



# LABORATORIUM LEGO<sup>®</sup> MINDSTORMS<sup>®</sup> EV3

Buduj, programuj i eksperymentuj

Daniele Benedettelli



Tytuł oryginału: The LEGO MINDSTORMS EV3 Laboratory:  
Build, Program, and Experiment with Five Wicked Cool Robots!

Tłumaczenie: Dorota Konowrocka-Sawa  
Skład: Marcin Chłąd

ISBN: 978-83-246-9579-9

Original edition Copyright © 2014 by Daniele Benedettelli.  
All rights reserved.

Published by arrangement with No Starch Press, Inc.

Polish edition copyright © 2015 by Helion SA.  
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 Wydawnictwo HELION dołożyli wszelkich starań, by zawarte w tej książce informacje były kompletne i rzetelne. Nie biorą jednak żadnej odpowiedzialności ani za ich wykorzystanie, ani za związane z tym ewentualne naruszenie praw patentowych lub autorskich. Autor oraz Wydawnictwo HELION nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Wydawnictwo HELION  
ul. Kościuszki 1c, 44-100 GLIWICE  
tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63  
e-mail: [helion@helion.pl](mailto:helion@helion.pl)  
WWW: <http://helion.pl> (księgarnia internetowa, katalog książek)

Drogi Czytelniku!

Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres

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

Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Printed in Poland.

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

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

# Spis treści

<b>Wprowadzenie</b> . . . . .	<b>15</b>
Zabawa bez komputera. . . . .	15
Dla kogo jest ta książka? . . . . .	15
Czego potrzebujesz, by móc skorzystać z tej książki? . . . . .	15
Oprogramowanie EV3. . . . .	15
Układ tej książki . . . . .	16
Strona internetowa. . . . .	16
Zaczynamy wreszcie! . . . . .	16



<b>Komiks: Uczeń mechatronika</b> . . . . .	<b>17</b>
<i>ciąg dalszy</i> . . . . .	33, 63, 85, 104, 116, 124, 153, 199, 215, 254, 275, 321, 336, 388, 411, 434

## 1

<b>Twój zestaw LEGO MINDSTORMS EV3</b> . . . . .	<b>21</b>
Budowanie bez studów. . . . .	21
Ze studami kontra bez studów: różnice strukturalne. . . . .	21
Nazywanie elementów . . . . .	22
Belki . . . . .	23
Belki proste . . . . .	23
Belki łamane . . . . .	23
Ramki. . . . .	24
Cienkie belki i ciągną . . . . .	24
Łączniki . . . . .	24
Piny i piny z osi . . . . .	24
Otwory krzyżowe i okrągłe . . . . .	25
Osie i nakładki . . . . .	26
Łączniki pinów, łączniki osi oraz łączniki kątowe. . . . .	27
Łączniki wielopłaszczyznowe. . . . .	27
Koła zębate . . . . .	28
Koła, opony i gąsienice. . . . .	29
Elementy dekoracyjne . . . . .	29
Inne części . . . . .	30
Elementy elektroniczne . . . . .	30
Różnice pomiędzy zestawami EV3 dostępnymi w sprzedaży detalicznej i zestawami edukacyjnymi. . . . .	31
Podsumowanie . . . . .	32

## 2

<b>Budujemy Wędrowca</b> . . . . .	<b>35</b>
Moduł podstawowy. . . . .	37
Wędrowiec na kołach . . . . .	41
Zderzak z czujnikiem dotyku. . . . .	43
Wędrowiec ze zderzakiem z czujnikiem dotyku . . . . .	45
Moduł podążania wzdłuż linii . . . . .	46
Wędrowiec podążający wzdłuż linii. . . . .	46
Przedni czujnik podczerwieni . . . . .	48
Wędrowiec z przednim czujnikiem podczerwieni . . . . .	49
Moduł podążania wzdłuż ściany. . . . .	50

Wędrowiec podążający wzdłuż ściany . . . . .	50
Alternatywa: Wędrowiec z modułami podążania wzdłuż ściany lub podążania wzdłuż linii . . . . .	51
Kurzołapka Dextera . . . . .	52
Wędrowiec z kurzołapką . . . . .	54
Wariant nr 1: Wędrowiec z kurzołapką i zderzakiem z czujnikiem dotyku . . . . .	56
Wariant nr 2: Wędrowiec podążający wzdłuż ściany z kurzołapką . . . . .	57
Wędrowiec na gąsienicach . . . . .	58
Sekretny projekt: moduł chwytania . . . . .	62
Podsumowanie . . . . .	62

### 3

<b>Programowanie . . . . .</b>	<b>65</b>
Elementy składowe każdego programu . . . . .	65
Sekwencje . . . . .	66
Decyzje . . . . .	66
Pętle . . . . .	66
Programowanie za pomocą programu klocka EV3 . . . . .	67
Twój pierwszy program dla klocka EV3 . . . . .	67
Paleta bloków . . . . .	72
Bloki akcji . . . . .	72
Blok ruchu . . . . .	72
Blok dużego silnika . . . . .	73
Blok średniego silnika . . . . .	73
Blok wyświetlacza . . . . .	74
Blok dźwięku . . . . .	74
Blok lampki statusu klocka EV3 . . . . .	75
Bloki oczekiwania . . . . .	75
Blok oczekiwania czujnika dotyku . . . . .	75
Blok oczekiwania czujnika światła odbitego . . . . .	75
Blok oczekiwania czujnika koloru . . . . .	75
Blok oczekiwania przycisków klocka EV3 . . . . .	76
Blok oczekiwania obrotów silnika . . . . .	76
Blok czasu oczekiwania . . . . .	76
Blok oczekiwania czujnika podczerwieni . . . . .	77
Blok oczekiwania zdalnego nadajnika podczerwieni . . . . .	77
Blok pętli . . . . .	77
Podsumowanie . . . . .	78

### 4

<b>Zaawansowane programowanie za pomocą programu klocka EV3 . . . . .</b>	<b>79</b>
Wędrowiec ze zderzakiem z czujnikiem dotyku . . . . .	79
Każemy Wędrowcowi jechać po geometrycznie określonej trasie . . . . .	80
Każemy Wędrowcowi podążać wzdłuż linii . . . . .	80
Wykorzystywanie programu klocka do podążania wzdłuż linii . . . . .	81
Doskonalenie charakterystyki ruchu . . . . .	81
Każemy Wędrowcowi podążać wzdłuż ścian . . . . .	82
Doskonalenie charakterystyki ruchu . . . . .	83
Podsumowanie . . . . .	84

