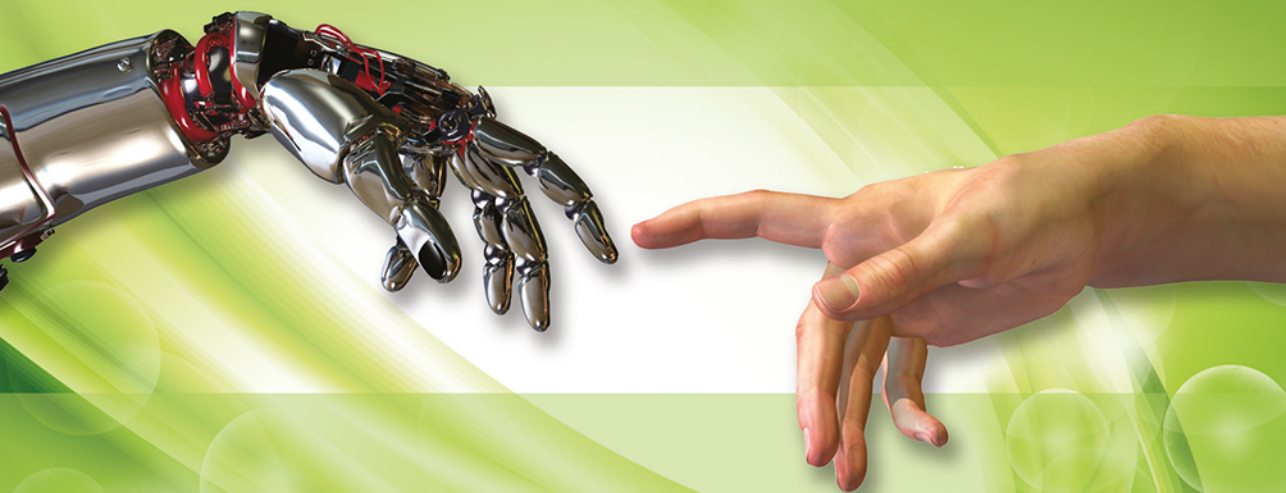


# FASCYNUJĄCY ŚWIAT ROBOTÓW

Przewodnik dla konstruktorów



Własny robot w zasięgu Twoich możliwości!

que

Helion

John Baichtal

Tytuł oryginału: Robot Builder: The Beginner's Guide to Building Robots

Tłumaczenie: Konrad Matuk

ISBN: 978-83-283-0817-6

Authorized translation from the English language edition, entitled: ROBOT BUILDER: THE BEGINNER'S GUIDE TO BUILDING ROBOTS, ISBN 0789751496; by John Baichtal, published by Pearson Education, Inc, publishing as QUE Publishing.

Copyright © by 2015 by John Baichtal.

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 Pearson Education Inc.

Polish language edition published by HELION S.A.. Copyright © 2015.

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)

Pliki z przykładami omawianymi w książce można znaleźć pod adresem:

<ftp://ftp.helion.pl/przyklady/faswro.zip>

Drogi Czytelniku!

Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres

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

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>Wstęp .....</b>	<b>15</b>
<b>Rozdział 1. Ty — konstruktor robotów .....</b>	<b>17</b>
Czym jest robot? .....	18
Mity o robotach .....	20
Typy robotów .....	20
Anatomia robota .....	22
Bezpieczeństwo .....	24
Budowa robota poruszającego się dzięki wibracjom .....	26
Robot poruszający się dzięki wibracjom zbudowany na bazie podpórki do pizzy .....	27
Robot wibracyjny zbudowany na bazie wentylatora .....	30
Podsumowanie .....	34
<b>Rozdział 2. Witaj w świecie robotów .....</b>	<b>35</b>
Watercolor Bot — robot malujący akwarelami .....	35
Sparki .....	36
OpenROV .....	37
Astrodroidy .....	38
Robot mieszający drinki .....	39
Replika łazika marsjańskiego .....	40
MindCub3r .....	41
Robot balansujący na piłce .....	42
Maszyna Turinga zbudowana z klocków LEGO .....	43
Sir Mix-a-Bot .....	44
Arc-O-Matic .....	44
Soft-Boiled Eggbot — robot gotujący jajka na miękko .....	45
Legonardo .....	46
Sisyphus .....	47

Wyświetlacz widmowy Orbital Rendersphere .....	48
Clash of the Fractions .....	49
Wirówka lampy lava .....	49
Quakescape .....	51
InMoov .....	51
Giętarka do drutu DIWire Bender .....	53
Robot podlewający rośliny .....	53
Działo Nerf Sentry Gun .....	54
Żółty automat perkusyjny — Yellow Drum Machine .....	55
Robot robiący naleśniki — Pancake Bot .....	56
Balloon Bot .....	57
Piccolo: miniaturowy robot CNC .....	58
Xylophone Bot — robot grający na ksylofonie .....	58
Robot rozdający ulotki .....	59
Mechaniczny kwiatek — Flowerbot .....	60
CoolerBot — robot na bazie lodówki .....	61
Podsumowanie .....	62

### **Rozdział 3. Roboty i kółka ..... 63**

Silniki .....	64
Wybieranie właściwego silnika .....	65
Koła .....	68
Różne rodzaje kół .....	68
Parametry .....	70
Koła czy gąsienice .....	71
Projekt: samodzielna budowa kół .....	73
Lista materiałów .....	73
Budowa krok po kroku .....	74
Podwozie .....	77
Zastosowanie prefabrykowanego podwozia .....	77
Budowa własnego podwozia .....	77
Korzystanie z zestawu do samodzielnego montażu .....	79
Zasilanie robota .....	79
Baterie .....	79
Panele fotowoltaiczne .....	80
Domowa instalacja elektryczna .....	81

Projekt: budowa robota poruszającego się na kołach .....	82
Lista materiałów .....	83
Budowa krok po kroku .....	84
Podsumowanie .....	87
<b>Rozdział 4. Energia słoneczna .....</b>	<b>89</b>
Jak działa panel fotowoltaiczny? .....	90
Robotyka BEAM .....	91
Trzy rodzaje ogniw fotowoltaicznych przydatnych podczas amatorskiej konstrukcji robotów .....	92
Giętka błona .....	92
Szkło i krzem .....	92
Plastik i krzem .....	94
Tworzenie prototypów obwodów .....	95
Praca z płytką prototypową .....	95
Wykonywanie połączeń lutowniczych .....	97
Ładowanie akumulatora za pomocą ogniw fotowoltaicznych .....	104
Projekt: samodzielnie zbuduj panel fotowoltaiczny .....	105
Lista materiałów .....	105
Budowa krok po kroku .....	106
Projekt: budowa obrotowego robota zasilanego za pomocą ogniwa fotowoltaicznego .....	109
Lista materiałów .....	109
Budowa krok po kroku .....	110
Podsumowanie .....	112
<b>Rozdział 5. Sterowanie robotem .....</b>	<b>113</b>
Autonomiczność .....	114
Podczerwień .....	114
Internet .....	115
Zdalne sterowanie drogą radiową .....	116
Łączność bezprzewodowa .....	116
Mikrokontrolery i mikrokomputery .....	118
Sterowanie pracą silnika .....	118
Shield Motor firmy Adafruit .....	119

Sterownik EasyDriver firmy Schmalzhaus .....	119
Sterownik Me Motor Driver firmy Makeblock .....	120
Zdalne sterowanie robotem .....	121
Nadajnik .....	121
Odbiornik .....	122
Elektroniczny kontroler prędkości .....	123
Projekt: sterowanie robotem za pomocą płytki Arduino Uno .....	124
Lista materiałów .....	124
Budowa krok po kroku .....	126
Programowanie Arduino .....	128
Modyfikacja projektu: zastosowanie innego sterownika silników .....	131
Lista materiałów .....	132
Budowa krok po kroku .....	133
Kod .....	139
Podsumowanie .....	139
<b>Rozdział 6. Wstęp do programowania .....</b>	<b>141</b>
Czym jest programowanie? .....	142
Delay .....	142
For .....	142
If-else .....	142
Pętle i przerwania .....	143
Switch-case .....	143
Zmienne .....	143
Pętla while .....	144
Zintegrowane środowisko programistyczne Arduino .....	144
Szkic Blink .....	146
Szukanie przykładowych kodów .....	148
Adaptacja gotowego kodu do własnych potrzeb .....	149
Proste debugowanie za pomocą monitora portu szeregowego .....	150
Publikacje dotyczące programowania i robotyki .....	151
Projekt: wyposaż swojego robota w czujnik ultradźwiękowy .....	153
Lista materiałów .....	153
Budowa krok po kroku .....	154
Kod .....	156
Podsumowanie .....	158

<b>Rozdział 7. Praca z podczerwienią .....</b>	<b>159</b>
Zastosowanie sygnałów nadawanych za pomocą podczerwieni .....	159
Podczerwień — rozwiązania aktywne czy pasywne? .....	161
Piloty zdalnego sterowania pracujące w paśmie podczerwieni .....	162
Miniaturowy pilot firmy Adafruit .....	163
Pilot firmy SparkFun .....	164
Odbiornik podczerwieni i pilot zdalnego sterowania firmy Makeblock .....	164
Miniprojekt: określanie kodów nadawanych przez pilota .....	165
Lista materiałów .....	166
Budowa krok po kroku .....	166
Kod .....	167
Projekt: sterowanie robotem za pomocą podczerwieni .....	167
Lista materiałów .....	167
Budowa krok po kroku .....	168
Kod .....	169
Projekt: wartownik strzelający rzutkami .....	171
Lista materiałów .....	171
Budowa krok po kroku .....	172
Kod .....	182
Sterowanie pracą wartownika .....	184
Podsumowanie .....	184
 <b>Rozdział 8. Zestawy do samodzielnego montażu .....</b>	 <b>185</b>
Zastosowania zestawów do samodzielnego montażu .....	186
Obudowy .....	186
Suwnice .....	187
Podwozie .....	187
Zaczepty montażowe .....	189
Meble .....	190
Przykłady zestawów elementów konstrukcyjnych .....	191
Vex Robotics Design System (vexrobotics.com) .....	191
Lego Mindstorms i LEGO Technic (mindstorms.com) .....	191
Actobotics Building System (servocity.com) .....	192
Makeblock (makeblock.cc) .....	193
MicroRax (microrax.com) .....	194

MakerBeam (makerbeam.eu) .....	195
Tamiya (tamiyausa.com) .....	196
Wybór zestawu elementów konstrukcyjnych .....	196
Materiał .....	197
Belki .....	197
Uchwyty silników .....	198
Elementy połączeniowe .....	199
Elektronika .....	200
Koła zębate .....	200
Koła i gąsienice .....	201
Indywidualizacja zestawu elementów konstrukcyjnych .....	202
Łączenie ze sobą komponentów różnych zestawów .....	202
Tworzenie nowych elementów .....	206
Projekty podwozi .....	208
Podwozie LEGO Mindstorms EV3 .....	208
Podwozie Makeblock .....	217
Lista materiałów .....	218
Podwozie Actobotics .....	223
Lista materiałów .....	224
Podsumowanie .....	232
<b>Rozdział 9. Narzędzia konstruktora robotów .....</b>	<b>233</b>
Wybierz swoją skrzynkę .....	234
Rozmiar .....	234
Konstrukcja .....	235
Metal .....	235
Plastik .....	235
Materiał .....	236
Przegrody .....	237
Korytka .....	237
Przegródki .....	238
Główna komora skrzynki .....	238
Uchwyt .....	239
Cztery skrzynki na narzędzia .....	240
Przenośna skrzynka na narzędzia Pelican 1460 .....	240
Szafka na narzędzia Stack-On 39-Bin .....	241



