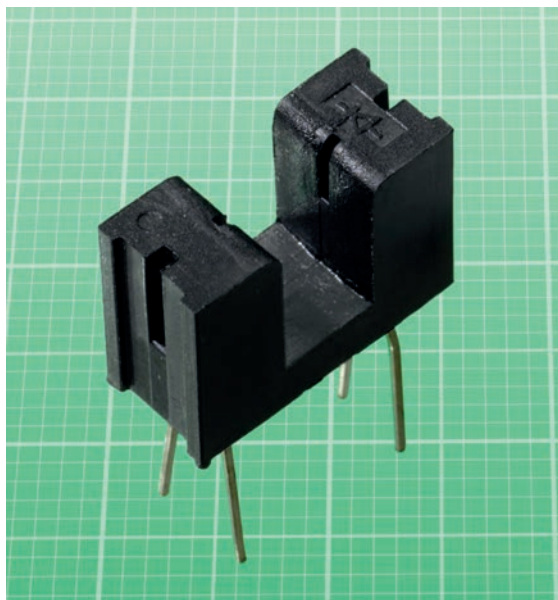
Więcej informacji na temat obchodzenia się z układami mającymi wyjścia typu otwarty kolektor znajdziesz na końcu książki w dodatku A (patrz rysunek A.4).

Seria czujników EE-SX firmy Omron obejmuje kilka konfiguracji usytuowania nadajnika i odbiornika w ramach jednego modułu ze szczeliną wielkości 5 mm. Podobnie jak w opisanym wcześniej zestawie, tu również źródłem światła

jest dioda emitująca podczerwień, a odbiornikiem — fototranzystor.

Czujniki te tolerują dość szeroki zakres napięć zasilających, od 5 V DC do nawet 24 V DC, bez potrzeby stosowania rezystora szeregowego. Wyjście z otwartym kolektorem fototranzystora może przyjmować prądy o wartościach od 50 mA do 100 mA w zależności od konkretnej wersji czujnika. Czerwony wskaźnik LED świeci się, gdy w szczelinie wykrywacza znajduje się obiekt blokujący przepływ światła. Jedne wykrywacze mają wysoki stan wyjściowy, gdy szczelina jest pusta, a inne odwrotnie. Ze względu na dość dużą uniwersalność urządzenia te są stosunkowo drogie.

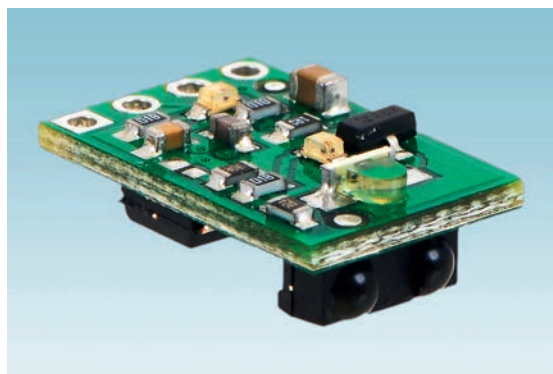
Znacznie tańszym przełącznikiem optycznym jest moduł ITR9606 firmy Everlight (zwany przez producenta optoprzełącznikiem). Jego zewnętrzny wygląd jest pokazany na rysunku 3.5. Wymaga zasilania o napięciu 5 V i ma wyjście typu otwarty kolektor. Do zasilania diody świecącej potrzebny jest rezystor szeregowy, a na wyjściu należy podłączyć rezystor podciągający. Na rynku istnieje dużo podobnych do niego wykrywaczy obiektów.



**Rysunek 3.5.** Tani wykrywacz barierowy zwany powszechnie przełącznikiem optycznym. Tło stanowi kratka milimetrowa. Szczelina czujnika ma około 5 mm szerokości

W wykrywaczach barierowych o większym zasięgu odbiornik podczerwieni jest montowany z dala od diody świecącej. Układ TSSP77038 firmy Vishay wykrywa podczerwień nawet z odległości 50 cm i reaguje niskim stanem na wyjściu. Częstotliwość nośna modulacji tego światła powinna wynosić 38 kHz.

Firma Polulo Robotics and Electronics sprzedaje niedrogo płytki modułowe z zamontowanym odbiornikiem TSSP77038, diodą emitującą podczerwień i układem modulującym zbudowanym na timerze 555. Zdjęcie płytki jest pokazane na rysunku 3.6. Jako że zawiera ona zarówno nadajnik światła, jak i odbiornik, to w gruncie rzeczy jest czujnikiem odbiciowym.



**Rysunek 3.6.** Odbiornik podczerwieni TSSP77038 firmy Vishay zestawiony z odpowiednim źródłem światła na jednej płytce montowanej przez firmę Polulo Robotics and Electronics

Gdy w grę wchodzi odległości przekraczające 1 m, potrzebny może być zestaw złożony z lasera i fototranzystora w osłonie blokującej światło z otoczenia.

### Optyczne czujniki odbiciowe

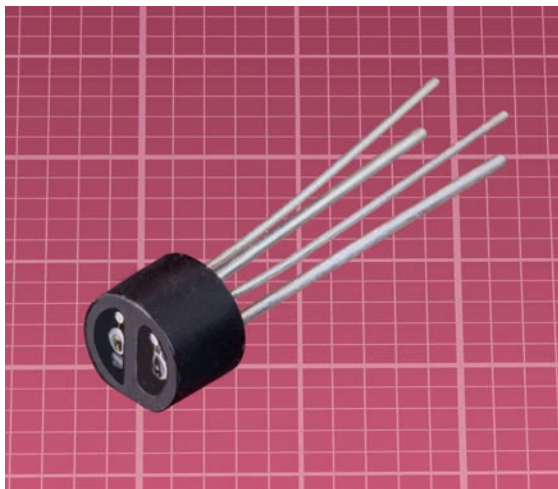
Optyczne wykrywacze odbiciowe bywają nazywane podobnie jak wykrywacze barierowe — mówi się, że są to *przełączniki optyczne*. Inne nazwy spotykane w kartach produktu to: *przerwywacz odbiciowy* (ang. *reflective interrupter*), *odbiciowy wykrywacz obiektów* (ang. *reflective object sensor*), *optyczny czujnik odbiciowy* (ang. *reflective optical sensor*), *fotoprzerwywacz odbiciowy* (ang. *reflective photointerrupter*), *optyczny czujnik przejścia* (ang. *opt-pass sensor*) i *fotomikrosensor* (ang. *photomicrosensor*). Brak jednolitej terminologii mocno utrudnia wyszukiwanie tych urządzeń w sklepach internetowych. Nie wiemy, dlaczego powstało tyle różnych nazw oznaczających dokładnie to samo urządzenie.

Dużo odbiciowych wykrywaczy obiektów ma postać kostek o wymiarach od 5×5 mm do 10×10 mm. Prawie wszystkie są urządzeniami analogowymi z diodą emitującą podczerwień jako źródłem światła i czujnikiem typu fototranzystor z otwartym kolektorem (więcej informacji na temat fototranzystora znajdziesz w rozdziale 22.).

Przy odpowiednim rezystorze podciągającym napięcie wyjściowe będzie odwrotnie proporcjonalne do odległości. Jeśli przez  $V$  oznaczymy napięcie, przez  $d$  odległość i przez  $k$  współczynnik konwersji, to zależność ta wyrazi się następującym wzorem:

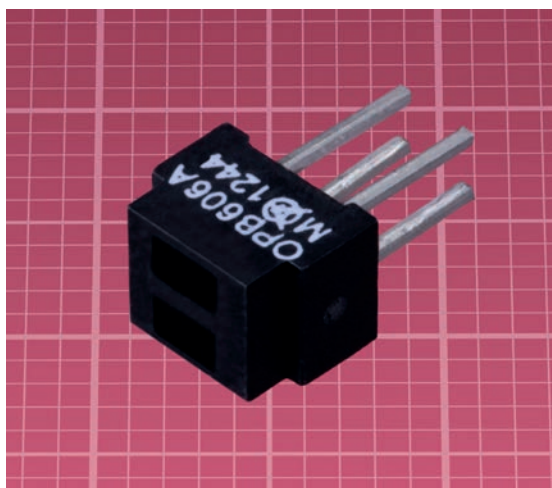
$$V = k * ( 1 / d )$$

Wiele małych modułów jest przystosowanych do montażu powierzchniowego, ale niektóre mają zwykłe wyprowadzenia do montażu przewlekane, co widać chociażby na rysunku 3.7. Największym ograniczeniem tych małych elementów jest ich naprawdę mały zakres działania — zazwyczaj nie przekracza 5 mm. Nadają się jedynie do stosowania w miejscach, gdzie położenie celu jest przewidywalne i mieści się w podanym zakresie.