<b>5</b>	
<b>Programowanie EV3</b>	<b>87</b>
Ustawienia oprogramowania EV3	87
Przegląd oprogramowania EV3	87
Hol	87
Interfejs programowania	88
Karta sprzętu	90
Menu narzędzi	91
Palety programowania	92
Bloki akcji	92
Bloki przebiegu programu	92
Bloki czujników	92
Bloki operacji na danych	93
Bloki zaawansowane	93
Moje bloki	93
Właściwości projektu	93
Podłączanie klocka EV3 do Twojego komputera	94
Importowanie programu klocka EV3	95
Analiza zaimportowanego programu klocka EV3	96
Edycja zaimportowanego programu klocka	96
Dążenie do precyzji	97
Pokonywanie określonej odległości	98
Obrót o ściśle określoną liczbę stopni	98
Eksperymentowanie z blokami akcji	99
Sterowanie przebiegiem programu	101
Blok przełącznika	102
Podsumowanie	103
<b>6</b>	
<b>Eksperymentowanie z systemem podczerwieni EV3</b>	<b>105</b>
Zdalny nadajnik podczerwieni	105
Postępowanie się zdalnym nadajnikiem podczerwieni jako pilotem	106
Wykorzystanie bloków czujników i kabli danych	107
Funkcje oprogramowania EV3 służące usuwaniu błędów programów	108
Eleganckie wyświetlanie danych za pomocą bloku tekstu	109
Rozumienie typów danych	110
Zamiana typu danych	111
Podążanie za zdalnym nadajnikiem podczerwieni	111
Wykorzystywanie podstawowych operacji bloku operacji arytmetycznych	114
Podsumowanie	115
<b>7</b>	
<b>Matematyka leżąca u podstaw magii!</b>	<b>117</b>
Radzenie sobie z błędem pomiaru	117
Blok operacji arytmetycznych w trybie zaawansowanym	118
Blok zaokrąglenia	118
Blok porównania	120
Przekształcanie wartości liczbowych w wartości logiczne	120
Wbudowane bloki porównania	120
Blok stałej	121
Doskonalenie naszego programu podążania wzdłuż ściany	121
Podsumowanie	123

<b>8</b>		
	<b>Instrukcje LEGO</b>	<b>127</b>
	Odstaniamy sekrety belek łamanych	127
	Trójkąty kontra prostokąty	128
	Wydłużanie belek	131
	Wzmacnianie	132
	Łączniki wielopłaszczyznowe	134
	Powtórka z przekładni	135
	Prawidłowe łączenie kół zębatach	135
	Konstruowanie przekładni	137
	Połączenia kół	138
	Przekładnie pod kątem prostym	139
	Przekładnie	142
	Przekładnia ślimakowa	143
	Przekształcenie ruchu	145
	Koncepcje konstrukcji silników	147
	Średni silnik z wyjściem przednim nr 1	147
	Średni silnik z wyjściem przednim nr 2	148
	Średni silnik z pojedynczym wyjściem bocznym	149
	Średni silnik z podwójnym wyjściem bocznym	149
	Średni silnik z pojedynczym zredukowanym wyjściem bocznym	150
	Średni silnik z przekładnią	150
	Średni silnik z wieloma wyjściami	151
	Duży silnik z wyjściem poziomym	152
	Opcje przekładni dużego silnika	152
	Podsumowanie	152
<b>9</b>		
	<b>Budujemy Gęś Kapitolińską</b>	<b>155</b>
	Jak chodzi Gęś?	155
	Konstrukcja prawej nogi	156
	Konstrukcja lewej nogi	162
	Konstrukcja głównej	169
	Konstrukcja lewej stopy	171
	Konstrukcja prawej stopy	174
	Konstrukcja głównej	176
	Konstrukcja tylnego wspornika	179
	Konstrukcja przedniego wspornika	184
	Konstrukcja głównej	185
	Konstrukcja szyi	191
	Konstrukcja głównej	195
<b>10</b>		
	<b>Programujemy Gęś Kapitolińską</b>	<b>201</b>
	Program klocka EV3 dla Gęsi Kapitolińskiej	201
	Program	201
	Jak to działa	201
	Uruchamianie robota i rozwiązywanie problemów	202
	Importowanie i edytowanie programu w oprogramowaniu EV3	203
	Robienie kopii	203
	Modyfikacja programu	203

Tworzenie bloków własnych za pomocą narzędzia My Block Builder . . . . .	204
Tworzenie bloków własnych z gniazdkami wejściowymi i wyjściowymi . . . . .	206
Automatyczne dodawanie parametrów i gniazdek wyjściowych do bloków własnych . . . . .	208
Dodatkowa konfiguracja bloku własnego . . . . .	209
Tworzenie programu zaawansowanego . . . . .	209
Blok własny ResetBody . . . . .	209
Tworzenie zaawansowanego bloku własnego sterującego kroczeniem . . . . .	211
Ostateczny program Gęsi Kapitolińskiej . . . . .	212
Blok operacji logicznych . . . . .	213
Blok czasomierza . . . . .	213
Podsumowanie . . . . .	214

## 11

### **Budujemy Superauto . . . . . 217**

Konstrukcja główna . . . . .	218
Konstrukcja maski . . . . .	222
Konstrukcja główna . . . . .	225
Konstrukcja dachu samochodu . . . . .	239
Konstrukcja główna . . . . .	240
Konstrukcja układu kierowniczego . . . . .	242
Konstrukcja główna . . . . .	244
Budujemy pilota . . . . .	248
Podsumowanie . . . . .	253

## 12

### **Programujemy Superauto. . . . . 257**

Dyferencjał elektroniczny kontra dyferencjał mechaniczny . . . . .	257
Wykorzystanie zmiennych . . . . .	258
Zastosowanie tablic . . . . .	259
Stosowanie bloku zmiennej z tablicami liczbowymi i logicznymi . . . . .	259
Używanie bloku operacji tablicowych . . . . .	260
Zastosowanie bloku przełącznika z wieloma ramkami . . . . .	260
Wykonywanie sekwencji równoległych (multitasking) . . . . .	261
Budujemy bloki własne . . . . .	262
Blok własny ResetSteer . . . . .	262
Blok własny Steer . . . . .	262
Blok własny Drive . . . . .	263
Blok własny ReadRemote2 . . . . .	264
Programowanie samochodu do omijania przeszkód . . . . .	266
Programowanie samochodu pod kątem zdalnego sterowania . . . . .	267
Posługiwanie się tablicami do wyczyszczenia bloku własnego ReadRemote . . . . .	267
Programowanie samochodu do podążania za nadajnikiem . . . . .	269
Blok własny Sign . . . . .	269
Blok własny Saturation . . . . .	271
Blok własny ReadBeacon . . . . .	271
Blok zakresu . . . . .	271
Program FollowBeacon . . . . .	272
Wzbogacanie Superauta o syrenę . . . . .	272
Blok przzerwania pętli . . . . .	273
Blok zakończenia programu . . . . .	274
Podsumowanie . . . . .	274