Szafka na narzędzia Husky 13-Drawer .....	242
Skrzynka na narzędzia firmy Craftsman .....	243
Narzędzia .....	243
Klucze i śrubokręty .....	243
Elektronika .....	245
Lutowanie .....	248
Pomiary .....	249
Przybory przydatne podczas pisania i rysowania .....	250
Maszyny CNC .....	251
Narzędzia przydatne podczas pracy .....	252
Montaż .....	253
Cięcie .....	254
Kable .....	255
Wprowadzenie do maszyn CNC .....	256
ABC wyrzynarki laserowej .....	256
Budowa .....	257
Obsługa wyrzynarki laserowej .....	259
ABC frezarki CNC .....	261
Budowa .....	262
Obsługa frezarki CNC .....	263
ABC drukarki 3D .....	265
Budowa .....	265
Obsługa drukarki 3D .....	265
Podsumowanie .....	267
<b>Rozdział 10. Manipulatory .....</b>	<b>269</b>
Rodzaje manipulatorów .....	270
Uniwersalny chwytak .....	270
Szufła .....	270
Macka .....	271
Pneumatyka .....	272
Szczypce .....	273
Dłoń humanoidalna .....	274
Elektromagnes .....	274
Szpony .....	275

Wciągarka .....	275
Mazak .....	277
Zakup gotowych manipulatorów .....	277
Strong Robot Gripper firmy Makeblock .....	277
Szczypce firmy VEX .....	278
uArm firmy uFactory .....	279
Szczypce Robotic Claw MK II firmy Dagu Robotics .....	280
Projekt: szczypce LEGO .....	281
Lista materiałów .....	281
Budowa krok po kroku .....	283
Projekt: szczypce wykonane z elementów wyciętych za pomocą wyrzynarki laserowej .....	289
Lista materiałów .....	289
Budowa krok po kroku .....	290
Projekt: chwytak z ziaren kawy .....	296
Lista materiałów .....	297
Budowa krok po kroku .....	298
Podsumowanie .....	307

## **Rozdział 11. Roboty i woda ..... 309**

Budowa pływającego robota .....	310
Wyporność .....	310
Zasilanie .....	311
Sterowanie .....	311
Napęd .....	312
Zdalne sterowanie .....	312
Stabilizacja .....	312
Łodzie podwodne .....	313
Wilgoć .....	313
Obudowy wodoodporne .....	314
Projekt: pływający robot napędzany siłą wentylatorów .....	315
Lista materiałów .....	315
Budowa krok po kroku .....	317
Kod .....	327
Podsumowanie .....	328

<b>Rozdział 12. Roboty i sztuka .....</b>	<b>329</b>
Rodzaje „artystycznych” robotów .....	330
Ploter — V-plotter .....	330
Wibracje .....	330
Ploter .....	331
Egg-Bot — robot tworzący pisanki .....	332
Ploter rysujący w piasku .....	333
Pojazdy .....	333
Malujące wahadło .....	334
Drukarka mozaikowa .....	334
Konwersja obrazu na kod zapisany w języku G-code .....	336
Tworzenie kodu w języku G-code na podstawie rysunku kreskowego .....	339
Projekt: jeżdżący malarz .....	339
Lista materiałów .....	340
Budowa krok po kroku .....	342
Kod .....	353
Podsumowanie .....	355
<b>Rozdział 13. Roboty sterowane za pośrednictwem sieci WWW .....</b>	<b>357</b>
Rodzaje robotów korzystających z połączenia z internetem .....	358
Węszyciel .....	358
Autotwittery .....	358
Teleobecność .....	358
Roboty interaktywne .....	359
Automatyka domowa .....	359
Sieć czujników .....	359
Sprzęt .....	360
Płytki Arduino Ethernet .....	360
Kontroler sieci Wi-Fi Adafruit CC3000 Breakout .....	361
Płytki rozszerzeń Arduino Wi-Fi .....	362
Płytki WiFly firmy Roving Networks .....	362
Mikrokomputery: rozwiązania alternatywne dla Arduino .....	363
BeagleBone Black (beaglebone.org) .....	363
Raspberry Pi (raspberrypi.org) .....	364

pcDuino (pcduino.com) .....	364
Arduino Yún (arduino.cc/en/main/ArduinoBoardYun) .....	364
Działo wysyłające wiadomości tekstowe .....	364
Lista materiałów .....	365
Budowa krok po kroku .....	365
Kod .....	368
Podsumowanie .....	368
<b>Dodatek A Słowniczek .....</b>	<b>369</b>
<b>Skorowidz .....</b>	<b>377</b>

# 2

## Witaj w świecie robotów

Zanim zajmiemy się *na poważnie* budową robotów, warto przyjrzeć się pewnym robotom skonstruowanym przez innych amatorów na przestrzeni kilku ostatnich lat. Fascynujące jest to, że roboty te są bardzo różne, a ich konstruktorzy zastosowali bardzo sprytne rozwiązania napotkanych problemów.

Większość robotów nie została stworzonych przez profesjonalistów. Jednakże ludzi tych nie można określić również mianem osób początkujących — na swój sukces pracowali przez kilka lat. Są to osoby takie jak ja czy Ty — osoby lubiące bawić się silnikami i mikrokontrolerami.

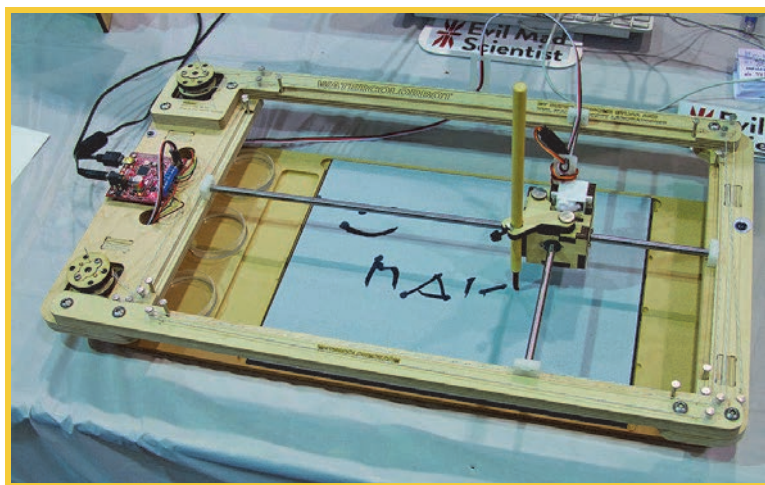
Osoby konstruujące roboty tworzą je na bazie elementów prefabrykowanych lub wydrukowanych za pomocą drukarki 3D, wysokiej jakości drewnianych ram, a także samodzielnie napisanych programów. Być może roboty tworzone przez profesjonalistów są lepiej zaprojektowane i zastosowano w nich lepsze serwomotory i mikrokontrolery, ale zaprezentowane przez nas roboty wcale nie są gorsze od tych tworzonych przez profesjonalistów.

Pod opisem każdego z projektów umieściłem odnośniki do ich witryn internetowych, gdzie znajdziesz więcej informacji na ich temat — możesz z nich pobrać instrukcje, a czasem nawet pełny opis konstrukcji umożliwiającą samodzielne wykonanie danego robota.

## Watercolor Bot — robot malujący akwarelami

Utalentowany konstruktor „Super Awesome” Sylvia Todd oraz małżeństwo Windell Oskay i Lenore Edman z Evil Mad Scientist Laboratories (EMSL) skonstruowali z tarczycy, silników krokowych i dziecięcego zestawu do malowania akwarelami skomputeryzowanego malującego robota (zobacz rysunek 2.1). Robot przetwarza cyfrowe pliki graficzne na obrazy malowane akwarelami — mechanizm mocy pędzel w wodzie, w farbie, a następnie maluje!

Twórcom tego robota zależało na zastosowaniu dziecięcego zestawu do malowania akwarelami. Było to dość problematyczne, ponieważ pędzle znajdujące się w takich zestawach są bardzo tanie i rysunki stworzone za ich pomocą są niskiej jakości. Jednakże zastosowanie takiego zestawu jest hołdem złożonym dla zestawów do malowania, jakimi autorzy projektu bawili się w dzieciństwie.



**RYСУNEK 2.1.** Robot Watercolor Bot malujący akwarelami

Zdjęcie: Windell H. Oskay, <http://www.evilmadscientist.com/>

Sylwia (w czasie wspólnej pracy nad tym robotem miała 11 lat) prowadzi własnego wideobloga — *Sylvia's Super-Awesome Maker Show*, na którym pracuje z zestawami do samodzielnego montażu, majsterkuje nad różnymi projektami i dzieli się swoją wiedzą z widzami. W ramach White House Science Fair zaprezentowała robota malującego akwarelami prezydentowi USA. Więcej informacji na temat Sylwii i zbudowanego przez nią robota znajdziesz na stronach:

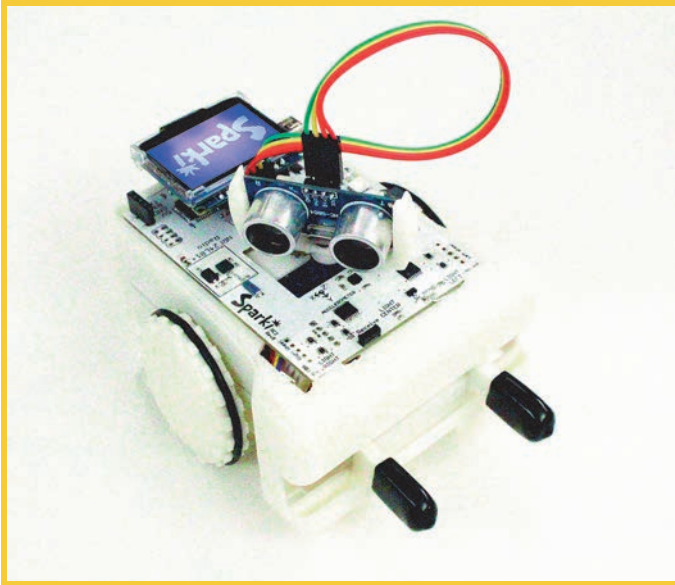
- <http://watercolorbot.com/>
- <http://www.evilmadscientist.com/>
- <http://sylviashow.com/>

## Sparki

ArcBotics — producent zestawów przeznaczonych do samodzielnego montażu — chciał stworzyć robota przeznaczonego dla osób rozpoczynających swoją przygodę z robotyką. W wyniku prac nad takim robotem powstał Sparki (zobacz rysunek 2.2). Robot ten jest wyposażony w wiele czujników (między innymi przyspieszeniometer, magnetometr, trzy światłomierze), wyświetlacz LCD, dwa przekładniowe silniki krokowe, nadajnik i odbiornik podczerwieni, a także wiele innych ciekawostek.

Robot jest przeznaczony dla dzieci w wieku powyżej 6 lat. Sparki jest gotowy do pracy po wyjęciu z pudełka. Stanowi idealne narzędzie do rozpoczęcia przygody z programowaniem i robotyką bez konieczności samodzielnego budowania robota.

Sparki, podobnie jak wiele robotów opisanych w tym rozdziale, jest otwartym projektem. Jego dokumentację i schematy możesz pobrać ze strony <http://arcbotics.com/>.



**RYSunEK 2.2.** Robot Sparki jest gotowy do zaprogramowania od razu po wyjęciu z pudełka  
Zdjęcie: <http://arcbotics.com/>

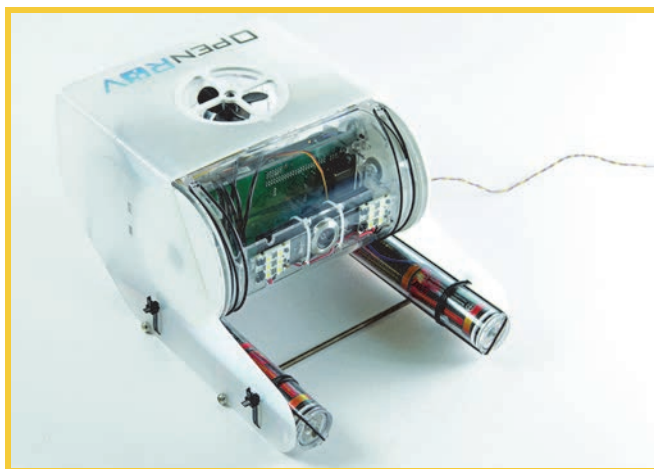
## OpenROV

Eric Stackpole i David Lang chcieli zbudować zdalnie sterowany pojazd podwodny (ang. ROV) w celu eksploracji kalifornijskiej jaskini Hall City Cave. ROV jest małym robotem wyposażonym w silniki napędowe i kamery, a także interfejs umożliwiający transmisję danych.