**Rysunek 3.7.** Mały wykrywacz obiektów RT-530 firmy Rodan z równie małym zakresem działania, typowym dla tego rodzaju czujników odbiciowych. Tło stanowi kratka milimetrowa

Innym przykładem czujnika odbiciowego jest pokazany na rysunku 3.8 wykrywacz OPB606A firmy Optek. Tło stanowi kratka milimetrowa.



**Rysunek 3.8.** Wykrywacz obiektów OPB606A firmy Optek. W tle skala milimetrowa

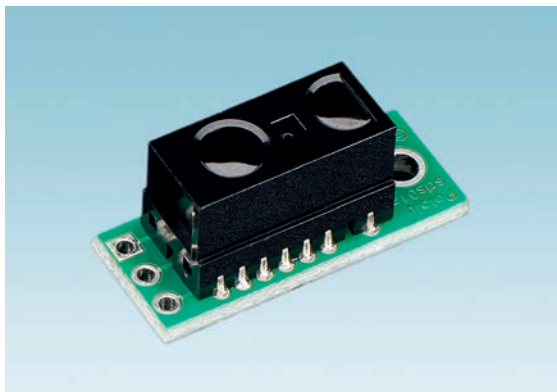
Na rysunku 3.9 pokazano moduł odbiciowy z soczewkową diodą świecącą i również soczewkowym fototranzystorem. Jest to wykrywacz TCRT5000 firmy Vishay. Soczewki mają zadanie skupiać światło, zarówno wysyłane, jak i odbierane.

Wykrywacze odbiciowe o większym zasięgu mają większe rozmiary, są mniej popularne i więcej kosztują. Firma Sharp produkuje serię takich czujników: GP2Y0D805ZoF (od 5 mm



**Rysunek 3.9.** Czujnik odbiciowy TCRT5000 firmy Vishay. W tle skala milimetrowa

do 5 cm), GP2Y0D810ZoF (od 2 cm do 10 cm) i GP2Y0D815ZoF (od 5 mm do 15 cm). Na rysunku 3.10 pokazano czujnik GP2Y0D810ZoF zamontowany na małej płytce modułowej w wykonaniu firmy Polulo Robotics and Electronics. Taka wersja okazuje się bardzo przydatna, ponieważ rozstaw pinów samego czujnika wynosi zaledwie 1,5 mm. Płytkę ma wymiary 8x20 mm.



**Rysunek 3.10.** Wykrywacz obiektów GP2Y0D810ZoF firmy Sharp zamontowany na płytce modułowej i w tej postaci oferowany przez firmę Polulo Robotics and Electronics. Zdjęcie udostępniła firma Adafruit Industries

Każdy z tych wykrywaczy firmy Sharp jest nazywany przez nią elementem czujnikowym mierzącym odległość, ale tak naprawdę żaden z nich odległości nie mierzy. Na wyjściu normalnie utrzymują stan wysoki i zmieniają go na niski, gdy wykrywają cel. Producent określa to jako wyjście cyfrowe, ale w rzeczywistości jest ono binarne i w żadnym wypadku nie należy go mylić z cyfrowym buforem w bardziej wyrafinowanym czujniku zbliżeniowym wyposażonym w przetwornik A/C i podającym na wyjście sygnał rzeczywiście cyfrowy.

Należy odróżniać wykrywacze obiektów firmy Sharp wymienione powyżej od serii **czujników zbliżeniowych**, które opisujemy w rozdziale 5. Czujniki zbliżeniowe są większe i najczęściej mają wyjście analogowe z sygnałem zmieniającym się wraz z odległością pomiędzy czujnikiem a celem.

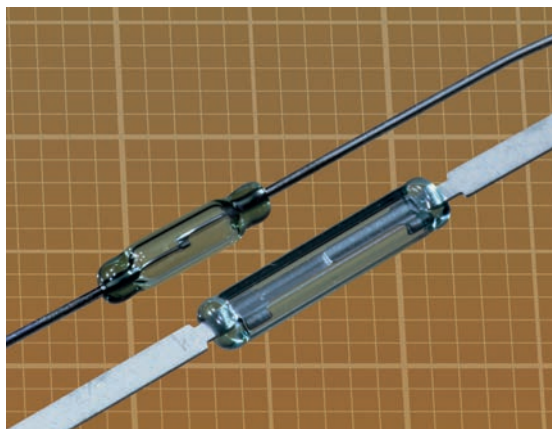
## Wykrywacze magnetyczne

Zestawy magnetycznych elementów czujnikowych są sprzedawane w wielu konfiguracjach gotowych do stosowania w urządzeniach przemysłowych i militarnych. Chociaż można by je nazwać czujnikami magnetycznymi, to jednak ze

względu na zakres zastosowań nie poświęcamy im więcej miejsca w *Encyklopedii*. Omówimy natomiast elementy montowane na płytkach drukowanych. Niemał zawsze elementem reagującym na pole magnetyczne będzie w tym przypadku *kontaktron* lub *czujnik Halla*.

## Kontaktron

Kontaktron jest przełącznikiem mechanicznym wyzwalanym magnetycznie. Składa się z dwóch metalowych styków zamkniętych w małej obudowie będącej zwykle szklaną kapsułką. Styki są magnetyczne i w polu magnetycznym przemieszczają się. Do wyzwalania kontaktronu służy najczęściej magnes stały. Dwa przykładowe kontaktrony są pokazane na rysunku 3.11.



**Rysunek 3.11.** Dwa kontaktrony typu SPST. Pozornie wydaje się, że styki są złączone, ale w rzeczywistości jest między nimi niewielka przerwa, co oznacza, że są to przełączniki normalnie otwarte. Tło stanowi kratka milimetrowa

Kontaktron wykazuje niewielką *histerезę*, ponieważ siła magnetyczna potrzebna do przezwyciężenia mechanicznego oporu sprężystych styków jest większa niż siła wymagana do utrzymania ich w stanie zwarcia.

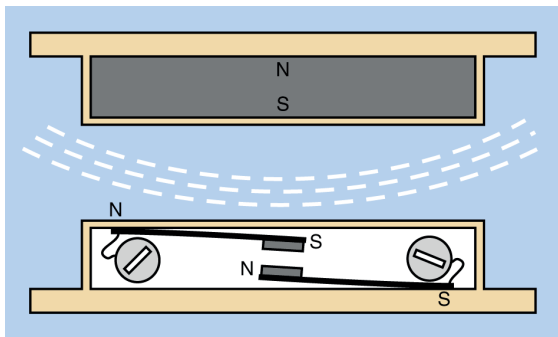
W małych przekaźnikach elektromagnetycznych służących do przełączania niewielkich prądów elementem przełączającym mogą być kontaktrony wyzwalane polem magnetycznym cewki indukcyjnej. My jednak traktujemy je w tej *Encyklopedii* jako przekaźniki, a nie czujniki. O **przekaźnikach** jest mowa w tomie 1.

Najpowszechniejszym zastosowaniem kontaktronów są systemy alarmowe. Zamknięty w plastikowej obudowie

magnes stały jest mocowany do skrzydła drzwi lub okna, a do ościeżnicy jest przytwierdzany kontaktron, również zamknięty w hermetycznej obudowie plastikowej. Przykład takiego zestawu jest pokazany na rysunku 3.12. Schemat działania takiego układu jest pokazany na rysunku 3.13.



