

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

Make:
makezine.com

Helion

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

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

Wstęp	xix
I. GPS	1
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
2. Magnetometr	5
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

3. Wykrywacz obiektów	11
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
4. Pasywny czujnik podczerwieni	23
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
5. Czujnik zbliżeniowy	29
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
6. Przetwornik położenia liniowego	37
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
7. Czujnik położenia kąowego	43
Funkcja	43
Zastosowania	43
Symbol schematyczny	43
Potencjometri	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
8. Czujnik nachylenia	53
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
9. Żyroskop	61
Funkcja	61
Symbol schematyczny	61
IMU	61
Zastosowania	61
Działanie	62
Żyroskop wiracyjny	62
Rodzaje	64
Układy IMU	64
Wartości	64
Stosowanie	65
Możliwe błędy	65
Dryft temperaturowy	65
Napężenia mechaniczne	65
Drgania zewnętrzne	65
Usytuowanie	65

10. Akcelerometr	67
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
 11. Czujnik drgań	 73
Funkcja	73
Symbole schematyczne	73
Rodzaje	74
Trzpień 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
 12. Czujnik nacisku	 79
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
I3. Czujnik dotyku	87
Funkcja	87
Zastosowania	88
Symbole schematyczne	88
Działanie	88
Stosowanie	88
Pozyskiwanie płytek dotykowych	89
Indywidualna płytka dotykowa	89
Krażki i taśmy	90
Uwagi dotyczące projektowania	90
Możliwe błędy	91
Niewrażliwość na rękawice	91
Problemy z rysikiem	91
Atrament przewodzący	91
I4. Ekran dotykowy	93
Funkcja	93
Symbol schematyczny	93
Rodzaje	93
Ekran rezystancyjny	93
Ekran pojemnościowy	94
Ekran jako części elektroniczne	94
I5. Czujnik poziomu cieczy	97
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
16. Czujnik prędkości przepływu cieczy	103
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
17. Czujnik ciśnienia	109
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
18. Czujnik stężenia gazu	115
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
19. Czujnik natężenia przepływu gazu	121
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
20. Fotorezystor	127
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
21. Fotodioda	131
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

22. Fototranzystor137

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

23. Termistor NTC 143

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 PTC153

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

26. Rezystancyjny czujnik temperatury	167
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
27. Półprzewodnikowy czujnik temperatury	171
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
28. Czujnik temperatury na podczerwień	181
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
Gradienty termiczne	186
29. Mikrofon	187
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
30. Czujnik natężenia prądu	193
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

3I. Czujnik napięcia	199
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
 A. Sygnały wyjściowe czujników	 203
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
 Słowniczek	 211
O autorach	213
 Skorowidz	 215

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**. Oba podzespoły poświęciliśmy odrębne hasła — rozdziały 21. i 22.

INNE POWIĄZANE PODZESPOŁY:

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

Funkcja

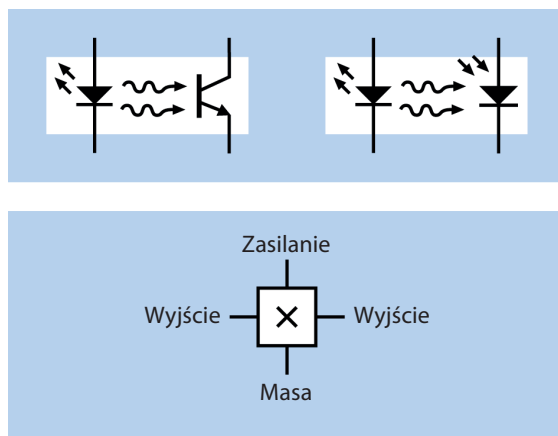
Wykrywacz obiektów sprawdza, czy w określonej przestrzeni jest obiekt, czy go nie ma. Niekoniecznie musi określać, jak daleko jest wykryty obiekt lub jak szybko się porusza. Obiekt jest często nazywany *celem*.

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 **fotodioda**, 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.