Eric i David nie mieli pomysłu, jak zabrać się za pracę nad takim pojazdem. Stworzyli więc internetową społeczność miłośników zdalnie sterowanych pojazdów podwodnych, którzy wspólnie pracowali nad robotem — stworzyli otwarty projekt pojazdu podwodnego, który nazwali OpenROV (zobacz rysunek 2.3).

W wyniku crowdfundingu udało im się zebrać budżet 100 000 dolarów i stworzyli serię robotów OpenROV, która kolejnego roku została przetestowana w wodach Antarktyki — roboty wykonywały zdjęcia zwierzętom żyjącym pod pokrywą lodową. Dzięki temu eksperymentowi sprawdzono, jak robot sprawuje się w ekstremalnych temperaturach. OpenROV doskonale sprawdzał się w tych warunkach.

Więcej informacji na temat projektu OpenROV znajdziesz na stronie <http://www.openrov.com/>



**RYSUNEK 2.3.** Dzięki OpenROV każdy może eksplorować podwodne przestrzenie  
Zdjęcie: OpenROV

## Astrodroidy

Craig Smith zbudował Astrodroidy widoczne na rysunku 2.4 w holdzie inteligentnym robotom znanym z filmu *Gwiezdne wojny*. Roboty stworzone przez Craiga są zdalnie sterowanymi maszynami poruszającymi się na kołach, a ich nogi mogą się zginać.



**RYSUNEK 2.4.** Roboty stworzone przez Craiga Smitha mogą zostać pokazane w filmie  
Zdjęcie: Craig Smith



Czerwony robot jest efektem prac koncepcyjnych — próbą odtworzenia robota mieszającego się w skrzydle pojazdu kosmicznego znanego z jednego z filmów. Srebrno-złoty nie został wyposażony w boczne osłony, dzięki czemu widać jego aluminiową konstrukcję, a także jego poszczególne komponenty.

Craig twierdzi, że wiele osób pyta go o to, jak wykonał ten lub tamten mechanizm. W związku z tym stworzył droida z odsłoniętą konstrukcją, dzięki czemu każdy może zobaczyć pracujące mechanizmy robota.

Więcej informacji na temat Astrodroidów stworzonych przez Craiga znajdziesz na stronie <http://makezine.com/2010/03/13/firefly-workshop/>.

## Robot mieszający drinki

Firma EMSL odpowiedzialna za stworzenie opisanego wcześniej robota malującego akwarelami opracowała również wspaniałego robota robiącego drinki — *Drink-Making Unit* (DMU — zobacz rysunek 2.5).



**RYСУNEK 2.5.** Robot Drink-Making Unit robi drinki i ma stylowy wygląd

Zdjęcie: Windell H. Oskay, <http://www.evilmadscientist.com/>

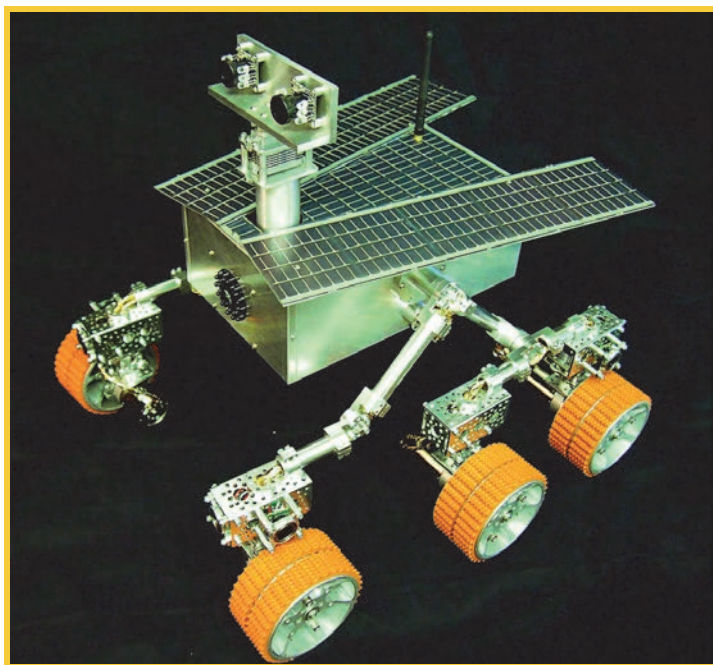
Robot ten składa się z zestawu kolb stożkowych (w których znajdują się różne alkohole), mieszalników i sześciostopniowych cylindrów przelewających ciecz. Użytkownik robota może wybrać składniki za pomocą bocznego panelu, w którym znajdują się również pompy powietrzne podnoszące ciśnienie wewnątrz kolb, w wyniku czego alkohol może być przepompowywany.

Najbardziej eleganckimi elementami robota są przechylne cylindry oparte na japońskim projekcie fontanny *shishi odoshi*. Cylindry napełniane są cieczą do momentu, w którym zaczynają się przechylać. Po przechyleniu się określa ilość alkoholu przelewana jest do kolby.

Więcej informacji na temat tej konstrukcji znajdziesz na stronie <http://www.evilmadscientist.com/2011/drink-making-unit-2-0>.

## Replika łazika marsjańskiego

Robert Beatty i jego córki: Camille (mająca wtedy 13 lat) i Genevieve (mająca 11 lat) pracowali nad repliką łazika marsjańskiego (zobacz rysunek 2.6). Konstrukcję łazika zbudowali w oparciu o aluminiowe elementy wycięte za pomocą frezarki CNC (sterowanej komputerowo). Zdecydowali się na zbudowanie tej repliki po tym, jak skontaktowało się z nimi biuro New York Hall of Science, poszukujące repliki łazika niezbędnej do uaktualnienia wystawy dotyczącej Marsa.



**RYSUNEK 2.6.** Nie jest to prawdziwy łazik marsjański, ale konstrukcja wykonana przez Beatty Robotics bardzo go przypomina  
Zdjęcie: Robert Beatty

Robot wykonany przez Roberta i jego córki składa się z ponad 700 elementów. Większość z nich została stworzona i zainstalowana przez dziewczyny. Łazik został wyposażony w zawieszenie utrzymane w konwencji typowej dla NASA, osiem sonarów, kamerę rejestrującą obraz w podczerwieni, a także matrycowy czujnik temperatury.

Robot jest wystawiony w muzeum, a ludzie odwiedzający wystawę mogą sterować jego pracą i prowadzić misję badawczą w miejscu przypominającym marsjański krajobraz.

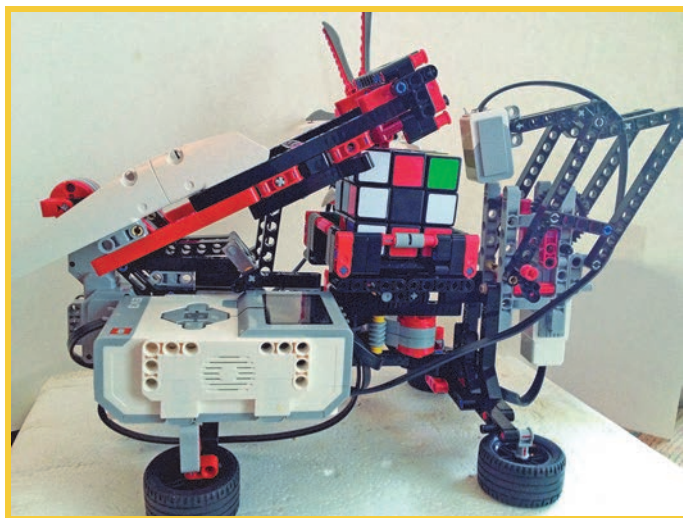
Więcej informacji na temat repliki łazika marsjańskiego znajdziesz na stronie <http://beatty-robotics.com/tag/mars-rover/>.

## MindCub3r

Istnieją roboty potrafiące ułożyć kostkę Rubika. Ludzkość walczy z kostką Rubika od lat 80. ubiegłego wieku. Maszyny układające kostkę skanują jej boczne ściany, określają sposób jej ułożenia, a następnie manipulują kostką we wcześniej określony sposób. Wiele nowoczesnych robotów potrafi ułożyć kostkę Rubika w zaledwie kilka sekund — niezbędne obliczenia wykonywane są przez laptopa lub smartfon.

David Gilday podszedł do tego zadania nieco inaczej. Nie chciał pobijać żadnych rekordów. Postanowił po prostu zbudować robota układającego kostkę Rubika z jednego zestawu klocków LEGO Mindstorms EV3. Wiele osób budujących roboty z klocków LEGO korzysta z elementów znajdujących się w różnych zestawach, ale David postanowił zbudować robota MindCub3r z elementów jednego zestawu klocków bez stosowania jakichkolwiek dodatkowych elementów. Obliczenia są wykonywane przez mikrokontroler dołączony do zestawu klocków EV3.

MindCub3r (zobacz rysunek 2.7) nie bije rekordów prędkości, ale może zostać zbudowany przez każdego. David udostępnił schemat konstrukcji robota oraz pliki z niezbędnym oprogramowaniem na swojej stronie internetowej: [http://mindcub3r.com/mindcub3r/mindcub3r.html](http://mindcuber.com/mindcub3r/mindcub3r.html). Spróbuj zbudować tego robota samodzielnie!



**RYСУNEK 2.7.** Robot MindCub3r, który może zostać zbudowany z jednego zestawu klocków LEGO Mindstorms

## Robot balansujący na piłce

Segway jest dwukółowym pojazdem, na którym równowaga utrzymywana jest dzięki zastosowaniu silników połączonych z żyroskopami. Robot balansujący na piłce (zobacz rysunek 2.8) działa na podobnej zasadzie (balansuje na jednej piłce). Robot utrzymuje pion i porusza się na piłce tak, jakby był pojazdem wyposażonym w jedno koło. Poruszanie się na piłce powoduje podwyższenie środka ciężkości, a równowaga utrzymywana jest dzięki pracy silników.



**RYSUNEK 2.8.** Robot poruszający się na piłce  
Zdjęcie: uFactory

Start-up uFactory (Shenzhen, Chiny) zaprojektował tego robota w oparciu o (między innymi) mikrokontroler Arduino Mega, żyroskop MPU6050, czujnik ruchu Microsoft Kinect i moduł sieci Wi-Fi. Kinect jest modulem przeznaczonym do rozpoznawania gestów przez konsolę Xbox, a konstruktorzy uFactory zastosowali go po to, aby ich robot mógł być również sterowany za pomocą gestów. Więcej informacji na temat uFactory znajdziesz w następujących serwisach internetowych:

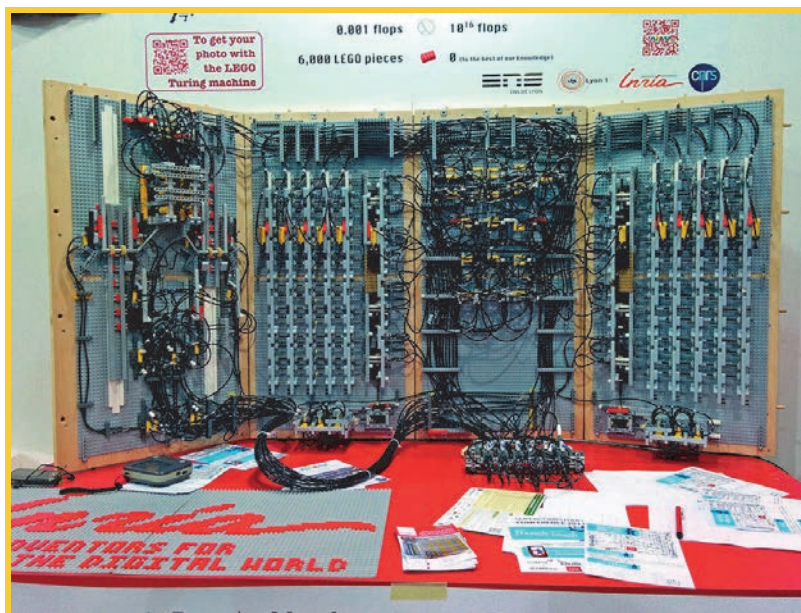
- <http://ufactory.cc/>
- <http://www.instructables.com/id/How-to-make-a-Ball-Balancing-Robot/>



## Maszyna Turinga zbudowana z klocków LEGO

Maszyna Turinga była jednym z pierwszych komputerów. Zasady jej działania zostały określone w roku 1936 przez brytyjskiego matematyka i kryptologa Alana Turinga. Maszyna ta miała pokazać, jak symbole naniesione na pasek papieru mogą być analizowane i przetwarzane przez urządzenie elektroniczne. Zasada działania maszyny Turinga została później zastosowana podczas konstrukcji pierwszego komputera, ale żadna maszyna Turinga nie została zbudowana przez kilka kolejnych dziesięcioleci.