**Rysunek 3.12.** Typowy zestaw kontaktronowy do sygnalizowania otwartych drzwi lub okna. Na pierwszym planie znajduje się moduł magnesowy, a na drugim — kontaktronowy

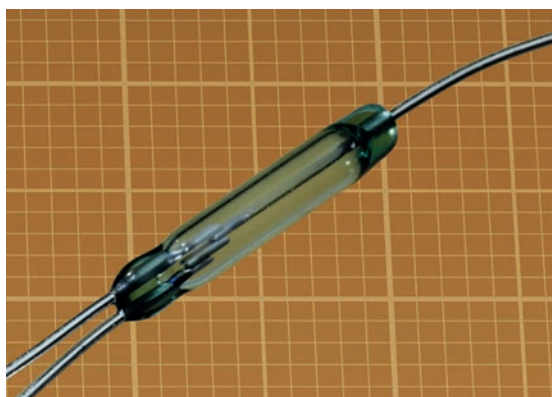


**Rysunek 3.13.** Białe linie przerywane oznaczają pole magnetyczne, które zwiiera styki kontaktronu

Gdy drzwi są zamknięte, magnes podtrzymuje zwarcie styków kontaktronu. Gdy drzwi się otwierają, magnes odsuwa się od kontaktronu i styki rozłączają się. Zazwyczaj w takich zastosowaniach kontaktron pełni funkcję przełącznika normalnie otwartego, a w stanie załączenia jest utrzymywany przez znajdujący się w pobliżu magnes. Kontaktrony można łączyć szeregowo i wtedy rozwarcie jednego z nich przerywa obwód, a to skutkuje włączeniem alarmu.

### Rodzaje kontaktronów

Większość kontaktronów działa jak przełączniki SPST normalnie otwarte lub normalnie zamknięte, choć częściej występują w wersji normalnie otwartej. Znacznie rzadziej



**Rysunek 3.14.** Kontaktron typu SPDT. To stanowi kratka milimetrowa

są wykonywane w wersji SPDT. Przykład właśnie takiego kontaktronu jest pokazany na rysunku 3.14.

Rozmiary kontaktronów są z grubsza proporcjonalne do natężenia przełączanego prądu.

Kontaktrony mają najczęściej wyprowadzenia rozmieszczone osiowo. Nieliczne są przystosowane do montażu powierzchniowego.

Niektóre są zamykane w obudowie plastikowej w celu ochrony szklanej kapsułki.

### Parametry kontaktronu

W kontaktronowych kartach produktu najczęściej są podawane następujące wartości:

**Amperozwoje załączenia** (ang. *pull-in*) — minimalna siła magnetyczna potrzebna do złączenia styków kontaktronu.

**Amperozwoje rozłączenia** (ang. *drop-out*) — maksymalna siła magnetyczna, przy której styki kontaktronu pozostają rozwarte. Ta wartość jest zawsze większa od poprzedniej.

**Maksymalny prąd przełączania** — maksymalne natężenie prądu, którego przełączenie nie spowoduje uszkodzenia styków kontaktronu. Tylko nieliczne kontaktrony przemysłowe są w stanie przełączać prądy o natężeniu nawet 100 A, ale są to urządzenia specjalistyczne i drogie. Dla popularnych kontaktronów o długości rzędu 15 mm wartość ta wynosi przeważnie 500 mA.

**Maksymalny prąd przewodzenia** — jeśli jest podany, to jego wartość jest większa niż maksymalnego prądu przełączania.

**Maksymalna moc przełaczania** — okreœla zdolnoœć przełaczania prądów zmiennych i jest wyrażona w watach (W) lub woltoamperach (VA). Najczęściej spotykaną wartoœcią jest 10 VA.

**Napięcie maksymalne** — największa wartoœć napięcia między rozwartymi stykami kontaktronu, przy której nie dochodzi do samoistnych wyładowań. Większość kontaktronów pracuje w obwodach o niskich napięciach i ten parametr nie ma większego znaczenia, ale niektóre mogą pracować nawet przy 200 V.

### Stosowanie kontaktronu

Podczas gdy optyczny wykrywacz obiektów może się mieœcić w jednej obudowie, zawierającej Źródło światła i jego odbiornik, kontaktron zawsze wymaga dodatkowego elementu, jakim jest magnes wyzwalający. Maksymalna odległość między magnesem a kontaktronem zapewniająca pewnoœć działania zestawu z reguły nie przekracza kilku milimetrów.

Orientacja magnesu nie jest wprawdzie sprawą kluczową, ale ma wpływ na czułość przełacznika. Informacji na temat optymalnego usytuowania obu elementów naleŹy szukać w karcie produktu.

Podobnie jak w każdym przełaczniku mechanicznym, styki kontaktronu drgają podczas otwierania i zamykania obwodu. Mikrokontroler lub inny cyfrowy układ logiczny może to zinterpretować jako ciąg szybko po sobie następujących impulsów. W celu wyeliminowania tego typu błędów może być konieczne zastosowanie sprzętowej lub programowej (w przypadku mikrokontrolera) eliminacji krótkotrwałych impulsów. Więcej informacji na ten temat znajdziesz w haśle **przełacznik** zawartym w tomie 1.

### Czujnik Halla

Czujnik Halla na obecnoœć pola magnetycznego reaguje wytworzeniem niewielkiego napięcia, które zazwyczaj jest wzmacniane przez tranzystor umieszczony w jednej obudowie z czujnikiem.

Gdy czujnik Halla jest w stanie wyłączenia (nie wykrywa obecnoœci pola magnetycznego), rezystancja pomiędzy kolektorem wewnętrznego tranzystora NPN a ujemną masą jest bardzo duża. W konsekwencji prąd płynący przez rezystor podciągający jest prawie zerowy i napięcie na kolektorze jest wysokie.

Gdy czujnik jest w stanie załączenia (wykrywa obecnoœć pola magnetycznego), rezystancja tranzystora maleje i napięcie kolektora zmniejsza się prawie do poziomu zerowego. Można więc sformułować ogólną zasadę:

- Czujnik Halla w polu magnetycznym ma na wyjściu niski poziom napięcia.
- Czujnik Halla poza polem magnetycznym ma na wyjściu wysoki poziom napięcia.

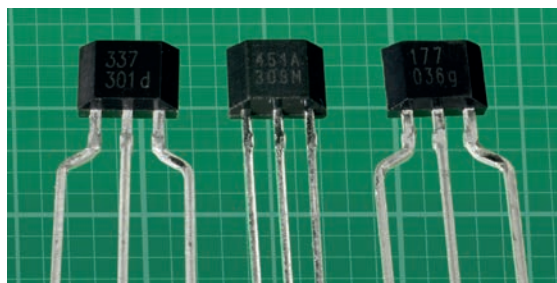
Więcej informacji na temat układów z otwartym kolektorem znajdziesz na końcu książki w dodatku A (patrz rysunek A.4).

Niezakłócony sygnał wyjściowy, pewnoœć działania, niewielkie wymiary i niska cena sprawiają, że czujnik Halla znajduje zastosowanie w szerokiej gamie urzãdzeń, począwszy od dysków twardych, przez aparaty fotograficzne, smartfony i klawiatury, aż po samochody. Czujniki tego typu sprawdzają się w sytuacjach, w których potrzebne jest wykrywanie ruchów mechanicznych z niewielkiej odległości. Na rysunku 3.15 pokazano trzy czujniki Halla przystosowane do montaŹu przewlekanego. Wersje przeznaczone do montaŹu powierzchniowego sã znacznie mniejsze.

### Działanie czujnika Halla

Gdy przez przewodnik umieszczony w prostopadłym do niego polu magnetycznym płynie prąd, na poruszające się elektrony i dziury działa siła magnetyczna zmuszająca te noœniki ładunku elektrycznego do kierowania się w stronę przeciwnych boków przewodnika. Zjawisko to znane jest jako *efekt Halla*.

Napięcie pomiędzy obszarem z przewagą elektronów a obszarem z przewagą dziur jest nazywane *napięciem Halla*. Jego wartoœć jest wprost proporcjonalna do indukcji pola



**Rysunek 3.15.** Czujniki Halla przystosowane do montaŹu przewlekanego. Tło stanowi kratka milimetrowa



magnetycznego i odwrotnie proporcjonalna do koncentracji swobodnych nośników ładunku elektrycznego w materiale, z którego czujnik jest wykonany. Dlatego efekt Halla można łatwiej zaobserwować w półprzewodnikach niż w metalach.