## 13

<b>Budujemy Wartownika</b> .....	<b>277</b>
Konstrukcja główna .....	278
Konstrukcja prawej nogi .....	282
Konstrukcja główna .....	285
Konstrukcja lewej nogi .....	285
Konstrukcja główna .....	288
Konstrukcja torsu .....	292
Konstrukcja główna .....	297
Konstrukcja lewego ramienia .....	301
Konstrukcja prawego ramienia .....	302
Konstrukcja główna .....	304
Konstrukcja tylnej osłony .....	307
Podkonstrukcja środkowej części tylnej osłony .....	309
Ciąg dalszy konstrukcji tylnej osłony .....	310
Podkonstrukcja głowy .....	311
Finalizacja konstrukcji tylnej osłony .....	313
Konstrukcja główna .....	316
Budowa kolorowej kostki .....	318
Podsumowanie .....	320

## 14

<b>Programujemy Wartownika</b> .....	<b>323</b>
Blok dostępu do pliku .....	323
Tworzenie i kasowanie pliku oraz zapisywanie danych .....	323
Odczytywanie danych z pliku .....	324
Wykrywanie końca pliku .....	324
Blok losowania .....	324
Budowanie bloków własnych .....	324
Blok własny ResetLegs .....	326
Blok własny WalkFWD .....	327
Blok własny Laser .....	327
Blok własny Turn .....	327
Blok własny PowerDownFX .....	328
Blok własny WaitButton .....	328
Blok własny SayColor .....	328
Blok własny ExeCode .....	329
Blok własny MakeProgram .....	331
Blok własny RunProgram .....	331
Blok własny MakePrgFile .....	332
Blok własny ParseFile .....	332
Blok własny RunPrgFile .....	332
Programowanie Wartownika do patrolowania .....	333
Programowanie Wartownika kolorami w trakcie wykonywania programu .....	334
Tworzenie trwałych programów kolorów w trakcie wykonywania programu .....	334
Podsumowanie .....	335

## 15

<b>Budujemy Tyranozaura</b> .....	<b>339</b>
Konstrukcja główna .....	340
Konstrukcja ramy nóg .....	343
Konstrukcja główna .....	345
Lewa noga .....	348



Konstrukcja prawej nogi . . . . .	353
Konstrukcja główna . . . . .	358
Konstrukcja klocka EV3 . . . . .	363
Konstrukcja główna . . . . .	364
Konstrukcja głowy i torsu . . . . .	375
Konstrukcja główna . . . . .	385
Podsumowanie . . . . .	387

## 16

### **Programujemy Tyranozaura . . . . . 393**

Budowanie bloków własnych do programu Wander . . . . .	393
Blok własny Reset . . . . .	393
Blok własny MoveAbsolute i MoveAbsolute2 . . . . .	393
Blok własny Step . . . . .	394
Blok własny Roar . . . . .	394
Blok własny Chew . . . . .	394
Blok własny Look . . . . .	394
Blok własny Right . . . . .	396
Blok własny Left . . . . .	396
Blok własny TurnUntil . . . . .	397
Programowanie Tyranozaura do wędrowania . . . . .	397
Projektowanie zachowania Tyranozaura . . . . .	397
Programowanie automatu skończonego . . . . .	398
Struktura ogólna . . . . .	400
Stan wyjściowy . . . . .	400
Zmienna czasu . . . . .	400
Przejścia . . . . .	400
Zdarzenia czujnika . . . . .	401
Zdarzenia czasomierzy . . . . .	401
Zdarzenia przepuszczone przez filtr czasomierza . . . . .	401
Działania . . . . .	402
Tworzenie bloków własnych dla ostatecznego programu . . . . .	404
Blok własny Turn . . . . .	404
Blok własny ReadBeacon . . . . .	404
Blok własny INIT . . . . .	405
Blok własny IDLE . . . . .	405
Blok własny HUNGRY . . . . .	407
Blok własny SEEK . . . . .	407
Blok własny CHASE . . . . .	408
Programowanie zachowania Tyranozaura . . . . .	408
Podsumowanie . . . . .	410

## A

### **Lista elementów zestawu EV3 #31313 . . . . . 413**

## B

### **Różnice między zestawami 31313 LEGO MINDSTORMS EV3 a 45544 LEGO MINDSTORMS Education EV3 Core . . . . . 421**

Urządzenia elektroniczne . . . . .	421
Oprogramowanie EV3 . . . . .	421
Przekształcanie zestawu domowego w zestaw Education Core . . . . .	422
Przekształcanie zestawu Education Core w zestaw do użytku domowego . . . . .	426
Przekształcanie zestawu Education Expansion w zestaw do użytku domowego . . . . .	431

### **Skorowidz . . . . . 435**



# 4

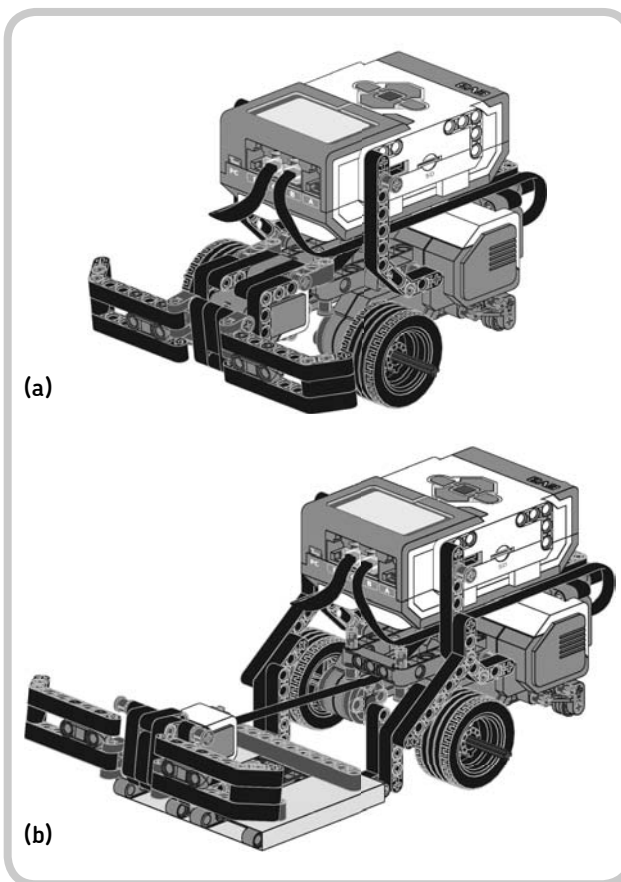
## Zaawansowane programowanie za pomocą programu klocka EV3

W rozdziale 3. dowiedziałeś się, jak zaprogramować Wędrowca, którego zbudowałeś w rozdziale 2., aby jeździł po pokoju i omijał przeszkody. Odkryłeś, że klocek EV3 może zostać zaprogramowany bez komputera PC, za pomocą samego programu klocka EV3. W tym rozdziale dowiesz się więcej o programowaniu bezpośrednio na klocku EV3. Nauczysz się, jak sprawić, by Wędrowiec jechał po określonej trasie, podążał wzdłuż linii na podłodze lub też poruszał się wzdłuż ścian, by zwiedzić cały dom!