Fani klocków LEGO stworzyli różne wersje tej maszyny, a na rysunku 2.9 przedstawiono jedną z najlepszych. Została ona stworzona w 2013 r. na wydziale informatycznym ENS de Lyon we Francji. Składa się ona z 20 000 klocków LEGO. Zastosowano w niej pneumatyczne elementy mechaniczne — 32 gniazda, 24 siłowniki, 1200 kół zębatach oraz 50 metrów przewodów pneumatycznych.



**RYSUNEK 2.9.** Maszyny Turinga nie zbudowano za życia jej pomysłodawcy — a co Alan Turing sądziłby o maszynie zbudowanej z klocków LEGO?

Zdjęcie: Trammell Hudson

Więcej informacji na temat maszyny Turinga zbudowanej z klocków LEGO znajdziesz na stronie <http://www.turing2012.fr/?p=530&lang=en>.

## Sir Mix-a-Bot

Dave Zucker opracował ciekawego robota robiącego drinki (zobacz rysunek 2.10). Robot został wyposażony w uniwersalne, programowalne ramię PUMA (ang. *Programmable Universal Manipulation Arm*), które jest standardowo stosowane w automatyce przemysłowej (o technologii tej wspominałem już w rozdziale 1., „Ty — konstruktor robotów”). Ramię sięga po różne alkohole, które są mieszane zgodnie z programem wybranym przez użytkownika za pomocą ekranu dotykowego.



**RYСУNEK 2.10.** Robot robiący koktajle alkoholowe

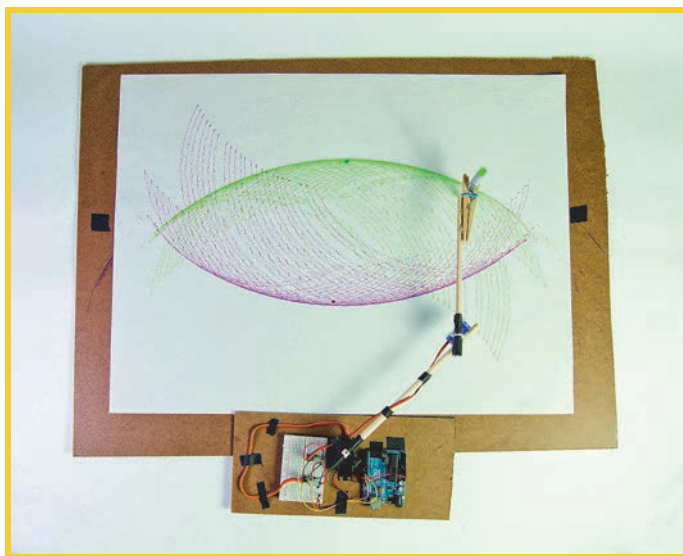
Zdjęcie: George Harker

Praca nad tym projektem trwała bardzo długo — ramię tego robota znajdowało się w pokoju Dave’a przez całe dziesięć lat, Dave pracował nad nim stopniowo wieczorami. Po skończeniu pracy Dave wyposażył je w piękny drewniany stół zdobiony mosiężnymi elementami.

Więcej informacji na temat tego robota znajdziesz na stronie <http://dsz123.net/Projects/RobotArm/>.

## Arc-O-Matic

Robot Arc-O-Matic stworzony przez Pete’a Prodoehla jest wyposażony w ramię tworzące rysunki za pomocą długopisu. Drewniane ramię, którego pracą sterują silniki, tworzy wzory składające się z nakładających się na siebie linii — podobne rysunki można uzyskać za pomocą klasycznej zabawki — spirografu (zobacz rysunek 2.11). Pete zmienia długopisy podczas pracy robota. Dzięki temu można uzyskać różne ciekawe efekty kolorystyczne.



**RYSUNEK 2.11.** Robot Arc-O-Matic rysujący krzywe

Zdjęcie: Pete Prodoehl

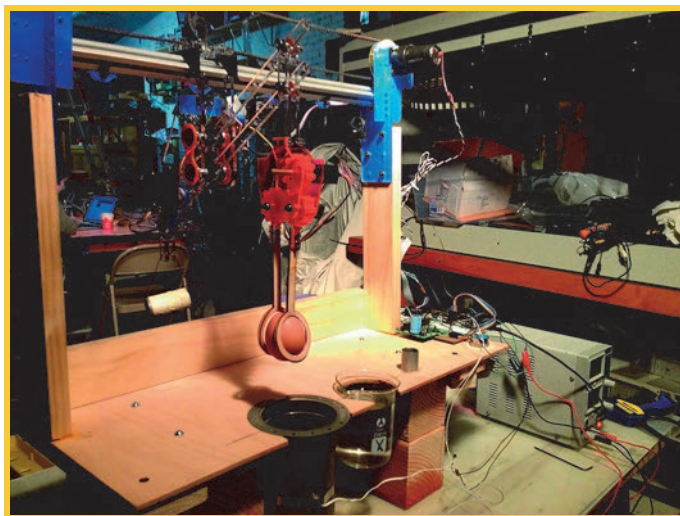
Pracą robota steruje mikrokontroler Arduino, który kontroluje pracę dwóch serwomotorów — jeden z nich porusza całym ramieniem, a drugi łokciem. Robot został zaprogramowany tak, aby tworzył ciekawe wzory. Zastosowanie Arduino stwarza możliwość modyfikacji robota w przyszłości — np. dodania światłomierza, który wpływałby na rysowane kształty po przystąpieniu go na chwilę ręką użytkownika.

Więcej informacji na temat robota Arc-O-Matic znajdziesz na stronie <http://rasterweb.net/raster/projects/arcomatic/>.

## Soft-Boiled Eggbot — robot gotujący jajka na miękko

Widziałeś już roboty przygotowujące drinki, ale czy istnieją roboty przygotowujące jedzenie? Adam „phooky” Meyer z Nowego Jorku postanowił w 2013 r. co miesiąc tworzyć kolejnego robota. Pracę zaczął od skonstruowania robota, który potrafi ugotować jajka na śniadanie (zobacz rysunek 2.12).

Po wciśnięciu przycisku pojemnik z wodą jest podgrzewany przez grzałkę wymontowaną z uszkodzonego ekspresu do kawy. Jajko jest podnoszone przez specjalne manipulatory, a następnie jest zanurzane na 5 minut w pojemniku z gotującą się wodą. Po upływie określonego czasu ramiona robota przenoszą jajko do pojemnika z zimną wodą, a następnie jajko jest odkładane na podstawkę. Teraz możesz przystąpić do konsumpcji jajka!



**RYSUNEK 2.12.** Robot Soft-Boiled Eggbot ugotuje za Ciebie śniadanie  
Zdjęcie: Trammell Hudson

Phooky, który jest współzałożycielem firmy MakerBot Industries, zajmującej się drukowaniem 3D, nie stworzył już w 2013 r. kolejnego robota, ale stworzenie tak ciekawego urządzenia można uznać za sukces! Czy podjąłbyś wyzwanie polegające na budowaniu co miesiąc kolejnego robota? Więcej informacji na temat robota gotującego jajka znajdziesz pod następującymi adresami:

- <https://www.youtube.com/watch?v=Lli8TY7b4r8>
- <https://github.com/phooky>

## Legonardo

Daniele Benedettelli z włoskiej Toskanii tworzy roboty pracując głównie z klockami LEGO. To on stworzył pierwszego robota przeznaczonego do układania kostki Rubika. Daniele zbudował również robota budującego małe figurki kaczek z klocków LEGO.

Legonardo (zobacz rysunek 2.13) jest czwartą wersją robota tworzącego rysunki, który przypomina dziewiętnastowieczne automaty — prymitywne formy robotów. Maszyny rysujące były wtedy ciekawostkami — zautomatyzowana ręka robota trzymała pióro i rysowała kształty na kawałku papieru. Legonardo działa w podobny sposób — silniki sterują pracą ręki robota, a mikrokontroler Mindstorms decyduje o rysowanym kształcie.

Daniel napisał program zamieniający fotografie w ścieżki wektorowe, które następnie są przenoszone na papier za pomocą długopisu. Z powodu dość niskiej rozdzielczości plotera złożone zdjęcia są przekształcane na rysunki przypominające gryzmoły.

Daniel nadał robotowi imię Leonarda Da Vinci, jednego z pierwszych pionierów robotyki. Więcej informacji na temat tego robota znajdziesz na stronie <http://robotics.benedettelli.com/legonardo/>.





**RYSUNEK 2.13.** Legonardo — maszyna rysująca, która swym wyglądem przypomina człowieka  
Zdjęcie: Daniele Benedettelli

## Sisyphus

Fizyk Bruce Shapiro, tworząc robota o nazwie Sisyphus (zobacz rysunek 2.14), został artystą. Roboty Sisyphus są stołami, na których znajduje się piaskownica. Pod stołem umieszczone są magnesy poruszające metalową kulką. Kulka, poruszając się w piasku, tworzy piękne złożone kształty. Tworzenie rysunków w ten sposób może trwać nawet miesiącami. Bruce zbudował kilka tego typu stołów. Niektóre z nich zostały wystawione w muzeach. Stoły te mają średnicę od około 1 do 3 metrów.



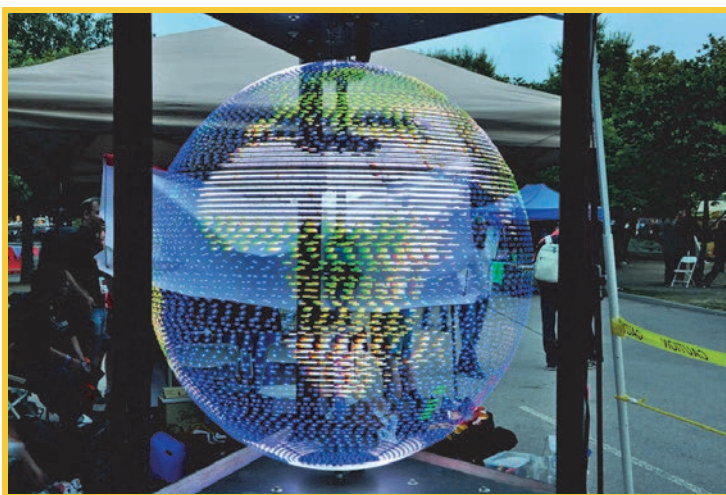
**RYSUNEK 2.14.** Sisyphus — robot stworzony przez Bruce'a Shapiro — tworzy wzory na piasku

Komputer sterujący pracą stołu przekształca obraz na ciąg ścieżek, a następnie steruje pracą silników krokowych poruszających ramieniem znajdującym się pod stołem. Ramię to jest zakończone ruchomym magnesem wykonanym z metali ziem rzadkich, który porusza metalową kulą znajdującą się na powierzchni stołu. Kula, poruszając się, tworzy wzory na piasku.

Więcej informacji na temat tego robota znajdziesz na stronie <http://taomc.com/>.

## Wyświetlacz widmowy Orbital Rendersphere

Wyświetlacze widmowe tworzą iluzję hologramu — ruchomy element wyświetla kolejne zdjęcia danego obiektu, a osoba obserwująca to zjawisko ma wrażenie, że ma przed sobą nieruchomy obiekt. Zach Feldman wraz z członkami pracowni Hoboken MakerBar w New Jersey stworzył wyświetlacz Orbital Rendersphere (zobacz rysunek 2.15) składający się z pierścieni, na których umieszczono po dwie diody LED. Pierścienie obracane są z prędkością 450 obrotów na minutę i wyświetlają przestrzenny obraz. Wyświetlany obraz może być statyczny lub dynamiczny. Wyświetlacz ten może być użyty do wyświetlania obrazów sferycznych, takich jak np. mapy planet.