Elementy czujnikowe wykorzystujące w swoim działaniu efekt Halla zawierają oprócz samego czujnika także układ wzmacniający. Zazwyczaj są to tranzystor z otwartym kolektorem i wprowadzający pewną histerezę komparator lub przerzutnik Schmitta.

### Rodzaje czujników Halla

Powszechnie używane są cztery rodzaje czujników Halla:

#### Unipolarny

Reaguje na obecność pola magnetycznego o określonej polaryzacji dopiero wtedy, gdy indukcja tego pola przekroczy określoną wartość progową. Gdy pole słabnie, czujnik się wyłącza. Czujniki unipolarne są dostępne w wersjach wyzwalanych przez północny biegun magnetyczny lub przez biegun południowy.

#### Bipolarny

Włącza się, gdy jest zbliżany do magnetycznego bieguna północnego, i wyłącza po zbliżeniu do bieguna południowego. Przy braku zewnętrznego pola magnetycznego czujnik zachowuje swój stan (wyłączenia lub włączenia).

#### Omnipolarny

Umieszczony w silnym polu magnetycznym załącza się niezależnie od polaryzacji tego pola. Po usunięciu z pola magnetycznego wyłącza się. Można go traktować jak dwa czujniki unipolarne zamontowane odwrotnie jeden względem drugiego, ale mające wspólne wyjście z otwartym kolektorem. Taki czujnik działa podobnie jak kontaktron, z tym że wymaga zasilania.

#### Liniowy

Zwany jest też czujnikiem *analogowym*. Podaje na wyjście sygnał zmieniający się wraz z natężeniem zewnętrznego pola magnetycznego, a nie tylko przeskakujący pomiędzy poziomami niskim i wysokim. Przy braku pola magnetycznego sygnałem wyjściowym jest połowa napięcia zasilającego. Przy jednej polaryzacji tego pola napięcie wyjściowe może zmaleć prawie do zera, a przy przeciwnej — może wzrosnąć niemal do napięcia zasilającego.

W czujniku liniowym napięcie wyjściowe jest pobierane z emitera tranzystora PNP, a nie z kolektora. Między wyjście a masę należy włączyć rezystor o wartości co najmniej 2,2 k $\Omega$ .

Zmienny sygnał wyjściowy można traktować jako miarę odległości pomiędzy czujnikiem i przemieszczającym się magnesem. W takim trybie czujnik Halla działa jak **czujnik zbliżeniowy**, ale odległości, jakie może mierzyć, zwykle nie przekraczają 10 mm.

### Inne zastosowania czujnika Halla

Czujniki Halla są umieszczane w różnego typu komponentach. Przykładem może być **magnetometr**.

Szersze omówienie czujników Halla oraz obwodów do ich testowania znajdziesz w książce *Elektronika. Od teorii do praktyki. Kolejne eksperymenty*, z której pochodzi część prezentowanych tutaj rysunków.

## Wartości

*Pole magnetyczne w punkcie pracy* — minimalna wartość indukcji magnetycznej potrzebna do zmiany stanu na wyjściu czujnika. Jednostką jest gauss lub tesla, a do oznaczenia tego parametru używa się skrótu  $B_{Op}$ .

*Pole magnetyczne w punkcie wyłączenia* — maksymalna wartość indukcji magnetycznej pozwalająca na przejście czujnika w stan wyłączenia. Jednostką jest gauss lub tesla, a do oznaczenia tego parametru używa się skrótu  $B_{Rp}$ .

*Zakres wartości pola magnetycznego* — bywa określany dla liniowych (analogowych) czujników Halla.

*Napięcie zasilające* — może być dopuszczalne w zakresie od 3 V DC do nawet 20 V DC, ale też może być ograniczone do zakresu od 3 V DC do 5,5 V DC. Warto dokładnie sprawdzić w karcie produktu.

*Wydajność prądowa* wyjścia z otwartym kolektorem wynosi zwykle 200 mA.

## Stosowanie

Czujniki Halla mają najczęściej trzy wyprowadzenia. Warianty przystosowane do montażu przewlekane są najczęściej zamknięte w obudowie z czarnego tworzywa i swoim

wyglądem przypominają tranzystory TO-92, ale są od nich trochę mniejsze.

Popularne są wersje przeznaczone do montażu powierzchniowego.

Czujniki przystosowane do montażu przewlekane mają jedną stronę ściętą, a drugą — całkiem płaską. Strona ścięta jest traktowana jako przednia. Czujnik reaguje zmianą stanu na wyjściu, jeśli do strony przedniej zbliża się odpowiedni biegun magnetyczny.

Oznaczenie katalogowe jest umieszczane na części przedniej i często jest ograniczone do zaledwie trzech znaków. Poniżej tego oznaczenia umieszczana jest często w formie zakodowanej data produkcji.

Podstawowy obwód podłączenia czujnika Halla wygląda tak jak podstawowy obwód podłączenia fototranzystora. Dwa wyprowadzenia należy połączyć z zasilaniem i masą. Zasilanie należy też doprowadzić poprzez rezystor podciągający do trzeciego wyprowadzenia, które jest wyjściem typu otwarty kolektor (z wyjątkiem opisanych wcześniej liniowych czujników Halla). To samo wyprowadzenie należy połączyć również z wejściem następnego elementu, którego pobór prądu nie będzie przekraczał 20 mA.

## Konfiguracje wykrywaczy obiektów

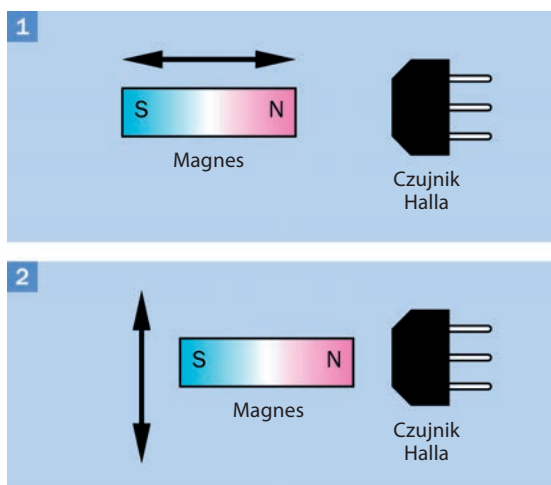
Większość poniższych propozycji odnosi się do czujników Halla, ale pewne ogólne zasady dotyczą także czujników optycznych.

### Ruch postępowy

Wykrywacz może być wyzwalany zbliżaniem się do niego źródła czynnika wyzwalającego (światła lub pola magnetycznego). Wielu nazywa to *trybem frontalnym*. Wyzwalanie może się odbywać także wtedy, gdy źródło przemieszcza się obok czujnika — mówimy wtedy o *trybie poprzecznym*. Oba tryby są pokazane schematycznie na rysunku 3.16.

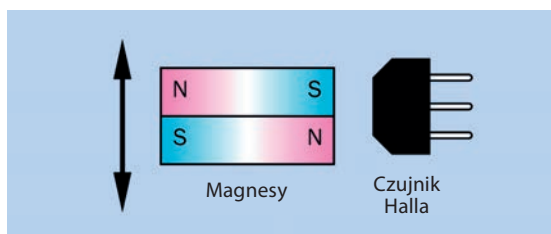
Tryb poprzeczny jest częściej stosowany, ponieważ eliminuje ryzyko uszkodzenia czujnika, jakie istnieje w trybie frontalnym.

Zastosowanie bipolarnego czujnika Halla w trybie poprzecznym i dwóch magnesów o przeciwnej biegunowości



**Rysunek 3.16.** Część pierwsza rysunku przedstawia wykrywacz działający w trybie frontalnym, a część druga — w trybie poprzecznym

dających wypadkowe pole magnetyczne z nagłą zmianą biegunów pozwala uzyskać większą precyzję wykrywania. Przy magnesach neodymowych można uzyskać dokładność 0,01 mm, a nawet większą. Schemat takiej konfiguracji jest pokazany na rysunku 3.17.