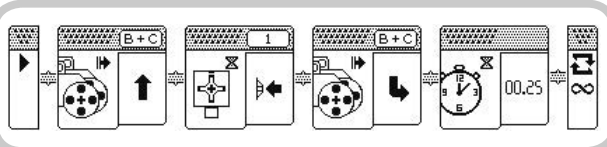
### Wędrowiec ze zderzakiem z czujnikiem dotyku

Pod koniec rozdziału 3. postawiłem Ci wyzwanie („Eksperyment 3.2”): zmodyfikować program tak, by Wędrowiec wyczuwał przeszkody za pomocą modułu zderzaka z czujnikiem dotyku, a nie zderzaka z czujnikiem podczerwieni. Poniżej przedstawiam rozwiązanie tego problemu. Na rysunku 4.1 pokazano Wędrowca wyposażonego w zderzak z czujnikiem dotyku oraz kurzołapkę i Wędrowca bez kurzołapki (w rozdziale 2. znajdują się instrukcje składania Wędrowca i jego modułów).

Jak widać na rysunku 4.2, sekwencja omijania przeszkód wygląda następująco: jedź prosto, czekaj, aż zostanie wciśnięty czujnik dotyku, wycofaj się po łuku, skręć i czekaj 0,25 s. Sekwencja ta powtarzana jest w pętli w nieskończoność. Możesz zbudować ten program z wykorzystaniem programu klocka EV3 (aby uzyskać konkretne wskazówki, zajrzyj do rozdziału 3., do podrozdziału „Twój pierwszy program dla klocka EV3”).



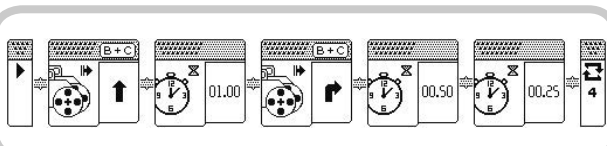
Rysunek 4.1. Wędrowiec ze zderzakiem z czujnikiem dotyku, bez kurzołapki (a) i z kurzołapką (b)



Rysunek 4.2. Program klocka EV3 do omijania przeszkód za pomocą zderzaka z czujnikiem dotyku

## Każemy Wędrowcowi jechać po geometrycznie określonej trasie

Chociaż nie możesz precyzyjnie określić, o ile stopni obróci się koła Twojego robota, możesz — za pomocą programu pokazanego na rysunku 4.3 — wykorzystać bloki oczekiwania, by dostosować czas oczekiwania i sprawić, aby Wędrowiec pojechał po kwadracie. Na każdym zakręcie robot powinien się obracać mniej więcej o  $90^\circ$ .



Rysunek 4.3. Program klocka EV3 kierujący Wędrowcem po kwadracie

Aby podnieść precyzję pokonywania zakrętów, powiększ lekko fizyczny dystans dzielący koła, przesuując je nieco na zewnątrz wzdłuż ich osi. Jeśli silnik będzie pracował tak samo długo (0,75 s), a odległość między kołami się zwiększy, robot będzie skręcał pod mniejszym kątem, ponieważ koła będą się poruszać po większym okręgu.

## Każemy Wędrowcowi podążać wzdłuż linii

Jednym z największych wyzwań badań robotycznych jest nauczenie robota pokonywania drogi od punktu do punktu. Najprostszym rozwiązaniem tego problemu jest skierowanie robota na określoną wcześniej trasę, oznaczoną biegnącą po ziemi linią.

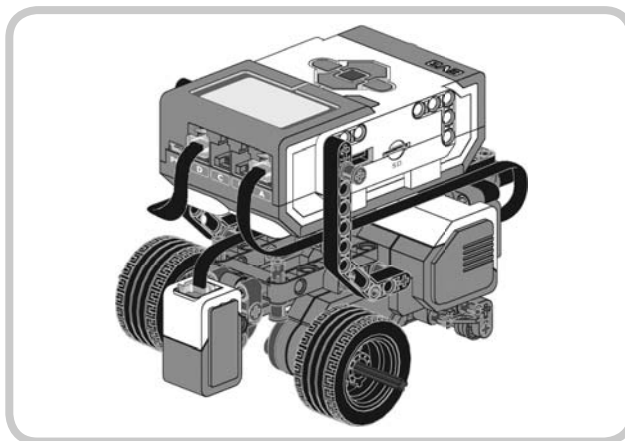
### EKSPERYMENT 4.1

Który parametr byś zmienił, by wydłużyć bok kwadratu?  
Który parametr byś zmienił, aby Wędrowiec jechał po innej trasie, na przykład po obwodzie trójkąta albo pięciokąta?

To podejście, dzięki któremu powstaje **robot podążający wzdłuż linii**, wykorzystuje się nawet do programowania prawdziwych robotów, przenoszących z miejsca na miejsce towary, pracujących w magazynach i halach fabrycznych, by roboty te mogły się przemieszczać precyzyjnie z jednego punktu na linii produkcyjnej do drugiego. Tak naprawdę sama firma LEGO wykorzystuje tego typu roboty! (Zazwyczaj podążają one wzdłuż linii wymalowanych na ziemi, rozpoznając je za pomocą kamer, lub wzdłuż metalowych przewodów zatopionych w posadzce, rozpoznając je za pomocą czujników magnetycznych).

Wędrowiec może podążać wzdłuż krawędzi biegnącej po ziemi linii za pomocą skierowanego w dół czujnika kolorów. Linia, wzdłuż której Wędrowiec ma się poruszać, musi na tyle kontrastować z kolorem podłoża, by czujnik kolorów mógł wychwycić różnicę. Możesz się posłużyć zarówno ciemną linią na jasnym podłożu, jak i jasną linią na ciemnym podłożu. Optymalne kolory to czarny i biały; czerwone linie na białym tle (jak na papierowej podkładce testowej EV3) mogą nie zadziałać równie dobrze.