**RYСУNEK 2.15.** Robot tworzący wirującą sferę światła

Zdjęcie: Nick Rapoport

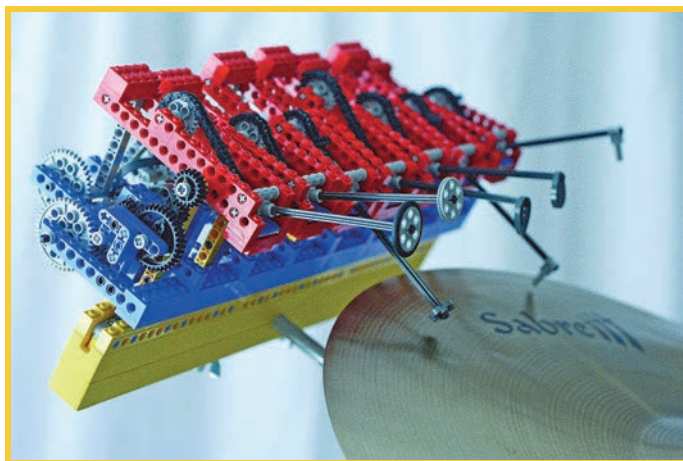
Cale urządzenie charakteryzuje się średnicą około 2 metrów i wysokością około 3 metrów. W jego podstawie umieszczono układ zasilający, narzędzia przydatne podczas konserwacji i mechanizm napędowy. W górnej części znajduje się elektryczna wiertarka obracająca pierścienie z diodami LED. Podczas pracy urządzenia osoba sterująca jego pracą powinna stać obok awaryjnego wyłącznika, co ma zapobiec zranieniu osoby, która wpadłaby w obracany moduł z diodami LED.

Więcej informacji na temat tego projektu znajdziesz na stronie <http://zackfreedman.com/projects/orbital-rendersphere/>.

## Clash of the Fractions

Wywodzący się z Oxfordu Alex Allmont pracuje głównie nad maszynami wykonanymi z klocków LEGO. Tworząc swoje dzieła sztuki, zwraca uwagę na powtarzalność, brzmienie i stykanie się poszczególnych elementów. Jego największą inspiracją są krosna oraz inne maszyny włókiennicze. Alex stwierdził: „Chciałem w jakiś sposób pobawić się tymi mechanizmami, spowolnić ich pracę tak, aby można było zauważyć każdy szczegół ich pracy”.

Alex stara się, aby jego roboty nie były pudełkami skrywającymi tajemnicze mechanizmy. Clash of the Fractions (zobacz rysunek 2.16) jest mechanicznym automatem perkusyjnym grającym na talerzu. Mechanizmy tego robota nie zostały osłonięte, a więc każdy może podziwiać ich pracę. Alex powiedział „to nie jest żadna robotyka, nie ma tu ukrytego układu sterującego, urządzenie to działa dzięki pracy silników i widocznych mechanizmów”.



**RYСУNEK 2.16.** Robot tworzący muzykę — istne dzieło sztuki  
Zdjęcie: Alex Allmont

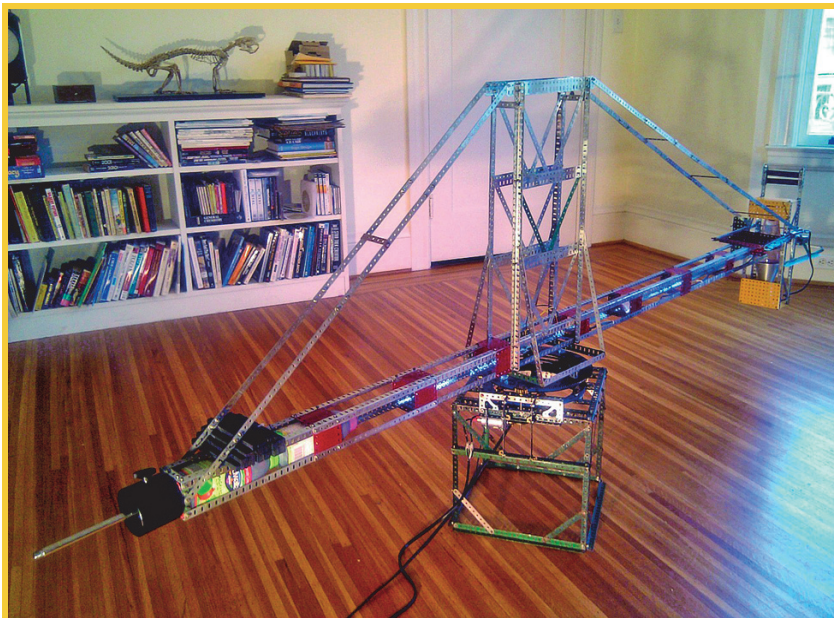
Alex zbudował również Missing Link — urządzenie wyposażone w skomplikowany mechanizm generujący sekwencję dźwięków, która zapęła się dopiero po 1300 latach.

Więcej informacji na temat urządzenia Clash of the Fractions znajdziesz na stronie internetowej <http://alexallmont.com/>.

## Wirówka lampy lava

Chyba wiesz, czym jest lampa lava — jest to szklany pojemnik z cieczą, w której znajduje się wosk. Bąbelki topiącego się wosku poruszają się, tworząc ciekawe widowisko po włączeniu lampy znajdującej się u podstawy szklanego pojemnika z cieczą. Neil Fraser chciał sprawdzić, co byoby, gdyby lampa tego typu została użyta na powierzchni Jowisza, na którym grawitacja jest 2,3 razy silniejsza od ziemskiej grawitacji.

Neil zbudował gigantyczną wirówkę (zobacz rysunek 2.17) z ponad 45 kg klocków Meccano. Po jednej stronie ruchomego ramienia umieszczono lampę lava oraz telefon z systemem Android, a na drugim końcu ramienia umieszczono ciężarki tworzące przeciwwagę. Ramię jest obracane za pomocą silnika zasilanego prądem o napięciu 12 V. Silnik znajduje się w podstawie urządzenia.



**RYSUNEK 2.17.** Ten robot został zbudowany w celu sprawdzenia, czy lampa lava będzie działała na Jowiszu  
Zdjęcie: Neil Fraser

Neil na swoim blogu napisał: „Wirówka jest prostym i wspaniałym urządzeniem. Generuje ono w pokoju wiatr o sile cyklonu. Kable przeciążone prądem o natężeniu 25 A rozgrzewają się tak, że czuć zapach topiącej się izolacji. Działanie wirówki można obserwować bezpiecznie tylko przez małą szparę w drzwiach”.

Neil nakręcił film pokazujący działanie lampy lava po zwiększeniu oddziaływującej na nią siły przyciągania. Wirówka Neila wygenerowała przeciążenie rzędu 3 G, ponieważ przyspieszeniomierz w telefonie nie był właściwie skalibrowany.

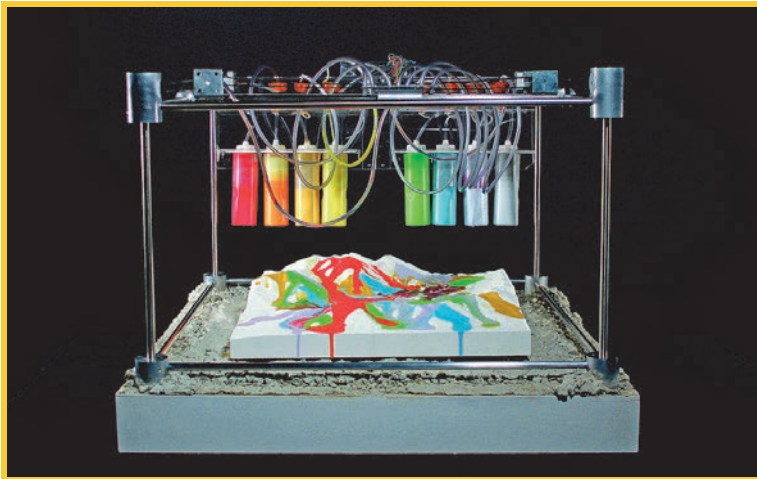
Więcej informacji na temat tego projektu znajdziesz na stronie <https://neil.fraser.name/hardware/centrifuge/>.



## Quakescape

Jak wyglądałoby trzęsienie ziemi, gdyby zilustrował je robot za pomocą farby? Przed taką zagwozdką stanął James Boock i jego koledzy z nowozelandzkiego Uniwersytetu Wiktorii.

Stworzyli oni Quakescape (zobacz rysunek 2.18). W dolnej części maszyny znajduje się odwzorowanie powierzchni Christchurch wycięte za pomocą urządzenia CNC. W górnej części znajdują się pojemniki z farbą, która ma skapywać na wspomniane wcześniej odwzorowanie terenu. Kolor farby ma zależeć od natężenia trzęsienia ziemi.



**RYСУNEK 2.18.** Quakescape wizualizuje dane dotyczące trzęsień ziemi  
Zdjęcie: James Boock

Osiem butelek z farbą zawieszono na suwnicy sterowanej za pomocą silników krokowych (więcej informacji na ten temat znajdziesz w rozdziale 3., „Roboty i kółka”). Urządzenie zostało również wyposażone w mikrokontroler Arduino, który interpretuje dane dotyczące trzęsień ziemi na terenie Nowej Zelandii umieszczane w serwisie <http://geonet.org.nz/>. Po odebraniu komunikatu o trzęsieniu ziemi dysza rozprowadzająca farbę jest ustawiana w odpowiednim miejscu.

Więcej informacji na temat robota Quakescape znajdziesz na stronie <http://jamesboock.com/Quakescape-3D-Fabricator>.

## InMoov

Pisałem wcześniej o tym, że obecnie nie pracuje się nad humanoidalnymi robotami tak często, jak *myślano* 50 lat temu. Jednakże takie roboty są tworzone! Jednym z robotów tego typu, którym warto się zainteresować, jest InMoov. Celem osób pracujących nad tym robotem było stworzenie robota humanoidalnego wielkości człowieka z użyciem elementów wydrukowanych za pomocą drukarki 3D.

InMoov został stworzony przez Gaëla Langevina — francuskiego modelarza i rzeźbiarza. Na początku InMoov miał posłużyć tylko do wykonania sesji fotograficznej, ale po opublikowaniu projektu w internecie zgłosiło się do niego wiele osób chcących rozwijać ten projekt. Wiele z tych osób zaczęło drukować własne komponenty robota, a InMoov zaczął się rozwijać.

Jednym z tych konstruktorów był Chuck Fletcher, entuzjasta robotyki pochodzący z Nowego Jorku. Dzięki współpracy ze społecznością InMoov udało mu się wydrukować i zbudować własnego robota (zobacz rysunek 2.19), który został wystawiony na zjeździe konstruktorów amatorów Maker Faire, którego hasłem było „nauka również dla dorosłych”.



**RYSUNEK 2.19.** InMoov jest ciekawym humanoidem, nad którym pracują ludzie z całego świata  
Zdjęcie: Chuck Fletcher

Więcej informacji o Chucku Fletcherze i projekcie InMoov znajdziesz na stronach:

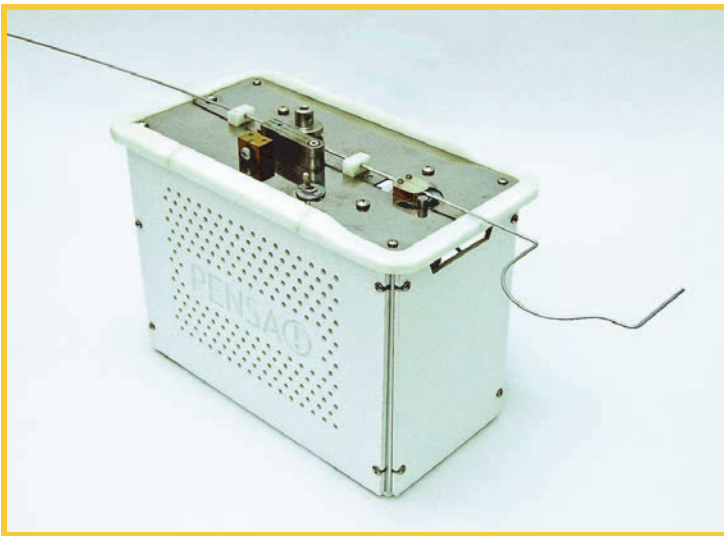
- <http://www.chuckfletcher.com/>
- <http://www.inmoov.fr/>

## Giętarka do drutu DIWire Bender

Ten sprytny robot działa podobnie do maszyny CNC, ale w typowej maszynie CNC narzędzie obrabiające jakiś materiał jest poruszane po powierzchni płaskiej za pomocą szyn i silników, podczas gdy w przypadku robota DIWire Bender (zobacz rysunek 2.20) poruszane są tylko koła napędzane przez silniki. Koła te zginają drut, tworząc różne kształty definiowane przez komputer. Urządzenie to można określić mianem drukarki drukującej drutem!