**Rysunek 3.17.** Przez połączenie dwóch magnesów o przeciwnej biegunowości można znacznie zwiększyć precyzję działania bipolarnego czujnika Halla

## Wykrywanie przez przerywanie strumienia magnetycznego

Czujnik zwany *optoprzerywaczem* zmienia stan sygnału wyjściowego, gdy obiekt przerywa strumień światła biegnący od źródła do odbiornika. Podobny układ można zastosować z czujnikiem Halla lub kontaktronem, ale obiekt musi być cienki i ferromagnetyczny. Taka konfiguracja jest nazywana *przerywaczem z ferromagnetykiem*.

Należy podkreślić, że magnes działa stosunkowo dużą siłą na obiekt ferromagnetyczny, a to może stanowić problem — na przykład w przypadku czujników ścieżki papieru w fotokopiarce.

Dodatkowe informacje na temat wykrywania i mierzenia ruchomych obiektów są podane w haśle dotyczącym **czujnika położenia liniowego** (rozdział 6.).

## Ruch obrotowy

Za pomocą jednego lub kilku magnesów i czujnika Halla można wykrywać ruch obrotowy oraz określać względne lub bezwzględne położenie kątowe obracającego się obiektu. Na podstawie uzyskanych danych można dodatkowo określić prędkość obrotową takiego obiektu. Kilka technik realizacji takich układów pomiarowych jest opisanych w haśle poświęconym **czujnikowi położenia kąowego** (rozdział 7.).

## Porównanie czujników

### Zalety optycznych wykrywaczy obiektów

- Nie ulegają znacząco wpływom pól magnetycznych, które mogą zakłócać działanie czujników Halla i kontaktronów.
- Mieszczą się w jednej małej obudowie.
- Niektóre modele osiągają zasięg do 50 cm.
- Umożliwiają wykrywanie obiektów przesłaniających źródło światła (w konfiguracji *optoprzerywacza*).

### Wady optycznych wykrywaczy obiektów

- Muszą mieć czystą linię widzenia w kierunku obiektu lub odbłyśnika.
- Kurz i zabrudzenia mogą zakłócać działanie czujnika.
- Ograniczona żywotność diody świecącej.
- Światło otaczające może zakłócać pracę czujnika.
- Często wymagane jest stosowanie rezystora szeregowego dla diody świecącej i rezystora podciągającego na wyjściu z otwartym kolektorem.
- Zakres dopuszczalnych napięć zasilających jest zwykle dość wąski.

### Zalety kontaktronu

- Brak biegunowości.
- Nie wymaga dodatkowych elementów elektronicznych (potrzebny jest tylko magnes).
- Może przełączać zarówno prąd stały, jak i zmienny.
- Niektóre modele mogą pracować nawet przy napięciu 200 V.
- Może być utrzymywany w stanie otwartym lub zamkniętym bez zużywania energii.
- Wiele modeli jest w stanie przełączać prądy o natężeniu do 500 mA, a niektóre mogą przełączać jeszcze większe prądy.
- Nie może go wyzwolić obiekt niemagnetyczny (tworzywo, papier).
- Kurz i brud nie wpływają znacząco na jego działanie.

### Wady kontaktronu

- Wymaga oddzielnego magnesu (którego położenie należy dobrać bardzo starannie, aby nie zakłócić pracy innych elementów).
- Nie można go zminiaturyzować do poziomu typowego dla chipów montowanych powierzchniowo.
- Szklana kapsułka jest podatna na uszkodzenia.
- Podczas zwierania i rozwierania styków może dochodzić do wyładowań elektrycznych.
- Może działać niepewnie, jeśli współpracujący z nim magnes jest oddalony o więcej niż kilka milimetrów.
- Jest podatny na przypadkowe wyzwalenie przez inne pola magnetyczne.
- W przestrzeni oddzielającej go od magnesu może wykrywać tylko obiekty ferromagnetyczne.
- Jeśli ma współpracować z układem logicznym lub mikrokontrolerem, wymaga podjęcia działań zapewniających eliminację skutków drgań styków.

### Zalety czujnika Halla

- Solidny element półprzewodnikowy.
- Można go montować powierzchniowo.

- Jest bardzo tani.
- Reaguje błyskawicznie.
- Nie ma problemu z drgającymi stykami.
- Jest niezwykle trwały — praktycznie nie zużywa się.
- Kurz i pył nie szkodzą mu w takim stopniu jak czujnikom optycznym.

## Wady czujnika Halla

- Wymaga oddzielnego elementu w postaci magnesu (którego położenie należy dobrać bardzo starannie, aby nie zakłócić pracy innych elementów).
- Wyjście w formie otwartego kolektora ma wydajność prądową ograniczoną zwykle do 20 mA albo nawet mniej.
- Jest podatny na wpływy zewnętrznych pól magnetycznych.
- W przestrzeni oddzielającej go od magnesu może wykrywać tylko obiekty ferromagnetyczne.

## Możliwe błędy

### Wykrywacze optyczne

#### Zużywanie się diod świecących

W większości wykrywaczy optycznych źródłem światła są diody świecące (LED-y). Diody te mają wiele zalet (patrz tom 2.), ale w miarę upływu czasu ich wydajność stopniowo maleje. W urządzeniach pracujących z przerwami i przez większość czasu w trybie ekonomicznym, czyli z wyłączonymi głównymi podzespołami, jak np. fotokopiarka, czujniki optyczne mogą zachowywać swoją sprawność w nieskończoność. Jeśli natomiast diody muszą świecić ciągle, ich wydajność stosunkowo szybko maleje i już po trzech latach ilość emitowanego światła staje się znacząco mniejsza. Z tego powodu wykrywacze optyczne należy dobrać ze znacznym zapasem wydajności świetlnej.

### Zbyt mała odległość do wykrywanego obiektu

W niektórych wykrywaczach optycznych i ultradźwiękowych źródło sygnału i jego odbiornik są nachylone ku sobie (jak pokazano w częściach 3. i 4. rysunku 3.3). Sygnał docierający do odbiornika będzie najmocniejszy wtedy, gdy wykrywany obiekt znajdzie się w punkcie przecięcia osi obu podzespołów. Gdy będzie bliżej, sygnał osłabnie i odczyt wskazań takiego wykrywacza może sugerować, że obiekt znajduje się zdecydowanie dalej — po przeciwnej stronie punktu przecięcia. Aby uniknąć takich nieporozumień, należy wykluczyć możliwość pojawienia się obiektu bliżej czujnika niż podana przez producenta odległość minimalna.

### Kontaktrony

#### Uszkodzenie mechaniczne

Podczas zginania wyprowadzeń kontaktronu może dojść do pęknięcia szklanej kapsuły. Z kontaktronami należy się obchodzić bardzo ostrożnie.

#### Drgania styków

Jeśli kontaktron jest podłączony do wejścia układu logicznego lub mikrokontrolera, drgania styków występujące przy ich zwieraniu i rozwieraniu mogą być łatwo pomyłone z ciągiem krótkotrwałych impulsów polegających na zamykaniu i natychmiastowym przerywaniu obwodu. W takiej sytuacji konieczne jest stłumienie tych drgań za pomocą dodatkowych elementów elektronicznych lub zaprogramowanie stosownego opóźnienia w analizowaniu sygnału odbieranego przez mikrokontroler.

#### Wyładowania elektryczne

Przy przełączaniu dużych napięć lub prądów może dochodzić do przeskoków iskry pomiędzy stykami kontaktronu, a najczęściej zdarza się to podczas przejść ze stanu zwarcia do stanu rozwarcia. Wyładowania powodują erozję styków. Problem potęguje się, jeśli obwód zewnętrzny ma charakter indukcyjny. Przy napięciach nieprzekraczających 5 V wyładowania raczej się nie pojawiają i żywotność styków wydłuża się.