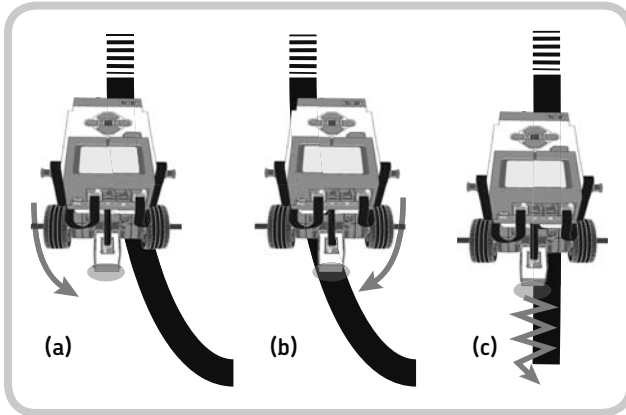
Możesz bez trudu stworzyć trasy, którymi ma podążać robot, przyklejając czarną taśmę (na przykład taśmę izolacyjną) na jasnej powierzchni lub drukując czarne „ścieżki” na białym papierze.



Rysunek 4.4. Wędrowiec wyposażony w czujnik kolorów umożliwiający mu podążanie wzdłuż linii. Kable silników powinny zostać przyłączone do portów B i C lub A i D, zależnie od programu

Rysunek 4.4 przedstawia Wędrowca podążającego wzdłuż linii (instrukcja składania w rozdziale 2.).

Rysunek 4.5 pokazuje, w jaki sposób Wędrowiec podąża wzdłuż linii. Kiedy robot porusza się naprzód, skręca w kierunku czarnej linii, jeśli czujnik kolorów odczytuje jasny kolor (a), lub w kierunku jasnego podłoża, jeśli czujnik kolorów odczytuje ciemny kolor (b). W efekcie robot porusza się ruchem zygzakowatym wzdłuż krawędzi linii (c).

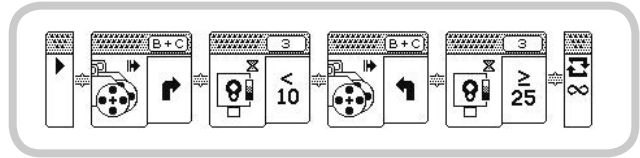


Rysunek 4.5. Wędrowiec wykorzystujący prostą technikę podążania wzdłuż linii

## Wykorzystywanie programu klocka do podążania wzdłuż linii

Zaprogramujemy teraz Wędrowca do jechania wzdłuż linii, wykorzystując tylko bloki akcji i oczekiwania z palety bloków programu klocka EV3. Jak pamiętasz z rozdziału 3., używając programu klocka EV3, nie możesz zaprogramować swojego robota tak, by zależnie od odczytu czujnika wykonywał taką lub inną czynność. W jaki sposób możesz go więc skłonić, aby w szybkiej pętli reagował na rozmaite odczyty czujnika? To proste! Ustawiasz robota tak, by skręcał w prawo *do momentu* (nie *jeśli*), aż zobaczy krawędź linii, a wtedy przestawiasz go tak, aby skręcał w lewo *do momentu*, aż zobaczy jasne podłoże — i tak dalej w pętli. Możesz zastosować bloki oczekiwania, by wykryć zmianę odczytu czujnika, oraz bloki akcji, by skłonić robota do skrętu. Program wykonuje się w nieskończoność, wykorzystując ustawienie powtórzeń na nieskończoność w ostatnim bloku pętli, jak pokazano na rysunku 4.6 i opisano niżej. Całą sprawę załatwiają zaledwie cztery bloki!

**UWAGA** Na potrzeby tego programu prawy silnik powinien zostać podłączony do portu C, a lewy silnik do portu B.



Rysunek 4.6. Program klocka EV3 do podążania wzdłuż czarnej linii

- \* Pierwszy blok ruchu sprawia, że robot skręca w prawo.
- \* Blok oczekiwania czeka, aż czujnik koloru (w trybie światła odbitego) odczyta wartość mniejszą niż 10% (ciemny kolor). Kiedy tak się stanie, program wykonywany jest dalej.
- \* Drugi blok ruchu sprawia, że robot skręca w lewo.
- \* Drugi blok oczekiwania czeka, aż czujnik koloru odczyta wartość równą 25% lub większą (jaśniejszy kolor). Ponieważ blok pętli został ustawiony na *nieskończoność* ( $\infty$ ), kiedy drugi blok oczekiwania pozwoli na dalsze wykonywanie programu, sekwencja zacznie się od początku, od pierwszego bloku ruchu.

Jeśli robot nie zachowuje się właściwie (na przykład gubi linię albo kręci się w kółko), spróbuj dostroić program, zmieniając wartości progowe parametrów bloku oczekiwania. Możesz na przykład zmienić próg określający ciemniejszy kolor z  $<10$  do  $<25$  lub  $<5$  albo też zmienić próg odnoszący się do jaśniejszego koloru z  $\geq 25$  do  $\geq 35$  lub  $\geq 10$ .

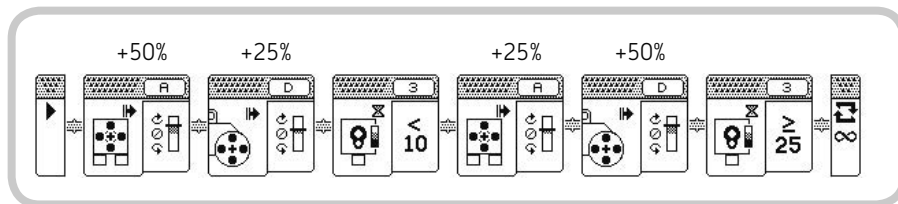
## Doskonalenie charakterystyki ruchu

Mogłeś zauważyć, że ruch robota jest nerwowy i szarpany, a każda gwałtowna zmiana kierunku powoduje zachwianie. Dzieje się tak dlatego, że bloki ruchu napędzają silniki z dużą mocą i sprawiają, że robot skręca poprzez zatrzymanie jednego koła i jednoczesne napędzanie drugiego.

Aby poprawić charakterystykę ruchu, przepnij prawy silnik do portu D, a lewy silnik do portu A, a następnie zastąp bloki ruchu blokami akcji, które sterują silnikami A i D oddzielnie: blok dużego silnika będzie sterować silnikiem podłączonym do portu D, a blok średniego silnika będzie sterować silnikiem podłączonym do portu A. (Te bloki mogą napędzać albo duży, albo średni silnik i pozwalają Ci oddzielnie sterować ich mocą). Zmieniając poziom mocy, będziesz w stanie doprowadzić do tego, by ruch robota stał

## EKSPERYMENT 4.2

Spróbuj ustawić wartość progową czujnika koloru na  $<10$  i  $\geq 10$ . Jak się zmieni charakterystyka ruchu robota?



Rysunek 4.7. Udoskonalony program klocka EV3 do podążania wzdłuż ciemnej linii

się płynniejszy. Na rysunku 4.7 pokazano udoskonalony program klocka EV3 dla robota podążającego wzdłuż linii.