DIWire Bender zostało stworzone przez Pensa Labs — firmę z Brooklynu, która tworzy między innymi różne rozwiązania kuchenne dla OXO. DIWire Bender powstał w wyniku crowdfundingu i obecnie wchodzi w fazę przedsprzedaży. Pensa Labs udostępnia również dokumentację pozwalającą na samodzielne zbudowanie tego robota. Więcej informacji na temat DIWire Bender i Pensa Labs znajdziesz na stronach:

- <http://www.instructables.com/id/DIWire-Bender/>
- <http://www.pensalabs.com/>



**RYСУNEK 2.20.** Robot wyginający drut w różne ciekawe kształty  
Zdjęcie: Pensa Labs

## Robot podlewający rośliny

Zaprojektowałem tego robota (zobacz rysunek 2.21) na potrzeby mojej poprzedniej książki, *Arduino for Beginners*. Robot ten składa się z rury PVC, zaworu solenoidalnego i węża ogrodowego. Wewnątrz obudowy wykonanej z klocków LEGO umieściliśmy mikrokontroler Arduino, koszyk z bateriami i moduł zegara sterującego pracą zaworu.



**RYSUNEK 2.21.** Robot podlewający rośliny zgodnie z zaprogramowanym harmonogramem

Robot może zostać zaprogramowany tak, aby podlewał roślinę co określony czas. Częstotliwość podlewania można również uzależnić od wskazań czujników wilgotności gleby oraz temperatury i wilgotności powietrza. Robot może być zasilany za pomocą przedłużacza przeznaczonego do pracy na otwartym powietrzu, a więc można go teoretycznie używać przez całe lato.

Więcej informacji na temat robota podlewającego rośliny znajdziesz na stronie <http://www.nerdage.net>.

## Działo Nerf Sentry Gun

Projekt Johna Edgara Parka zamienia automatyczne, elektrycznie sterowane działo strzelające rzutkami w robota ochroniarza stale wypatrującego intruzów i automatycznie strzelającego rzutkami w każdego zauważonego nieproszonego gościa.

Robot został wyposażony w silnik poruszający pistoletem, na którym zainstalowano czujnik ultradźwiękowy (widać go na rysunku 2.22). Gdy czujnik wykryje obiekt znajdujący się w pobliżu, uruchamiany jest obwód omijający spust pistoletu i w kierunku intruza wyrzelanda zostaje rzutka!

Więcej informacji na temat tego działa znajdziesz na stronie <http://makezine.com/2010/05/07/arduino-nerf-sentry-gun-build-relay/>. Budową prostego robota strzelającego rzutkami zajmiemy się w rozdziale 7., „Praca z podczerwienią”.





**RYSUNEK 2.22.** Chroń swoje terytorium za pomocą automatycznego dział strzelającego rzutkami  
Zdjęcie: John Edgar Park

## Żółty automat perkusyjny — Yellow Drum Machine

Frits Lyneborg z Kopenhagi zbudował samodzielnego robota (zobacz rysunek 2.23) jeżdżącego po pomieszczeniu i szukającego powierzchni, na których może wybić rytm za pomocą pałeczek sterowanych serwomotorami. Robot ten wykrywa powierzchnie płaskie za pomocą czujnika ultradźwiękowego ustawionego pod odpowiednim kątem.



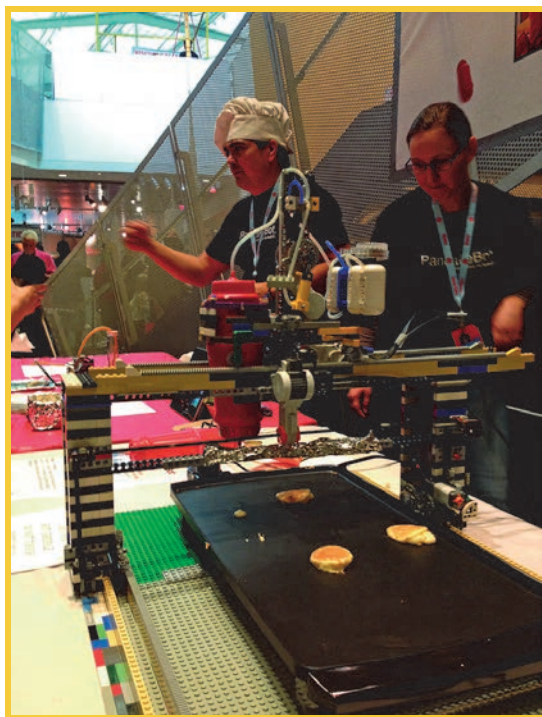
**RYSUNEK 2.23.** Robot, który potrafi wystukać rytm na każdej powierzchni  
Zdjęcie: Frits Lyneborg

Robot nie tylko wybija rytm, ale potrafi również rejestrować ten rytm za pomocą wbudowanego miniaturowego rejestratora dźwięku. Zarejestrowany dźwięk może być następnie odtworzony i użyty w charakterze akompaniamentu. Robot jest sterowany za pomocą mikrokontrolera Picaxe.

Więcej informacji na temat tego urządzenia znajdziesz na stronie: <http://letsmakerobots.com/user/4>.

## Robot robiący naleśniki — Pancake Bot

Robot Pancake Bot (zobacz rysunek 2.24) działa podobnie do drukarki — przy użyciu ciasta do naleśników tworzy koła, linie i obiekty o innych kształtach na gorącej płycie do pieczenia! Miguel Valenzuela — inżynier mechanik mieszkający w Norwegii — zbudował tego robota głównie z klocków LEGO (największe wyjątki to płyta grzewcza i fragmenty folii aluminiowej osłaniające plastik).



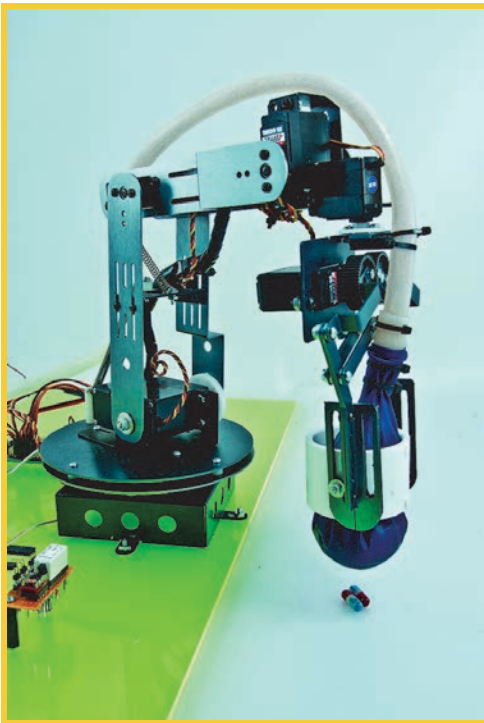
**RYСУNEK 2.24.** Robot Pancake Bot pomoże Ci upiec naleśniki o nietypowych kształtach

Dozownik ciasta naleśnikowego zamontowany na suwnicy wykonanej z klocków LEGO porusza się, tworząc naleśniki o różnych kształtach. Użytkownik robota musi samodzielnie zdjąć je z płyty za pomocą łyżki kuchennej. Miguel stworzył również robota polewającego naleśniki syropem — pompę perystaltyczną wykonaną z klocków LEGO, która polewa syropem „wydrukowane” wcześniej naleśniki.

Więcej informacji na temat robota robiącego naleśniki znajdziesz na stronie <http://www.pancakebot.com/>.

## Balloon Bot

Widziałeś roboty wyposażone w szpony lub inne manipulatory, ale czy widziałeś robota podnoszącego przedmioty za pomocą kawy? Steve Norris zbudował robota o nazwie Balloon Bot (zobacz rysunek 2.25), w którym zastosował chwytaka uniwersalnego (ang. *Universal Gripper*) — technologię opracowaną w laboratorium Cornell przez grupę badającą zjawisko „zakleszczenia”. Do zjawiska tego dochodzi np., gdy cząsteczki mielonej kawy zostaną ze sobą ściśnięte — cząsteczki mają wtedy tendencję do łączenia się ze sobą i tworzenia ciała stałego.



**RYSUNEK 2.25.** Robot Balloon Bot stworzony przez Steve'a Norrisa podnosi przedmioty za pomocą nietypowego mechanizmu opartego na zmielonych ziarnach kawy  
Zdjęcie: Steve Norris

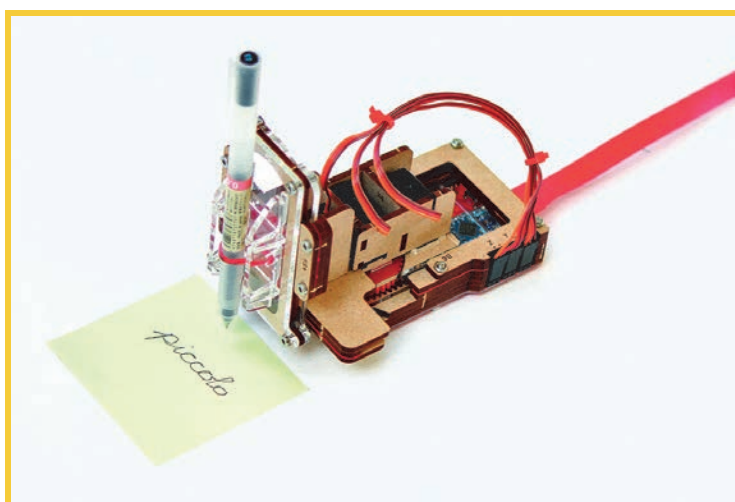
Ramię robota Balloon Bot przyciska balon o średnicy 25 cm wypełniony mieloną kawą do jakiegoś obiektu, a następnie pompa odsysa powietrze z balonu, co powoduje kompresję kawy otaczającej obiekt chwytny przez ramię. Robot jest w stanie podnosić obiekty tak małe jak śruba o długości 5 mm i tak delikatne jak kapsułki z lekiem przeciwbólowym Tylenol.

Więcej informacji na temat tego robota znajdziesz na stronie  
<http://norrislabs.com/Projects/BalloonBot>.

## Piccolo: miniaturowy robot CNC

Piccolo, podobnie do opisanego wcześniej w tym rozdziale robota Legonardo, jest wyposażony w silniki operujące długopisem, pędzlem lub mazakiem i umożliwia tworzenie małych rysunków — o powierzchni porównywalnej do powierzchni dłoni. Robot ten może służyć np. do wydrukowania wizytówki.

Piccolo (zobacz rysunek 2.26) został stworzony przez Grega Saula i Tiago Rorke z Diatom Studios — londyńskiego studia zajmującego się wzornictwem. Mają oni nadzieję na sprzedaż robota Piccolo w formie zestawu do samodzielnego montażu za równowartość około 250 zł.

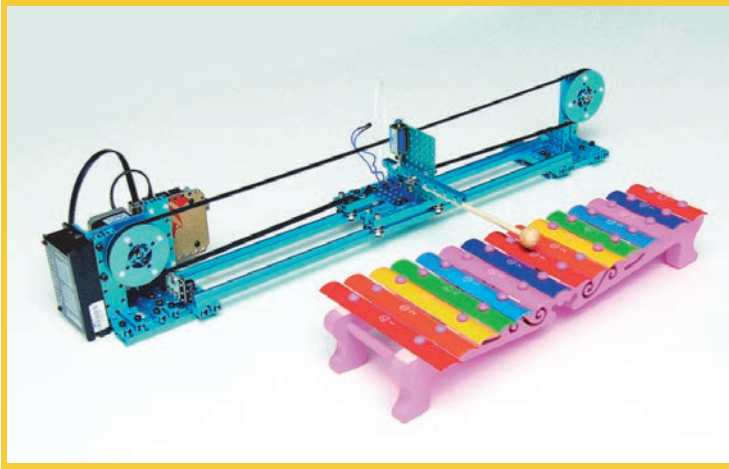


**RYSUNEK 2.26.** Robot Piccolo potrafi tworzyć rysunki wielkości wizytówki  
Zdjęcie: Diatom Studios

Więcej informacji na temat Piccolo znajdziesz na stronie  
<http://www.piccolo.cc.github.com/diatomstudio/piccolo>.