# Skorowidz

## A

akcelerometr, 5, 53, 61, 67, *Patrz także* czujnik drgań, czujnik nachylenia, GPS, żyroskop  
druga zasada dynamiki Newtona, 69  
działanie, 68  
funkcja, 67  
IMU, 67  
LIS244ALH, 70  
możliwe błędy, 72  
rodzaje, 70  
symbol schematyczny, 28  
wartości, 71  
zastosowania, 68  
amperomierz, 193  
podłączanie, 194  
anemometr, 121  
ultradźwiękowy, 122  
z sondą cieplną, 123  
Arduino, 32, 65, 89, 95, 208  
azymut, 8

## B

bargraf, 201  
barometr, 112  
bocznik pomiarowy, 195  
breakover switch, 53

## C

cel, 212  
ciepła stała czasowa, 148  
ciśnienie  
akustyczne, 190  
atmosferyczne, 110  
bezwzględne, 111  
dynamiczne, 109

gazu, 112  
krwi, 110  
manometryczne, 111  
powietrza, 112  
różnicowe, 111  
statyczne, 109  
czujnik alkoholu, 116  
czujnik barometryczny, 112  
czujnik ciśnienia, 109, *Patrz także* czujnik poziomu cieczy, czujnik prędkości przepływu cieczy, czujnik prędkości przepływu gazu  
barometr, 112  
bezwzględnego, 113  
działanie, 110  
elementy sensoryczne, 110  
funkcja, 109  
gazu, 113  
możliwe błędy, 113  
rodzaje pomiarów, 110, 111  
symbole schematyczne, 109  
zastosowania, 109  
czujnik dotyku, 87, *Patrz także* czujnik nacisku, ekran dotykowy  
AT42QT1012, 89  
biblioteka dla Arduino, 89  
działanie, 88  
funkcja, 87  
krążek dotykowy, 90  
możliwe błędy, 91  
płytki dotykowej, 89, 90  
pojemnościowy, 89  
stosowanie, 88  
symbole schematyczne, 88  
zastosowania, 88  
czujnik drgań, 73, *Patrz także* akcelerometr, czujnik nachylenia, czujnik nacisku

funkcja, 73  
LDT0-028K, 74  
magnetyczny, 75  
możliwe błędy, 77  
parametry dynamiczne, 76  
piezoelektryczny, 75  
rodzaje, 74  
sprężynowy, 75  
stosowanie, 77  
symbole schematyczne, 73  
wartości, 76  
wibracyjny przełącznik rtęciowy, 76  
czujnik GPS, *Patrz* GPS, 1  
czujnik Halla, 18, 39  
działanie, 18  
rodzaje, 19  
stosowanie, 19  
wady, 22  
wartości, 19  
zalety, 21  
czujnik magnetyczny, *Patrz* magnetometr, 5, 61  
czujnik masowego natężenia przepływu, 123  
MEMS, 124  
możliwe błędy, 125  
termiczny, 124  
zastosowania, 124  
czujnik MEMS, 124  
czujnik nachylenia, 53, *Patrz także* akcelerometr, czujnik drgań  
28036, 58  
AHF22, 57  
dwuosiowy, 57  
działanie, 54, 58  
funkcja, 53  
możliwe błędy, 59  
symbol schematyczny, 53

czujnik nacisku, 79, *Patrz także* czujnik dotykowy, czujnik drgań  
A401, 83  
dane katalogowe, 85  
działanie, 80  
FSR406, 83  
funkcja, 79  
moduły tensometryczne, 82  
możliwe błędy, 86  
piezoelektryczny, 80  
rezystancyjny, 80, 84  
stosowanie, 84  
symbol schematyczny, 80  
tensometr, 80  
wartości, 85  
z folii plastikowej, 83, 84  
zastosowania, 79  
czujnik napięcia, 199, *Patrz także* czujnik natężenia prądu  
działanie, 200  
funkcja, 199  
możliwe błędy, 201  
symbol schematyczny, 200  
woltomierz, 199  
zastosowania, 199  
czujnik natężenia prądu, 193, *Patrz także* czujnik napięcia  
funkcja, 193  
możliwe błędy, 197  
pomiar napięcia, 196  
symbol schematyczny, 194  
z efektem Halla, 196  
czujnik natężenia przepływu gazu, 121, *Patrz także* czujnik prędkości przepływu cieczy  
anemometr, 122  
anemometr ręczny, 122  
działanie, 121  
funkcja, 121

- natężenie przepływu masowego, 123
- symbol schematyczny, 121
- zastosowania, 121
- czujnik obecności, *Patrz* wykrywacz obiektów, 11
- czujnik obrotu, *Patrz* czujnik położenia kąтового, 43
- czujnik odbiciowy, 11
- czujnik odkształcenia, 83
- czujnik optyczny
- barierowy, 12, 13
  - odbiciowy, 14
- czujnik podczerwieni pasywny, PIR, 23, *Patrz także* czujnik zbliżeniowy, wykrywacz obiektów
- działanie, 24
- funkcja, 23
- możliwe błędy, 28
- rodzaje, 27
- soczewki, 25
- symbole schematyczne, 23
- zastosowania, 23
- czujnik położenia kąтового, 43, *Patrz także* czujnik położenia liniowego
- AMS22, 45
- enkoder obrotowy, 46
- magnetyczny, 50
  - optyczny, 46
- funkcja, 43
- kierunek obrotów, 50
- magnetyczny, 45
- możliwe błędy, 51
- położenie bezwzględne, 49
- potencjometri, 44
- prędkość obrotowa, 48
- schemat budowy, 45
- stosowanie, 51
- symbol schematyczny, 43
- zastosowania, 43
- czujnik położenia liniowego, 37, *Patrz także* czujnik położenia kąтового, czujnik zbliżeniowy
- wykrywacz obiektów
- działanie, 37
- enkoder liniowy
- magnetyczny, 38
  - optyczny, 39
- funkcja, 37
- LVDT, 40
- możliwe błędy, 41
- potencjometr liniowy, 38
- symbol elektryczny, 37
- transformatorowy, 40
- zastosowania, 37
- czujnik położenia początkowego, 49
- czujnik położenia wstępnego, 39
- czujnik poziomu cieczy, 97, *Patrz także* czujnik ciśnienia, czujnik prędkości przepływu cieczy
- działanie, 98
- funkcja, 97
- możliwe błędy, 101
- plywakowy
- z wyjściem analogowym, 99
  - z wyjściem binarnym, 98
  - z wyjściem przyrostowym, 99
- pomiar ciśnienia, 101
- symbole schematyczne, 97
- ultradźwiękowy, 100
- ważenie zbiornika, 100
- wypornościowy, 99
- zastosowania, 97
- czujnik prędkości przepływu cieczy, 103, *Patrz także* czujnik ciśnienia, czujnik poziomu cieczy, czujnik prędkości przepływu gazu
- funkcja, 103
- łopatkowy, 103
- magnetyczny, 106
- możliwe błędy, 107
- ograniczenia, 105
- przełącznik przepływowy, 105, 106
- przepływomierz różnicowo-ciśnieniowy, 107
- termiczny, 105
- symbole schematyczne, 103
- turbinowy, 104
- ultradźwiękowy, 106
- czujnik przejścia, *Patrz* czujnik optyczny barierowy, 12
- czujnik przemieszczeń liniowych o układzie różnicowym, 40
- czujnik punktu rosy, 117
- czujnik refleksyjny, 11
- czujnik ruchu, *Patrz* czujnik podczerwieni pasywny, PIR, 23
- czujnik stężenia gazu, 115, *Patrz także* czujnik ciśnienia
- możliwe błędy, 120
- półprzewodnikowy, 115
- symbol schematyczny, 115
- czujnik światła, 139
- czujnik temperatury
- na podczerwień, 181, *Patrz także* termopara, czujnik podczerwieni pasywny
  - działanie, 182
  - funkcja, 181
  - montowany
    - powierzchniowo, 184  - możliwe błędy, 185
  - pomiar temperatury, 183
  - rodzaje, 184
  - symbol schematyczny, 182
  - wartości, 185
  - zastosowania, 182
- półprzewodnikowy, 150, 171
- analogowe wyjście napięciowe, 174
- analogowe wyjście prądowe, 175
- działanie, 173
- funkcja, 171
- możliwe błędy, 179
- PTAT, 173
- rodzaje, 174
- serie, 174–178
- symbol schematyczny, 172
- typu CMOS, 178
- układ Brokawa, 173
- właściwości, 172
- wyjście cyfrowe, 177
- zastosowania, 172
- rezystancyjny, RTD, 143, 155, 167, *Patrz także* termistor, termopara
- atrybuty, 167
- działanie, 168
- L420, 169
- możliwe błędy, 170
- przetwarzanie sygnału, 170
- rodzaje, 168
- symbol schematyczny, 168
- zastosowania, 168
- typy, 149
- czujnik tlenu, 117
- czujnik wagowy, 79
- czujnik wilgotności, 115, 117
- analogowy, 119
- bezwzględnej, 118
- cyfrowy, 120
- HIH4030, 120
- względnej, 118
- czujnik wykrywający obecność obiektu, *Patrz* wykrywacz obiektów, 11
- czujnik zbliżeniowy, 29, *Patrz także* wykrywacz obiektów, czujnik podczerwieni pasywny
- działanie, 35
- funkcja, 29
- GP2YoA2iYKoF, 32
- HC-SR04, 32
- HSDL-9100, 34
- MBW03, 31
- możliwe błędy, 35, 36
- na podczerwień, 30–33
- pojemnościowy, 34
- rodzaje, 30
- symbole elektryczne, 29
- ultradźwiękowy, 29–31
- wartości, 35
- zastosowania, 29, 34
- czujnik zderzeniowy, 79
- czujnik zintegrowany, 211
- czujniki
- wyjście analogowe
    - napięcie, 204
    - natężenie prądu, 207
    - otwarty kolektor, 206
    - rezystancja, 205  - wyjście binarne
    - częstotliwość, 208
    - PWM, 207
    - stan wysoki lub niski, 207
    - wyjście cyfrowe
      - l2C, 208
      - SPI, 208
- czułość skrośna, 116
- ## D
- dalmierz, 29
- DC, dissipation constant, 148
- deklinacja magnetyczna, 7
- detektor piroelektryczny, 24, 25
- dielektryk, 88, 211
- diody lawinowe, 132
- drżania styków, 22, 211
- dziura elektronowa, 131
- ## E
- efekt
- Dopplera, 2
  - fotowoltaiczny, 131
  - gitarowy stomp box, 129