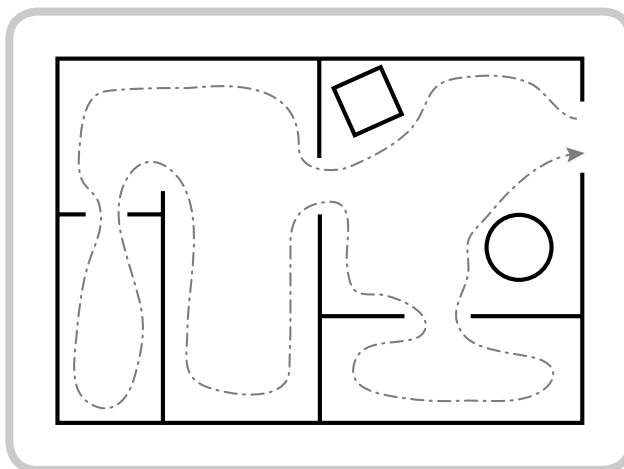
Jak widzisz, zamiast stosować pojedynczy blok ruchu, by skrócić w prawo, wykorzystaliśmy dwa bloki silnika. Lewy silnik (port A) został ustawiony na szybsze obroty niż prawy silnik (port D), przez co robot porusza się naprzód, skręcając jednocześnie lekko w prawo. Analogicznie zastępujemy drugi blok ruchu, który skręca w lewo, dwoma blokami silników, napędzającymi prawy silnik (D) szybciej niż lewy silnik (A). Bloki oczekiwania pozostają takie same jak we wcześniejszym programie. Uzyskany w efekcie ruch jest płynniejszy, ponieważ silniki pracują z dwoma różnymi prędkościami obrotowymi i nigdy się nie zatrzymują, jak to robiły wcześniej zgodnie z poleceniami bloków ruchu na rysunku 4.6.

## Każemy Wędrowcowi podążać wzdłuż ścian

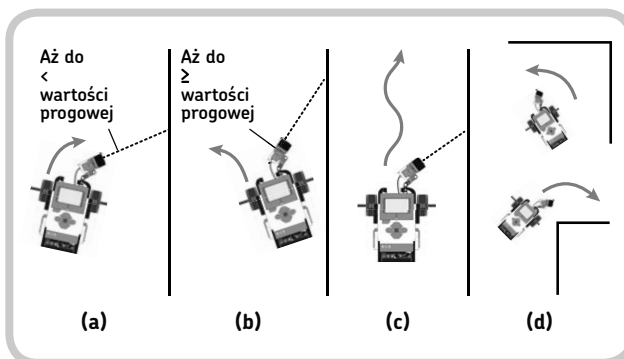
Każmy Wędrowcowi zbadać okolicę i powrócić do punktu wyjścia. Jak? Nakazując mu jechać wzdłuż ścian!

Jak widzisz na rysunku 4.8, robot może zbadać każde otoczenie (Twój pokój, Twój dom, Twoją szkołę), próbując utrzymać stałą odległość od ścian lub jakichkolwiek innych obiektów (takich jak meble, buty, koty itd.), które dostrzeże za pomocą swojego czujnika podczerwieni.

Technika podążania wzdłuż ściany jest analogiczna do techniki podążania wzdłuż linii, jak pokazano na rysunku 4.9. Robot skręca w kierunku ściany, dopóki odczytana odległość nie spadnie poniżej pewnej wartości progowej (a). W tym momencie skręca w kierunku przeciwnym do ściany, dopóki odczytana odległość nie wzrośnie powyżej wartości progowej (b). Uzyskany w efekcie ruch wyznacza krętą ścieżkę biegnącą w stałej średniej odległości od ściany (c). Tak długo, jak długo robot utrzymuje odpowiednią odległość od ściany, radzi sobie z załomami ścian i narożnikami pomieszczeń, nie utykając w nich (d).

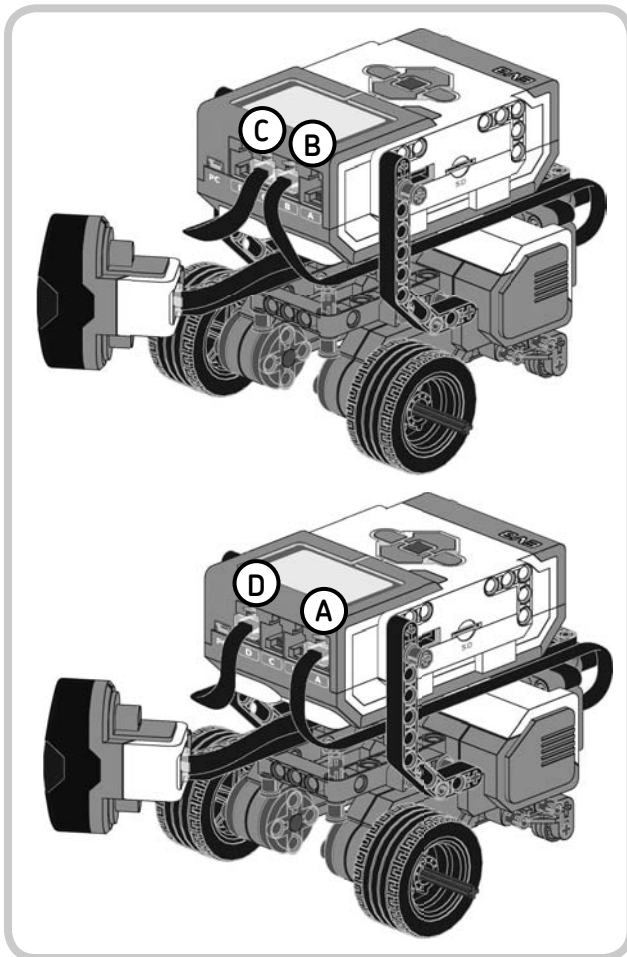


Rysunek 4.8. Wędrowiec może zbadać otoczenie i powrócić do punktu wyjścia, jeśli jego trasa nie jest zbyt zagrożona



Rysunek 4.9. Wędrowiec wykorzystujący prostą strategię podążania wzdłuż ściany

Zbuduj Wędrowca z czujnikiem podczerwieni zamontowanym jako czujnik podążania wzdłuż ściany, jak pokazano na rysunku 4.10 (patrz „Wędrowiec podążający wzdłuż ściany” w rozdziale 2.). Czujnik podczerwieni umieszczony pod skosem po prawej stronie Twojego robota będzie widział przedmioty przed nim.



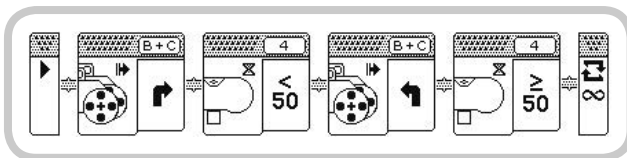
Rysunek 4.10. Wędrowiec wyposażony w moduł czujnika podczerwieni, dzięki któremu może podążać wzdłuż ścian. Kable silników powinny być podłączone do portów B i C lub A i D, zależnie od Twojego programu

Na potrzeby tego programu zastąp bloki oczekiwania czujnika światła odbitego wykorzystane w programie podążania wzdłuż linii (rysunek 4.6) blokami oczekiwania czujnika podczerwieni, by otrzymać program, który wygląda jak ten przedstawiony na rysunku 4.11.