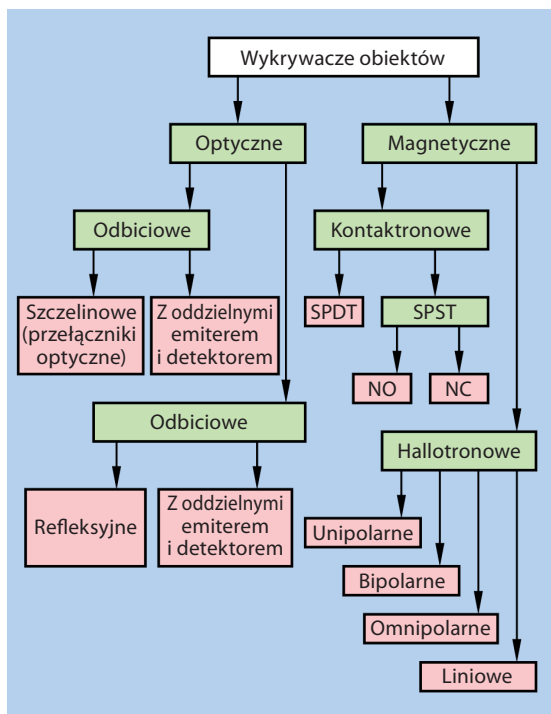
Rodzaje

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

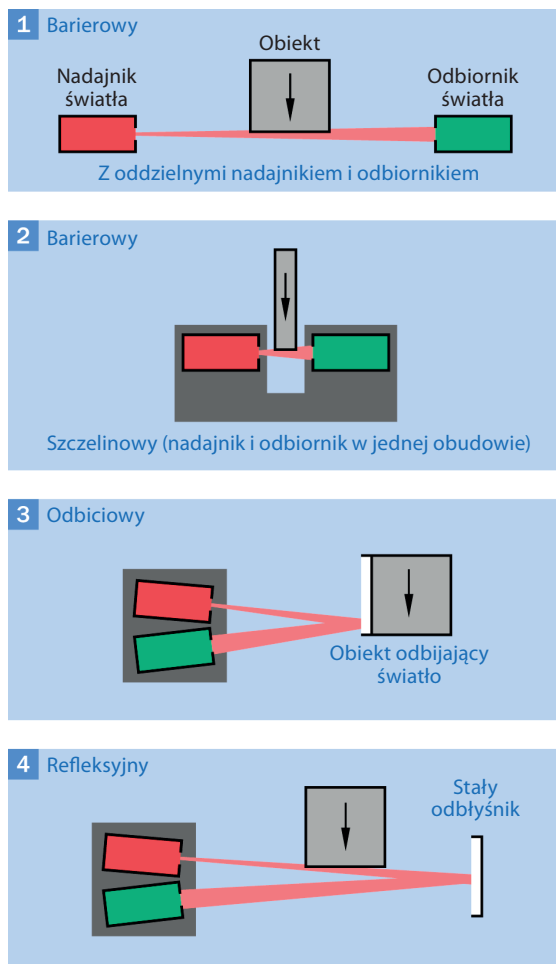
Barierowy czujnik optyczny, zwany także *czujnikiem przejścia*, jest w rzeczywistości parą elementów, z których jeden emituje światło, a drugi je odbiera. Czujnik generuje sygnał wyjściowy, gdy promień świetlny zostanie przerwany lub odbity (patrz rysunek 3.3).



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.



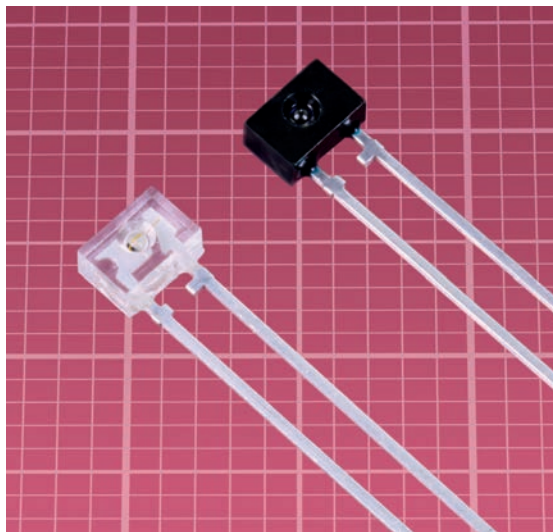
Rysunek 3.3. Różne konfiguracje optycznego wykrywacza obiektów; szczegółowe objaśnienie znajdziesz w tekście

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 3×5 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 Ω lub większej. Prąd nadajnika nie może być większy niż 60 mA, co wymaga zastosowania odpowiedniego rezystora szeregowego.