## Xylophone Bot — robot grający na ksylofonie

Robot widoczny na rysunku 2.27 został stworzony przez firmę Makeblock (więcej informacji o niej znajdziesz w rozdziale 8., „Zestawy do samodzielnego montażu”). Dzięki zastosowanemu mechanizmowi możliwe jest poruszanie pałką i uderzanie nią w sztabki ksylofonu — odgrywanie kolejnych nut utworu. Robot może być sterowany za pomocą smartfону za pośrednictwem technologii Bluetooth. Stworzono również aplikację przeznaczoną dla systemu Windows, która pozwala na granie melodii za pomocą klawiatury komputera.



**RYSUNEK 2.27.** Robot Xylophone Bot gra na ksylofonie

Zdjęcie: Makeblock

Xylophone Bot został stworzony przez Makeblock — start-up wywodzący się z Shenzhen położonego w Chinach. Makeblock sprzedaje ciekawe komponenty przeznaczone do budowy robotów wykonane z aluminium. Możliwy jest również zakup zestawu pozwalającego na samodzielny montaż robota Xylophone Bot — zestaw ten nie zawiera jednak ksylofonu! Więcej informacji na temat produktów firmy Makeblock znajdziesz w rozdziale 8.

Więcej informacji na temat tego robota znajdziesz na stronach:

- <http://www.makeblock.cc/>
- <http://www.makeblock.cc/music-robot-kit-with-electronics/>

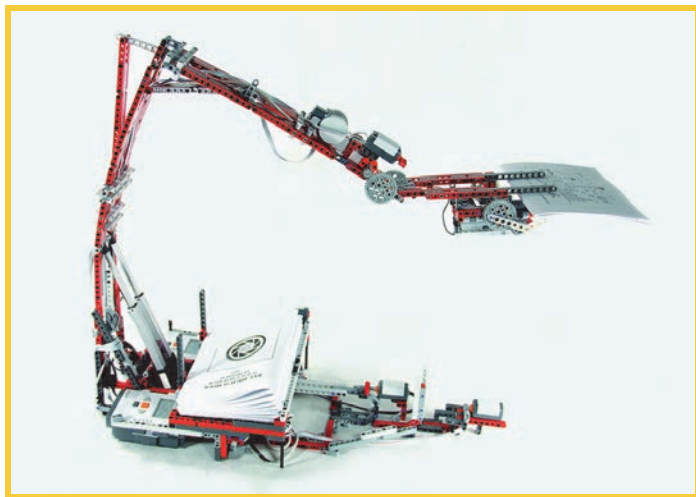
## Robot rozdający ulotki

Robot widoczny na rysunku 2.28 został zbudowany przez licealistę Leona Overweela. Maszyna ta wykrywa zbliżających się ludzi, a następnie pobiera ulotkę z dołu stosu. Duże ramię robota obniża się, chwytą ulotkę i wręcza ją zbliżającej się osobie.

Robot został zbudowany z komponentów zestawów LEGO Mindstorms NXT. W robocie zastosowano między innymi siłowniki Fergelli, które są kompatybilne z klockami LEGO, oraz giętkie przewody Flexi Cable firmy Mindsensor. Leon przystosował również przewód NXT do sterowania silnikiem prądu stałego tak, jakby był to przewód LEGO Power Functions. Robot wykrywa ludzi znajdujących się w pobliżu za pomocą czujnika ultradźwiękowego. Robot jest sterowany za pomocą dwóch mikrokontrolerów z zestawu klocków NXT.

Więcej informacji na temat tego robota znajdziesz na stronie <http://www.leonoverweel.com/blog/>.





**RYSUNEK 2.28.** Chyba nikt nie rozda ulotek sprawniej od robota  
Zdjęcie: Leon Overweel

## Mechaniczny kwiatek — Flowerbot

Grecki konstruktor robotów Dimos Apostolidis stworzył robota w kształcie kwiatu (zobacz rysunek 2.29). Wyposażył on swoją konstrukcję w kilka czujników odległości działających w paśmie podczerwieni. Dzięki tym czujnikom mechaniczne elementy kwiatostanu pochylają się w stronę najbliższego obiektu. Jeżeli w pobliżu robota znajdzie się przeszkoda, taka jak np. Twoja dłoń, to zostanie ona złapana przez płatki kwiatu (przeszkoda musi znaleźć się *naprawdę* bardzo blisko czujników).



**RYSUNEK 2.29.** Co robi mechaniczny kwiatek? Zbliż do niego rękę i się dowiedz!  
Zdjęcie: Dimos Apostolidis

Robot jest sterowany za pomocą mikrokontrolera Groboduino, który należy do rodziny Arduino. Więcej informacji na temat mikrokontrolerów Arduino znajdziesz w rozdziale 5., „Sterowanie robotem”. Mikrokontroler Groboduino jest oparty na tej samej architekturze co Arduino, ale został zoptymalizowany pod kątem sterowania pracą robotów. Więcej informacji na jego temat znajdziesz na stronie <http://letsmakerobots.com/node/19757>.

## CoolerBot — robot na bazie lodówki

CoolerBot (zobacz rysunek 2.30) może wyjść na podwórko za Ciebie! Robot ten został stworzony przez Steve'a Norrisa — twórcę omówionego wcześniej robota BalloonBot. CoolerBot jest wyposażony w panele fotowoltaiczne oraz cyfrową lustrzaną, dzięki której robot może wykonywać zdjęcia przyrody lub intruzów, a Ty w tym czasie możesz relaksować się w domu.



**RYSUNEK 2.30.** CoolerBot jest robotem zbudowanym na bazie lodówki.

Ktoś wie, gdzie wkłada się piwo?

Zdjęcie: Steve Norris

Nazwa robota nawiązuje do tego, że jego konstrukcja została oparta na lodówce. CoolerBot jest wyposażony w dwa akumulatory — jeden zasila układy logiczne i aparat fotograficzny, a drugi silniki. Pracą robota steruje mikrokontroler Parallax Propeller.

Więcej informacji na temat tego robota znajdziesz na stronie <http://norrislabs.com/Projects/CoolerBot/index.html>.

## Podsumowanie

W tym rozdziale przedstawiliśmy 30 ciekawych robotów zbudowanych przez utalentowanych konstruktorów z całego świata. Większość zaprezentowanych urządzeń jest tania w konstrukcji. Roboty te charakteryzują się różną złożonością i stopniem zaawansowania technologicznego. Mam nadzieję, że lektura tego rozdziału zachęciła Cię do samodzielnego zbudowania robota.

W kolejnym rozdziale zajmiemy się zagadnieniami związanymi z budową robotów poruszających się na kołach. Zdobędziesz wiedzę dotyczącą kół, silników i obwodów zasilających!



# Skorowidz

## A

Adobe Photoshop, 337  
akumulator, 79  
    LiPo, 79, 104, 311  
    litowo-polimerowy, *Patrz:* akumulator LiPo  
    ładowanie, 104  
    NiMH, 311  
    pojemność, 80  
Allmont Alex, 49  
Altman Mitch, 160  
Apostolidis Dimos, 60  
ArcBotics, 36  
Arc-O-Matic, 44  
Arduino, 19, 42, 45, 51, 61, 113, 115, 124, 126, 142, 363  
    biblioteka, *Patrz:* biblioteka  
    Ethernet, 360, 361  
    instalowanie, 124  
    internet, 360, 361  
    kontroler sieci Wi-Fi, 361  
    program, *Patrz:* szkic  
    programowanie, *Patrz:* programowanie  
    środowisko programistyczne, 144  
    Wi-Fi, 362  
Arduino Yún, 364  
Astrodroidy, 38  
autotwitter, 358

## B

Balloon Bot, 57  
bateria, *Patrz:* akumulator  
BattleBot, 20  
Beatty Camille, 40  
Beatty Genevieve, 40  
Beatty Robert, 40  
Becquerel Edmund, 90

Benedettelli Daniele, 46  
bezpieczeństwo, 24, 98  
biblioteka, 129, 148  
    instalowanie, 129  
    płytki kontrolera silników, 129  
Bluetooth, 116  
Boock James, 51

## C

cząłki boczne, 245  
chwytak, 269, 272, 277  
    uniwersalny, 270  
    z ziaren kawy, 296, 297, 298  
Clash of the Fractions, 49  
CoolerBot, 61  
czujnik, 24, 114, 359  
    podczerwieni, 36, 115, 164  
    pasywny, 159, 171  
    promieniowania, *Patrz:* licznik Geigera  
    ruchu, 42  
    ultradźwiękowy, 54, 153, 154

## D

debugowanie, 150  
dioda LED, *Patrz:* LED  
DIWire Bender, 53  
dłoń humanoidalna, 274  
DMU, 39, 44  
Drink-Making Unit, *Patrz:* DMU  
dron, 21, 22  
drukarka  
    3D, 21, 51, 187, 207, 251, 265, 329, 336  
    budowa, 265  
    drukująca drutem, 53  
    mozaikowa, 334

**E**

Edman Lenore, 35  
 edytor graficzny, 337  
 efekt fotowoltaiczny, 90  
 Egg-Bot, 332  
 Electronic Speed Controller, *Patrz:* ESC  
 elektromagnes, 274  
 energia  
   elektryczna, 64  
   mechaniczna, 64  
 ESC, 123

**F**

Feldman Zach, 48  
 Fletcher Chuck, 52  
 Flowerbot, 60  
 fotofoby, 92  
 Fraser Neil, 49  
 frezarka CNC, 40, 53, 251, 261, 263, 329,  
   *Patrz też:* wyrzynarka CNC  
   budowa, 262  
 funkcja, *Patrz:* instrukcja

**G**

gąsienice, 71, 201  
   gumowe, 72  
   LEGO, 71  
   Makeblock, 72  
   Tamiya, 71  
 Gilday David, 41  
 GIMP, 337  
 Groboduino, 61

**I**

Illustrator, 338, 339  
 Inkscape, 338, 339  
 InMoov, 51  
 instrukcja  
   delay, 142, 148  
   for, 142  
   if, 142

loop, 147, 148  
 setup, 147  
 switch-case, 143  
 interfejs, 37  
 internet, 115, 357, 359, 360, 361

**J**

język programowania G-code, 329, 336

**K**

kamera, 37, 358, 359  
 Kegbot, 358  
 Kennedy Erris „RobotGrrl”, 17  
 Kinect, 42  
 klucz, 243  
   imbusowy, 244  
   nasadowy, 245  
 koło  
   budowanie, 73, 74  
   grubość, 70  
   gumowe, 68  
   otwór osi, 70  
   piasta, 70, 76  
   samonastawne, 70, 85  
   Solarbotics, 68  
   szwedzkie, 69  
   średnica, 70  
   zębate, 200  
 komentarz, 147  
 kontroler  
   prędkości elektroniczny, *Patrz:* ESC  
   Wii Nunchuck, 113  
 kostka Rubika, 41, 46

**L**

lampa lava, 49  
 Lang David, 37  
 Langevin Gael, 52  
 LED, 48, 147  
 Legonardo, 46  
 licznik Geigera, 359  
 linia produkcyjna, *Patrz:* PUMA

lutowanie, 97, 98, 99, 248  
lutownica, 97, 248  
  grot, 97, 98  
  cynowanie, 100  
  regulator temperatury, 100  
Lyneborg Frits, 55