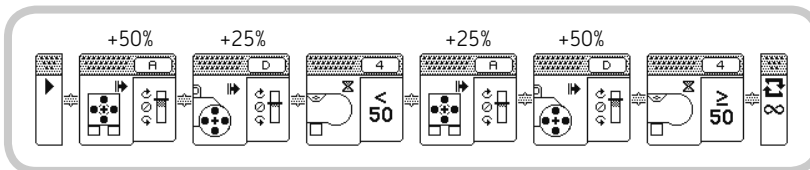
### Doskonalenie charakterystyki ruchu

Podobnie jak program podążania wzdłuż linii pokazany na rysunku 4.6 również program podążania przy ścianie wykorzystuje bloki ruchu, by napędzić silniki podłączone do portów B i C, a będący tego efektem ruch jest mało płynny. Aby wyrównać tor Wędrowca, spróbuj posłużyć się programem pokazanym na rysunku 4.12. Podobnie jak w przypadku programu z rysunku 4.7 możesz wykorzystać oddzielne bloki, by ustawić silniki podłączone do portów A i D do poruszania się z niższą prędkością, unikając w ten sposób zatrzymywania jednego koła w celu wykonania skrętu.

Jeśli obniżysz wartości progowe do  $<25$  i  $\geq 25$ , robot będzie utrzymywał mniejszą odległość od ściany i będzie próbował zbaczać wąskie przejścia, ale może utknąć, przejeżdżając w pobliżu załomów (kątów wypukłych) lub objeżdżając cienkie ściany. Jeżeli zwiększysz progi do  $<75$  i  $\geq 75$ , będzie się trzymał dalej od ścian i innych przedmiotów, dzięki czemu pokonywanie narożników stanie się łagodniejsze, ale może się to skończyć przejeżdżaniem blisko środka pokoju i omijaniem wąskich przejść.



Rysunek 4.11. Program podążania przy ścianie. Kable silników powinny być podłączone do portów B i C



Rysunek 4.12. Alternatywny program podążania przy ścianie. Kable silników powinny być podłączone do portów A i D

### EKSPERYMENT 4.3

Zbuduj ramkę przytrzymującą kamerę wideo skierowaną do przodu. Następnie włącz nagrywanie i pozwól Wędrowcowi zbadać teren. Kiedy Twój robot powróci, będziesz miał nagranie z jego wycieczki. Posługując się smartfonem z oprogramowaniem do czatów wideo (jak na przykład Skype), możesz nawet transmitować na żywo nagranie z eksploracji terenu w wykonaniu Wędrowca!

## Podsumowanie

W tym rozdziale nauczyłeś się, jak sprawić, by Wędrowiec jechał po z góry opracowanej trasie i podążał wzdłuż linii i ścian. Robot podążający wzdłuż ścian może autonomicznie zbadać każdy teren, transmitując nagranie z powrotem do bazy, a nawet pomóc Ci wydostać się z tarapatów. Jakich tarapatów? Czytaj dalej!





04X1



04X2

# Skorowidz

## A

automat skończony, 398, 399

## B

belka, 22, 23

cienka, 24

łamana, 23, 127

prosta, 23

wydłużanie, 131

blok

akcji, 72, 92, 99

Array Operations, 260

czasomierza, 213

czasu oczekiwania, 70, 74, 75, 76

czujnika, 92, 107

czujnika tryb, 107

dostępu do pliku, *Patrz:* blok File Access

dużego silnika, 73

dźwięku, 74

File Access, 323

lampki statusu klocka EV3, 75

Loop Interrupt, 273

losowania, 324

Math, 114, 117

tryb zaawansowany, 118, 119

oczekiwania, 72, 267

czujnika dotyku, 75, 202

czujnika koloru, 75

czujnika podczerwieni, 70, 77, 201

czujnika światła odbitego, 75

obrotów silnika, 76

przycisków klocka EV3, 76

zdalnego nadajnika podczerwieni, 77

operacji

na danych, 93

arytmetycznych, *Patrz:* blok Math

logicznych, 213

tablicowych, *Patrz:* blok Array Operations

pętli, 70, 77

porównania, 120

przebiegu programu, 92

przełącznika, 102, 328, 329, 332, 397,400

z wieloma ramkami, 260

przerwania pętli, *Patrz:* blok Loop Interrupt

Range, 271

ruchu, 69, 72, 73

stałej, 121

Stop Program, 273

średniego silnika, 73

tekstu, 109

Variable, 258

własny, 91, 93, 204, 206, 208, 209, 262

CHASE, 407

Chew, 394

Drive, 258, 259, 263

ExeCode, 328

HUNGRY, 407

IDLE, 405

INIT, 405

Laser, 327

Left, 397

Look, 394

MakePrgFile, 332

MakeProgram, 331

MoveAbsolute, 393

ParseFile, 332

PowerDownFX, 328

ReadBeacon, 271, 404

ReadRemote, 264, 267

Reset, 393

ResetBody, 209

ResetLegs, 326

ResetSteer, 259

Right, 397

Roar, 394

RunPrgFile, 332

RunProgram, 331

Saturation, 271

SayColor, 328

SEEK, 407

Sign, 269

Steer, 259

Step, 394, 397

Turn, 327, 404

TurnUntil, 397

tworzenie, 204, 205, 206

WaitButton, 328

Walk FWD, 327

wyświetlacza, 74

zakończenia programu, *Patrz:* blok Stop Program

zakresu, *Patrz:* blok Range

zaokrąglenia, 118

zmiennej, *Patrz:* blok Variable

Bluetooth, 93

błąd

operacji tablicowej, 260

pomiaru, 117

programu, 108

bushing, *Patrz:* pin z nakładką

## C

ciągno, 22, 23, 24

czujnik

obrotów silnika, 76

dotyku, 31, 43, 45, 75, 79, 201

koloru, 31, 46, 75, 76

podczerwieni, 31, 48, 77, 82, 105

tryb naprowadzania, 48, 106

tryb zbliżeniowy, 48

tryb zdalnego sterowania, 48

światła odbitego, 75

## D

dane, 109

typ, 110, 111

wejściowe, 65

wyjściowe, 65

decyzja, 66  
dioda RGB, 46  
dyferencjał  
elektroniczny, 257, 258  
mechaniczny, 257

## E

element  
dekoracyjny, 22, 29  
elektroniczny, 22, 30  
lista, 413, 422, 426, 431  
nazwa, 22  
oznaczenia kolorów, 36