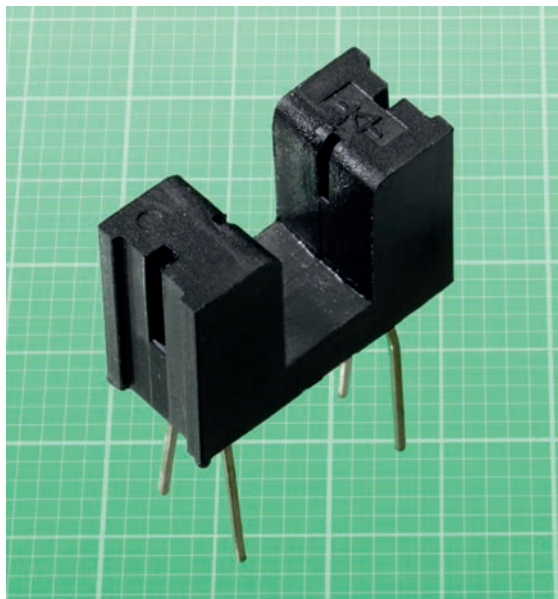
Więcej informacji na temat obchodzenia się z układami mającymi wyjścia typu otwarty kolektor znajdziesz na końcu książki w dodatku A (patrz rysunek A.4).

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.

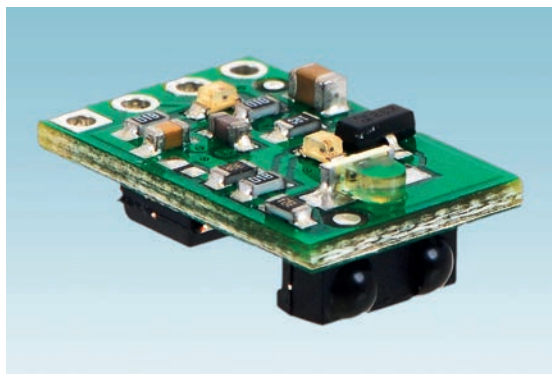
Znacznie tańszym przełącznikiem optycznym jest moduł ITR9606 firmy Everlight (zwany przez producenta optoprzełącznikiem). Jego zewnętrzny wygląd jest pokazany na rysunku 3.5. Wymaga zasilania o napięciu 5 V i ma wyjście typu otwarty kolektor. Do zasilania diody świecącej potrzebny jest rezystor szeregowy, 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 płycie 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

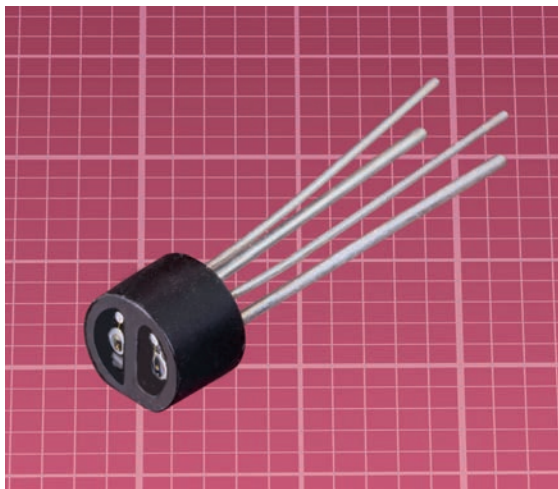
Optyczne wykrywacze odbiciowe bywają nazywane podobnie jak wykrywacze barierowe — mówi się, że są to *przełączniki optyczne*. Inne nazwy spotykane w kartach produktu to: *przerwywacz odbiciowy* (ang. *reflective interrupter*), *odbiciowy wykrywacz obiektów* (ang. *reflective object sensor*), *optyczny 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 oznaczmy napięcie, przez d odległość i przez k współczynnik konwersji, to zależność ta wyrazi się następującym wzorem:

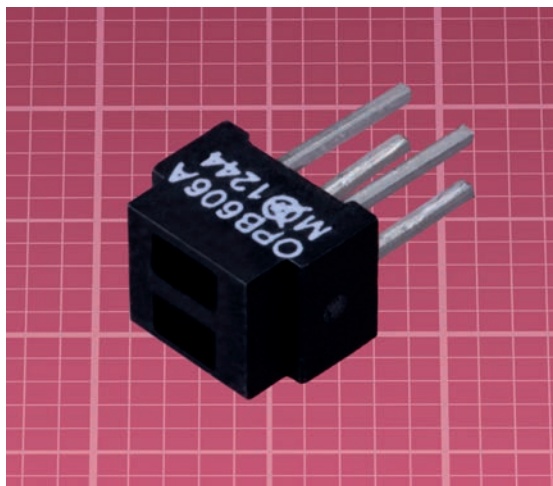
$$V = k * (1 / d)$$

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

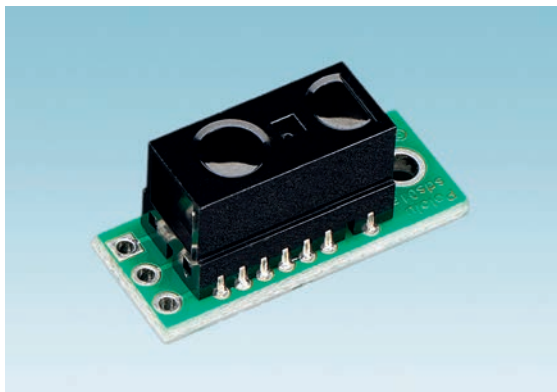
Na rysunku 3.9 pokazano moduł odbiciowy z soczewkową diodą świecącą i również soczewkowym fototranzystorem. Jest to wykrywacz TCRT5000 firmy Vishay. Soczewki mają zadanie skupiać światło, zarówno wysyłane, jak i odbierane.

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.

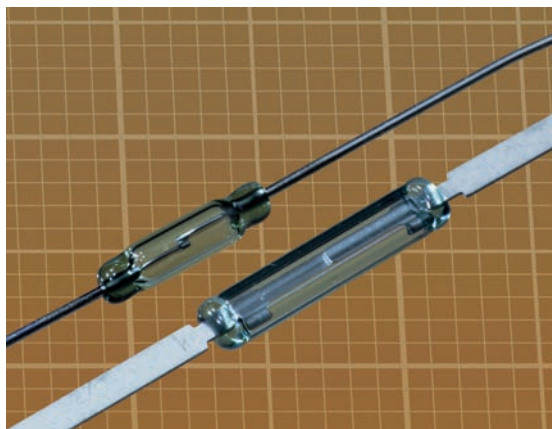
Wykrywacze magnetyczne

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. Niemal 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 *histerezę*, ponieważ siła magnetyczna potrzebna do przezwyciężenia mechanicznego oporu sprężystych styków jest większa niż siła wymagana do utrzymania ich w stanie zwarcia.

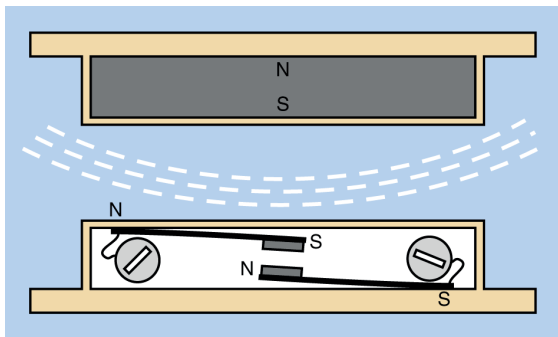
W małych przekaźnikach elektromagnetycznych służących do przełączania niewielkich prądów elementem przełączającym mogą być kontaktrony wyzwalane polem magnetycznym cewki indukcyjnej. My jednak traktujemy je w tej *Encyklopedii* jako przekaźniki, a nie czujniki. O **przekaźnikach** jest mowa w tomie 1.

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 magnetyczny, a na drugim — kontaktronowy

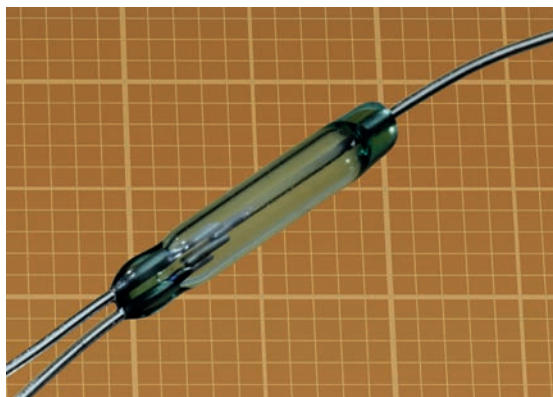


Rysunek 3.13. Białe linie przerywane oznaczają pole magnetyczne, które zwiiera styki kontaktronu

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. Tło 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 przełączania — określa zdolność przełączania prądów zmiennych i jest wyrażona w watach (W) lub woltoamperach (VA). Najczęściej spotykaną wartością jest 10 VA.

Napięcie maksymalne — największa wartość 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 mieścić 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 pewność działania zestawu z reguły nie przekracza kilku milimetrów.