Halla, 8, 18, 196  
Seebecka, 161  
ekran dotykowy, 93, *Patrz także*  
czujnik dotyku, czujnik nacisku  
części elektroniczne, 94  
funkcja, 93  
kompatybilny z Arduino, 95  
pojemnościowy, 94  
rezystancyjny, 93  
symbol schematyczny, 93  
enkoder  
liniowy  
zastosowania, 40  
magnetyczny, 38  
optyczny, 39  
mechaniczny, 46  
obrotowy, 46  
działanie, 46  
magnetyczny, 39, 50  
MRB25, 47  
optyczny, 46, 48  
prędkość obrotowa, 48

## F

fotodarlington, 138  
fotodioda, 131, *Patrz także*  
dioda, fotorezystor,  
fototranzystor  
działanie, 131  
funkcja, 131  
matryce, 133  
możliwe błędy, 135  
obudowy, 132  
opcje wyjść, 133  
PIN, 132  
rodzaje, 132  
stosowanie, 135  
symbole schematyczne, 131  
warianty, 133  
wartości, 134  
zakres długości fal, 132  
zastosowania, 131  
fotoprzełącznik, 12  
fotoprzerywacz, 12  
fotorezystor, 127, *Patrz także*  
fotodioda, fototranzystor,  
rezystor  
budowa, 128  
dobór rezystora  
szeregowego, 130  
działanie, 127  
funkcja, 127  
możliwe błędy, 130

rodzaje, 128  
stosowanie, 129  
symbol schematyczny, 127  
w optoizolatorach, 128  
wartości, 129  
fototranzystor, 129, *Patrz także*  
czujnik podczerwieni  
pasywny, fotodioda,  
fotorezystor, tranzystor  
działanie, 138  
FET, 138  
funkcja, 137  
możliwe błędy, 141  
napięcie wyjściowe, 140  
podłączenie bazy, 138  
rodzaje, 138  
selekcjonowanie, 140  
stosowanie, 140  
symbole schematyczne, 137  
wartości, 139  
zastosowania, 137  
FOV, field of view, 185

## G

GPS, global positioning  
system, 1, *Patrz także*  
magnetometr  
czujnik, 1  
działanie, 1  
funkcja, 1  
moduł, 1, 3  
możliwe problemy, 4  
odbiornik, 1, 2  
rodzaje, 2  
satelity, 2  
stosowanie, 3  
symbol schematyczny, 1  
wartości, 3  
wyjście 1-hercowe, 3  
grawitacja, 69

## H

higrometr, 117  
histereza, 211

## I

I<sup>2</sup>C, 8, 64, 88, 208, 212  
ICL, inrush current limiter, 146  
IMU, inertial measurement unit,  
5, 61, 64, 67, 212  
indukcja magnetyczna, 6

inercyjna jednostka pomiarowa,  
IMU, 5, 61, 64, 67, 212  
inklinometr, 53

## J

jednostka  
ciśnienia, paskal, Pa, 110  
indukcji magnetycznej,  
tesla, T, 6  
kąta bryłowego, steradian, 182  
miary mocy, dBm, 3  
mocy elektrycznej,  
woltampier, VA, 18  
natężenia dźwięku, decybel,  
dB, 190, 211  
natężenia przepływu  
masowego, SLM, 124  
siły, niuton, N, 212  
temperatury, kelwin, K, 148, 212

## K

kąt połówkowy, 134, 139  
klinometr, 53  
kod Graya, 49, 50  
kompas, 5  
kondensator sprzęgający, 77  
kontaktron, 16  
możliwe błędy, 22  
parametry, 17  
rodzaje, 17  
stosowanie, 18  
typu SPDT, 17  
wady, 21  
zalety, 21  
kwadratura, 39, 46, 212

## M

magistrala  
I<sup>2</sup>C, 8, 64, 88, 208, 212  
SPI, 64, 208  
magnes sztabkowy, 6  
magnetometr, 5, 61, *Patrz także*  
akcelerometr, GPS, żyroskop  
działanie, 6  
funkcja, 5  
IMU, 5  
indukcyjny, 7  
możliwe błędy, 9  
rodzaje, 8  
skalarny, 5  
stosowanie, 9

symbol schematyczny, 5  
wektorowy, 5  
zastosowania, 6  
magnetozeystancja, 8  
magnetyczne enkodery  
liniowe, 38  
MEMS, 189, 212  
mikrofon  
charakterystyka  
częstotliwościowa, 191  
czułość, 190  
dynamiczny, 188  
działanie, 188  
elektretowy, 188  
funkcja, 187  
impedancja, 191  
kierunkowość, 190  
możliwe błędy, 192  
piezoelektryczny, 189  
pojemnościowy, 188  
stosunek sygnału do  
szumu, 192  
symbol schematyczny, 187  
typu MEMS, 189  
węglowy, 188  
zniekształcenia  
harmoniczne, 192  
mostek Wheatstone'a, 81, 145,  
155, 212  
błędy, 82  
mysz optyczna, 48

## O

obrazowanie termiczne, 185  
odbiornik podczerwieni, 14  
ogranicznik  
prądu rozruchowego, 156, 157  
przeciążenia, ICL, 146  
optoizolator, 128  
optoprzerywacz, 20  
optyczny  
czujnik  
barierowy, 12, 13  
odbićowy, 14  
enkoder, 46  
liniowy, 39  
oś kuli ziemskiej, 7