## G

gąsienica, 22, 29, 58  
gęś kapitołińska, 155  
programowanie, 201, 212  
gniazdo kulowe, 23, 24, 294  
gumka, 30

## H

hol, 87

## I

instrukcja  
użytkownika, 87, 88  
programowania, 87, 88

## J

język programowania, 65  
graficzny, 67

## K

kabel danych, 30, 107, 108, 112, 267  
karta sprzętu, 90  
katapulta, 30  
klocek EV3, 67, 79  
instrukcja użytkownika, 68  
menu, 67  
podłączanie do komputera, 94  
koło, 22, 29  
pośredniczące, 142  
zębate, 22, 26, 28, 135  
połączenie, 135, 138

kompilator, 90  
kontroler włącz/wyłącz, 122  
krzywka, 283, 296  
kurzołapka dextera, 52

## L

Lobby, *Patrz:* hol

## Ł

łącznik, 22, 24  
wielopłaszczyznowy, 27, 28, 134, 304

## M

magazyn kul, 30  
mechanizm  
różnicowy, *Patrz:* dyferencjał  
samoblokujący, 143  
menu narzędzi, 91  
moduł chwytania, 62  
moment obrotowy, 135, 325  
multitasking, 261, 262

## N

nadajnik podczerwieni, 77, 105, 111,  
248, 267  
nakładka, 26

## O

oprogramowanie EV3, 21, 87, 421  
oś, 26

## P

paleta  
bloków, 68, 69, 72  
programowania, 92  
parametr, 67  
pętla, 66, 70  
pilot, 106, 248  
pin  
bez luzu, 24, 26, 36  
gładki, *Patrz:* pin zwykły  
z kulą, 24  
z nakładką, 24  
z osią, 24, 26, 36  
z osią, 24, 26  
zwykły, 24, 26

port

1, 45, 106  
3, 47, 106  
4, 49, 106, 107  
A, 73, 81, 106, 107  
B, 73, 81  
C, 73, 81  
D, 73, 81, 107  
prędkość obrotowa, 135, 325  
program, 65  
edytowanie, 96, 203  
importowanie, 95, 203  
kompilowanie, 90  
kopia zapasowa, 203  
sterowanie przebiegiem, 101  
usuwanie błędów, 108  
Wander, 393  
programowanie, 67, 69, 79  
oprogramowanie EV3, *Patrz:*  
oprogramowanie EV3  
przejście, 400  
przekładnia, 135, 137, 139, 140,  
141, 142  
ślimakowa, 143  
zębata, 257  
przewód sekwencji, *Patrz:* sekwencja  
przewód  
przyrost, 122

## R

R3MOTE, 217  
ramka, 24  
O, 37  
robot  
dwunożny, 156, 339  
lokalizacja w przestrzeni, 113  
z napędem różnicowym, 72, 106  
ROV3R, *Patrz:* Wędrowiec

## S

schemat blokowy, 65  
sekwencja, 66  
przewód, 69  
równoległa, *Patrz:* multitasking  
SENTIN3L, *Patrz:* Wartownik

silnik elektryczny, 30, 31, 147, 148, 149, 150, 151  
prędkość obrotowa, *Patrz:* prędkość obrotowa  
stan pochłaniający, 399  
stud, 21  
SUP3R CAR, 217  
programowanie, 257, 266, 267, 269  
syrena, 272  
układ kierowniczy, 242  
zbieżność, 243

wypustka, *Patrz:* stud  
wzmocnienie, 37, 39, 132  
strukturalne, 37

## Z

zapadka, 281  
zdarzenie  
czasomierzy, 401  
czujnika, 401  
zmienna, 258  
globalna, 259

## T

tablica, 259, 267  
indeks, 259  
liczbowa, 259  
logiczna, 259  
T-R3X, *Patrz:* Tyranozaur  
Tyranozaur, 339  
programowanie, 393, 397, 408

## W

Wartownik, 277  
programowanie, 323, 333, 334  
Wędrowiec, 35  
charakterystyka ruchu, 81, 83  
na gąsienicach, 37, 58  
na kołach, 36, 37  
podążający wzdłuż  
linii, 36, 46, 51, 80  
ściany, 36, 50, 51, 57, 82, 121  
z czujnikiem dotyku, 79  
z czujnikiem podczerwieni, 36, 49  
z kurzołapką, 54, 57  
wielozadaniowość, *Patrz:* multitasking  
wtyczka  
liczbowa, 110  
logiczna, 110  
tablica  
liczbowa, 110, *Patrz też:* tablica  
liczbowa  
logiczna, 110, *Patrz też:* tablica  
logiczna  
tekstowa, 110



# PROGRAM PARTNERSKI

GRUPY WYDAWNICZEJ HELION

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

Zmień swoją stronę WWW  
w działający bankomat!

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

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

GRUPA WYDAWNICZA

 **Helion SA**



# SPEŁNIJ SWOJE MARZENIA O BUDOWIE ROBOTA!

Jeśli posiadasz pełny zestaw Lego Mindstorms, możesz zbudować i zaprogramować robota używającego licznych czujników i napędów. Żeby jednak w pełni wykorzystać potencjał jego elementów, warto pokierować się wskazówkami światowej klasy specjalisty — Daniele'a Benedettelliego.

Wprowadzi Cię w świat robotów Lego. Sięgnij po tę książkę i przekonaj się, jak korzystać z dostępnych mechanizmów — kół zębatych, belek, silników i czujników. W trakcie lektury zbudujesz różnego typu roboty, potrafiące omijać przeszkody, odczytywać polecenia lub podążać po narysowanej trasie. Ponadto poznasz dokładnie język programowania, dzięki czemu będziesz mógł zrealizować nawet najbardziej skomplikowane zadania. To obowiązkowa lektura dla każdego posiadacza zestawu Lego Mindstorms. Dzięki niej w pełni wykorzystasz jego możliwości!

## Dzięki tej książce:

- zbudujesz roboty różnego typu
- nauczysz się programować skonstruowane urządzenia
- zostaniesz mistrzem Lego Mindstorms

**helion.pl**  
księgarnia  
internetowa

Nr katalogowy: 25901

Księgarnia internetowa  
<http://helion.pl>

Zamówienia telefoniczne:  
**0 801 339900**  
**0 601 339900**



**Helion**

Sprawdź najnowsze promocje:  
• <http://helion.pl/promocje>  
Książki najchętniej czytane:  
• <http://helion.pl/bestsellery>  
Zamów informacje o nowościach:  
• <http://helion.pl/nowosci>

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

sięgnij po **WIĘCEJ**



KOD KORZYŚCI



cena: 69,00 zł

ISBN 978-83-246-9579-9



9 788324 695799

Informatyka w najlepszym wydaniu