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

Podobnie jak w każdym przełączniku 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 **przełącznik** zawartym w tomie 1.

Czujnik Halla

Czujnik Halla na obecność 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 obecności 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 obecność 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.

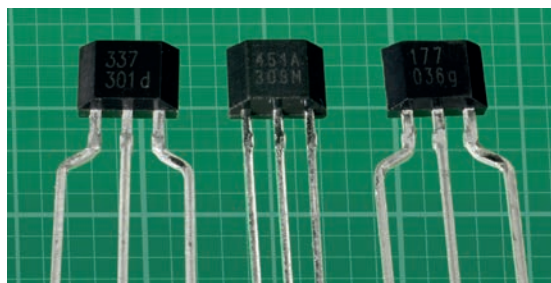
Więcej informacji na temat układów z otwartym kolektorem znajdziesz na końcu książki w dodatku A (patrz rysunek A.4).

Niezakłócony sygnał wyjściowy, pewność działania, niewielkie wymiary i niska cena sprawiają, że czujnik Halla znajduje zastosowanie w szerokiej gamie urządzeń, 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 montażu przewlekane. Wersje przeznaczone do montażu powierzchniowego są znacznie mniejsze.

Działanie czujnika Halla

Gdy przez przewodnik umieszczony w prostokątnym do niego polu magnetycznym płynie prąd, na poruszające się elektrony i dziury działa siła magnetyczna zmuszająca te nośniki 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 wartość jest wprost proporcjonalna do indukcji pola



Rysunek 3.15. Czujniki Halla przystosowane do montażu przewlekane. 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 kΩ.

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.

Wydatność 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

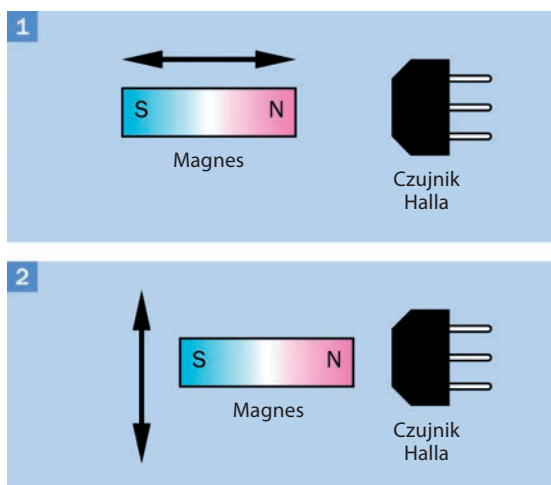
Większość poniższych propozycji odnosi się do czujników Halla, ale pewne ogólne zasady dotyczą także czujników optycznych.

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.

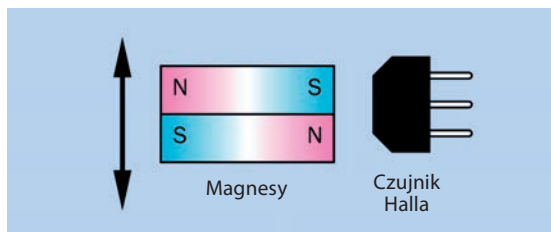
Tryb poprzeczny jest częściej stosowany, ponieważ eliminuje ryzyko uszkodzenia czujnika, jakie istnieje w trybie frontalnym.

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 kontakttronów.
- 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 (two-rzywo, 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 wyzwalań 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 zakłócił 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 dobierać 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, 68
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
- zestawy tranzystorowe, 173
- 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
GP2Y0A2iYKoF, 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
I²C, 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
fotoprzerzywacz, 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

I²C, 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,
woltamper, 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
I²C, 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
magnetorezystancja, 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
znieskształcenia
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
optoprzerzywacz, 20
optyczny
czujnik
barierowy, 12, 13
odbiciowy, 14
enkoder, 46
liniowy, 39
osie kuli ziemskiej, 7

P

pasma 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
I²C, 8, 64
NMEA, 3
SPI, 64
przełącznik
pływakowy, 55
przechyłowy
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
aproxymacją, 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
możliwe błędy, 165
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
OPB606A, 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, jakieś 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.

Helion 	KOD KORZYŚCI Sięgnij po więcej! ▶ 
 helion.pl	ISBN 978-83-283-9292-2
 HELION SA ul. Kościuszki 1c 44-100 Gliwice tel.: 32 230 98 63 helion@helion.pl	 9 788328 392922
Cena: 69,00 zł	

Make:
makezine.com