**Ł**

łazik marsjański, 40

**M**

magnetometr, 36  
manipulator, 24, 269, 270, 271, 273, 274, 275, 277  
  Strong Robot Gripper, 277  
  uArm, 279  
maszyna  
  Turinga, 43  
  włókiennicza, 49  
mikrokomputer, 363  
  Arduino Yún, 364  
  BeagleBone Black, 363  
  pcDuino, 364  
  Raspberry Pi, 363, 364  
mikrokontroler  
  Arduino, *Patrz:* Arduino  
  Groboduino, *Patrz:* Groboduino  
  Parallax Propeller, 61  
MindCub3r, 41  
moduł sieci Wi-Fi, 42  
monitor portu szeregowego, 150  
multimetr, 245, 246

**N**

nadajnik, 121, 122  
  podczerwieni, 36, 161, 162, 163, 164, 165  
narzędzia, 243, 245, 252, 253, 254, 256  
  CNC, *Patrz:* frezarka CNC, wyrzynarka CNC  
  skrzynka, *Patrz:* skrzynka  
  sterowane komputerowo, 21  
Norris Steve, 57, 61

**O**

obraz, 337  
obudowa, 186  
  wodoodporna, 314  
obwód, 95  
  drukowany, 98  
odbiornik, 121, 122  
  podczerwieni, *Patrz:* czujnik podczerwieni  
odsysacz  
  do cyny, 97, 248  
  oparów lutowniczych, 97, 99  
ogniwo fotowoltaiczne, 61, 79, 80, 89, 90, 91, 92, 104, 109  
  budowa, 90, 91, 92, 94  
  cienkowarstwowe, *Patrz:* ogniwo fotowoltaiczne TFCS  
  krzemowe, 92  
  łączenie, 105, 106  
  TFCS, 91  
  zastosowanie, 92, 94  
OpenROV, 37  
Oskay Windell, 35  
Overweel Leon, 59

**P**

Pancake Bot, 56  
panel fotowoltaiczny, *Patrz:* ogniwo fotowoltaiczne  
Park John Edgar, 54  
pętla, 143  
  przerywanie działania, 143  
  while, 144  
Phoooky, 46  
Photoshop, 337  
Piccolo, 58  
pilot  
  zdalnego sterowania, 162, 165  
  Adafruit, 163  
  Makeblock, 164  
  SparkFun, 164  
ploter, 187, 330, 331, 333  
  malujący, 332

## plytka

- Arduino, 113
- mikrokontrolera, 118
- prototypowa, 95
  - Perma-Proto, 171
  - szyna masy, 95
  - szyna zasilająca, 96
- WiFi, 362

podczerwień, *Patrz:* światło podczerwone

- podwozie, 24, 77, 84, 187, 189, 209, 210, 217, 219, 223
  - budowanie, 77
  - prefabrykowane, 77
  - projekt, 78
  - Tamiya, 77

## pojazd

- plywający zdalnie sterowany, 21
- podwodny zdalnie sterowany, *Patrz:* ROV
- rysujący, 333

## Prodoehl Pete, 44

Programmable Universal Machine for Assembly, *Patrz:* PUMA

## programowanie, 128, 129, 141, 142, 151

## przyspieszeniometer, 36

## PUMA, 22, 44

**Q**

## Quakescape, 51

**R**

## ramię uArm, 279

## RoboBrrd, 17

## robot, 18, 19, 82, 109

- anatomia, 22
- animatroniczny, 20
- autonomiczny, 114
- BEAM, 91, 92
- generujący tweety, *Patrz:* autotwitter
- gotujący jajka, 45
- grający na ksylofonie, 58
- humanoidalny, 21, 51
- interaktywny, 359
- korpus, 22

## kuchenny, 21

malujący, 35, 334, 339, 340, 342
 

- szkic, 353

manipulator, *Patrz:* manipulator

## mechaniczny kwiatek, 60

mieszający drinki, *Patrz:* DMU

## ochroniarz, 54

## pełzający w tunelach, 22

## perkusyjny, 49

## plywający, 309, 310

## kadłub, 310

## napęd, 312, 315, 317

## stabilizacja, 312

## ster, 311

## sterowanie zdalne, 312

## szkic, 327

## wyporność, 310

## zasilanie, 311

## podlewający rośliny, 53

podwodny zdalnie sterowany, *Patrz:* ROVpodwozie, *Patrz:* podwozieprzeszukujący internet, *Patrz:* wężyciel

## przeznaczony do walki, 20

RoboBrrd, *Patrz:* RoboBrrdRoomba, *Patrz:* Roomba

## rozdający ulotki, 59

## rysujący, 44, 46, 58, 329, 333, 339, 340, 342

## na piasku, 47, 333

## szkic, 353

## sprzątający, 20, 22

sterowanie, *Patrz:* sterowanie

## sterowany podczerwienią, 167, 168

## szkic, 169

## strzelający rzutkami, 171, 172

## szkic, 182

system sterowania, *Patrz:* system sterowania  
świadomość, 22

## V-plotter, 330

wibracyjny, *Patrz:* wibrobot

## wykrywający przeszkody, 153

zasilanie, *Patrz:* zasilaniezestaw do samodzielnego montażu, 36, 79,  
186, 189, 190, 191, 199

## Actobotics, 223

## Actobotics Building System, 192

## elektronika, 200

indywidualizacja, 202  
 koło zębate, 200  
 LEGO, 191, 194, 204, 205, 210  
 łączenie, 203, 204, 206  
 Makeblock, 193, 205, 217, 219  
 MakerBeam, 195  
 MicroRax, 194  
 podwozie, 209, 210, 217, 219, 223  
 Tamiya, 196, 204  
 Tetrax Robotics, 205  
 tworzenie elementów, 207, 208  
 Universal Construction Kit, 204  
 Vex, 203  
 Vex Robotics Design System, 191  
 Roomba, 22  
 Rorke Tiago, 58  
 ROV, 37, 313, 315, 317, 327  
     obudowa wodoodporna, 314  
 Rubika kostka, *Patrz:* kostka Rubika  
 rysunek kreskowy, 339

## S

Saul Greg, 58  
 Segway, 42  
 serwomotor, 45, 66, 122  
 Shapiro Bruce, 47  
 shield, *Patrz:* sterownik  
 Shirriff Ken, 165  
 sieć  
     bezczepowa, 115  
     Ethernet, 115  
     Wi-Fi, 115, 357, 361  
 silnik, 24, 64, 86  
     benzynowy, 311  
     kąta obrotu, 66  
     krokowy, 36, 51, 65  
         sterowanie, 119  
     model, 65  
     moment obrotowy, 66  
     prądu stałego, 59, 67, 123  
         liczba obrotów na minutę, 67  
         nominalne napięcie prądu zasilającego, 67  
         sterowanie, 120  
     prędkość obrotowa, 66  
     uchwyt, 198  
     wibracyjny, 26  
     siłownik Fergelli, 59  
     Sisyphus, 47  
     skaner 3D, 185  
     skrzynka, 233, 237, 238, 241  
         Craftsman, 243  
         materiał, 235, 236  
         Pelican, 240  
         rozmiar, 234  
         uchwyt, 239  
     smartfon, 18  
     Smith Craig, 38  
     sonar, *Patrz:* czujnik ultradźwiękowy  
     Sparki, 36  
     spirograf, 44  
     spoiwo lutownicze, 97, 99  
     sprężarka, 272  
     Stackpole Eric, 37  
     sterowanie, 113, 131  
         drogą radiową, 113, 116, 117  
         zaawansowane, 118, 119  
         zdalne, 121, 124, 312  
     sterownik  
         Me Motor, 131  
         silników, 118, 119  
             EasyDriver, 119  
             Makeblock, 120  
     Super Awesome, *Patrz:* Todd Sylvia  
     suwnica, 187  
     system  
         HK-T6A, 116, 121, 122  
         operacyjny  
             Linux, 363, 364  
         sterowania, 24  
         XBee, 117, 362  
     szafka na narzędzia  
         Husky 13-Drawer, 242  
         Stack-On, 241  
     szczypce, 273  
         Dagu Robotics, 280  
         drewniane, 289, 290  
         LEGO, 281, 283  
         VEX, 278  
     szkic, 130, 146, 156  
         komentarz, *Patrz:* komentarz  
         przykładowy, 148, 149  
     szpony, 273, 275

**Ś**

ściągacz izolacji, 246  
 śrubokręt, 244  
     końcówka typu bit, 244  
     precyzyjny, 244  
     z grzechotką, 244  
 światło podczerwone, 159, 161  
     modulacja, 115  
 światłomierz, 36, 45, 359

**T**

telekonferencja, 359  
 teleobecność, 358  
 termofile, 92  
 Tilden Robert, 91, 92  
 Todd Sylvia, 35, 36  
 torba, 236  
 transformator, 82  
 transmisja danych, 150  
 Turing Alan, 43  
 TV-B-Gone, 160  
 Twitter, 358  
 typ int, 143, 147

**U**

uArm, 279  
 uFactory, 42  
 USB, 82

**V**

Valenzuela Miguel, 56

**W**

Watercolor Bot, 35  
 wciągarka, 275  
 wentylator komputerowy, 30  
 wężyciel, 358  
 wiadomość SMS, 357, 364  
 wibrobot, 26, 27, 28, 30, 32, 63, 330  
 wideokonferencja, 358

wirnik, 64, 67  
 wirówka, 50  
 Wowwee Tribot, 21  
 wyrzynarka CNC, 187, 251, 256, 259, *Patrz też:*  
     frezarka CNC  
     budowa, 257  
 wyświetlacz  
     LCD, 36  
     Orbital Rendersphere, 48

**X**

Xylophone Bot, 58, 59

**Y**

Yellow Drum Machine, 55

**Z**

zabawka animatroniczna, 18  
 zasilacz, 82, 246  
 zasilanie, 79, 311  
     prądem sieciowym, 79, 81  
 zestaw do samodzielnego montażu, *Patrz:* robot  
     zestaw do samodzielnego montażu  
 Zigbee, 116  
 zmienna, 143, 147  
     deklaracja, 143  
     typ, *Patrz:* typ  
 znak  
     \*/, 147  
     /\*, 147  
     //, 147  
     {} , 147  
 Zucker Dave, 44

**Ż**

źródło prądu, 24

**Ż**

żyroskop, 42



# 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**

## Przewodnik dla konstruktora robotów!

Największym marzeniem każdego majsterkowicza jest skonstruowanie własnego robota, który wyreżyży w codziennych, monotonicznych pracach. Robota, dzięki któremu konstruktor będzie miał więcej czasu na budowanie nowych niesamowitych układów. Jeżeli Ty również marzysz o takim pomocniku, trafiłeś na doskonałą książkę!

Błyskawicznie wprowadzi Cię ona w świat budowniczych robotów. Dzięki licznym ilustracjom oraz przejrzystym opisom będzie to niezwykle przyjemna i pouczająca lektura. Zaczynaj czytać już dzisiaj i sprawdź, jaki silnik dobrać, jak wykorzystać energię słoneczną oraz jak opracować układ zasilania. Po zapoznaniu się z mechanicznymi i elektronicznymi aspektami budowy przejdziesz do tematów związanych z programowaniem Twojego robota. Odkryjesz, jak budować instrukcje warunkowe, pętle oraz wykorzystać w pełni środowisko platformy Arduino. Zdobądź wiedzę na temat praktycznych zastosowań podczerwieni oraz przekonaj się, czy w Twoim warsztacie są wszystkie niezbędne narzędzia konstruktora robotów.

**John Baichtal** — niegdyś był autorem popularnych postów na blogu należącym do magazynu „Wired”, a dziś pisze książki poświęcone narzędziom, zabawkom, robotom i elektronice. Publikował również na łamach kultowego magazynu „MAKE”. Jego książki cieszą się niesłabnącą popularnością na całym świecie.

## Dzięki tej książce:

- skompletujesz niezbędne narzędzia
- poznasz różne rodzaje robotów
- wykorzystasz platformę Arduino
- nauczysz się programować gotowego robota
- spełnisz swoje marzenie i zbudujesz prawdziwego robota

**Helion**

35065

numer katalogowy

księgarnia internetowa

<http://helion.pl>

zamówienia telefoniczne



0 801 339900



0 601 339900

Informatyka w najlepszym wydaniu

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

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 KORZYSCCI

ISBN 978-83-283-0817-6



9 788328 308176

cena: 67,00 zł

que®

PEARSON