## P

pasmo przenoszenia, 188  
pasywny czujnik podczerwieni,  
PIR, 11, 212

PDM, pulse dense modulation, 189  
PIR, passive infrared sensor, 11, 212, *Patrz* czujnik podczerwieni pasywny  
płytki  
dotykowa, 87, 90  
modułowa, 211  
pływak, 98, 99  
podłączanie  
amperomierza, 194  
woltomierza, 200  
pole  
magnetyczne, 6  
widzenia, FOV, 185  
południki  
geograficzne, 7  
magnetyczne, 7  
pomiar  
ciśnienia, 101  
napięcia, 196  
temperatury, 183  
potencjometr  
liniowy, 38  
obrotowy, 44  
wielobrotowy, 44, 45  
poziom ciśnienia  
akustycznego, 190  
PPS, puls persecond, 4  
prąd ciemny, 131  
prędkość  
kątowna, 67  
obrotowa, 48, 64  
promieniowanie  
cieplne, 181  
podczerwone, 11, 23, 181  
protokół  
I<sup>2</sup>C, 8, 64  
NMEA, 3  
SPI, 64  
przełącznik  
pływakowy, 55  
przechylowy  
CW1300, 54  
czujniki nachylenia, 56, 57  
działanie, 54  
elektromechaniczny, 58  
magnesowanie, 56  
rtęciowy, 56  
stosowanie, 58  
wahadłowy, 56  
wartości, 58  
zastosowania, 54  
optyczny, 14

rtęciowy, 76  
SPST, 17  
tip-over, 55  
wahadłowy, 56  
przepływomierz  
różnicowo-ciśnieniowy, 107  
termiczny, 105  
przetwornik  
analogowo-cyfrowy,  
A/C, 8, 16, 39, 71, 204,  
205, 211  
napięcie-częstotliwość, 205  
położenia liniowego,  
*Patrz* czujnik położenia  
liniowego, 37  
typu flash, 204  
z podwójnym  
całkowaniem, 205  
z sukcesywną  
aprosymacją, 205  
przyspieszenie  
grawitacyjne, 67  
liniowe, 71  
PTAT, 173  
punkt rosy, 117  
PWM, pulse width  
modulation, 207

## R

radiancja spektralna, 182  
rejestr, 212  
rezystor  
podciągający, 212  
pomiarowy, 195  
szeregowy, 194  
RTD, resistance temperature  
detector, 167  
rurka Bourdona, 110

## S

satelitarny system  
nawigacyjny, GPS, 1  
SCCM, 124  
silistor, 154  
SLM, 124  
soczewka Fresnela, 25–27  
sonda RTD, 169  
SPI, serial peripherals  
interface, 208  
stała rozpraszania energii,  
DC, 148  
swobodne spadanie, 69

## Ś

ślizgacz, 38, 44

## T

taśma piezoelektryczna, 74  
TC, temperatur coefficient, 148  
temperatura odniesienia, 212  
tensometr, 80, 86  
wzmocnienie, 82  
termistor NTC, 147, 149, *Patrz*  
*także* czujnik podczerwieni  
pasywny, czujnik temperatury,  
termopara  
dobór rezystora  
szeregowego, 145  
działanie, 144  
funkcja, 143  
mostek Wheatstone'a, 145  
ogranicznik prądu  
początkowego, 146  
porównanie czujników  
temperatury, 149  
sygnał wyjściowy, 144  
symbole schematyczne, 143  
wartości, 147  
wartość temperatury, 146  
zastosowania, 143  
termistor PTC, 150, 153, *Patrz*  
*także* czujnik temperatury  
na podczerwień,  
czujnik temperatury  
półprzewodnikowy,  
termopara  
B57237S509M, 147  
dla prądu rozruchowego, 157  
do statecznika  
oświetleniowego, 158  
funkcja, 153  
jako element grzejny, 158  
krzemowy, 154  
KTY81, 154  
liniowy, 154  
możliwe błędy, 149, 158  
nieliniowy, 154, 155  
ogranicznik prądu  
rozruchowego, 156  
PTCSL, 156  
rezystancja, 145  
symbole  
schematyczne, 153  
z ogrzewaniem  
wewnętrznym, 154

z ogrzewaniem  
zewnętrznym, 154  
zabezpieczenie nadprądowe,  
156, 157  
termopara, 150, 159, 162, *Patrz*  
*także* czujnik temperatury,  
termistor NTC, termistor PTC  
działanie, 161  
funkcja, 159  
tensometr, 80, 86  
rodzaje, 162  
stosowanie, 162  
symbol schematyczny, 160  
współczynnik Seebecka, 163  
zastosowania, 160  
termostos, 159, 164, 183  
tłumienie drgań styków, 59  
touchpad, 88  
triangulacja, 30  
TTFF, time to first fix, 3

## U

układ Brokawa, 173

## V

vactrol, 128

## W

wibrometr, 73  
wilgotność  
bezwzględna, 117  
względna, 117  
woltomierz, 199  
podłączanie, 200  
współczynnik  
kalibracyjny, 80  
Seebecka, 163  
temperaturowy, 148, 212  
wyjście  
analogowe, 32, 211  
napięcie, 204  
natężenie prądu, 207  
otwarty kolektor, 206  
rezystancja, 205  
binarne, 97, 98, 211  
częstotliwość, 208  
PWM, 207  
stan wysoki lub niski, 207  
wykrywacz obiektów, 11, *Patrz*  
*także* czujnik podczerwieni  
pasywny, czujnik zbliżeniowy



czujnik Halla, 18  
funkcja, 11  
GP2YoD8ioZoF, 16  
konfiguracje, 20  
kontaktron, 16  
magnetyczny, 16  
możliwe błędy, 22  
odbiciowy, 12  
OPB6o6A, 15  
optyczny, 12  
refleksyjny, 13  
rodzaje, 12

RT-530, 15  
ruch obrotowy, 21  
ruch postępowy, 20  
symbol  
  schematyczny, 11  
TCRT5000, 15  
TSSP77038, 14  
wady, 21  
zalety, 21  
wyłącznik tip-over, 53  
wzmocnienie  
  tensometru, 82

## Z

zabezpieczenie  
  przed przegrzaniem, 154, 172  
  nadprądowe, 156  
zasada wymiany ciepła, 123

## Ż

żyroskop, 5, 61, *Patrz także*  
  akcelerometr, GPS,  
  magnetometr

działanie, 62  
funkcja, 61  
IMU, 61  
LIS331DLH, 63  
możliwe błędy, 65  
rodzaje, 64  
stosowanie, 65  
symbol schematyczny, 61  
układy IMU, 64  
wartości, 64  
wibracyjny, 62  
zastosowania, 61



# 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** 

---

## Czujniki elektroniczne: masz wszystkie potrzebne informacje w jednym miejscu!

Elektronik, zwłaszcza gdy pracuje nad trudniejszymi projektami, musi mieć dostęp do rzetelnych i sprawdzonych informacji. Oczywiście, jakies dane są dostępne w kartach produktów, biuletynach producentów czy internecie. Tyle że wyszukiwanie i weryfikowanie tych źródeł bywa czasochłonne. Każdy elektronik, zarówno zawodowiec, jak i amator, doceni więc zamysł, by niezbędne informacje zebrać w jednym miejscu, w formie dobrze zorganizowanego zestawienia, zawierającego również sprawdzone i trudno dostępne dane szczegółowe.

To trzeci tom niezwyklej encyklopedii przeznaczonej dla osób zajmujących się elektroniką. Tak jak w pozostałych częściach serii, znalazła się tu uporządkowana i potwierdzona wiedza o podzespołach. W książce znajdziesz informacje o czujnikach elektronicznych, skrupulatnie uzupełnione fotografiami, schematami i wykresami. Dowiesz się, do czego służy każdy z prezentowanych komponentów, jak działa, dlaczego jest przydatny i w jakich odmianach występuje. Jako że istnieje bardzo dużo różnego rodzaju czujników i nieraz są to skomplikowane układy, uzyskasz cenną pomoc w usystematyzowaniu swojej wiedzy. To prawdziwy niezbędny dla praktyków!

### Książka zawiera dokładne informacje o czujnikach wykrywających:

- położenie, odległość ■ obecność, nachylenie, przyspieszenie ■ oscylacje, siłę, ingerencję człowieka
- światło, ciepło, dźwięk ■ natężenie i napięcie prądu

---

### 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 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. Jest krótkofalowcem, ale niezbyt aktywnym.

---

	<b>KOD KORZYŚCI</b> Sięgnij po więcej! ▶	
 <a href="http://helion.pl">helion.pl</a>	ISBN 978-83-283-9292-2	
 HELION SA ul. Kosciuszki 1c 44-100 Gliwice tel. 32 230 98 63 helion@helion.pl	 9 788328 392922	
<b>Cena: 69,00 zł</b>		

**Make:**  
makezine.com