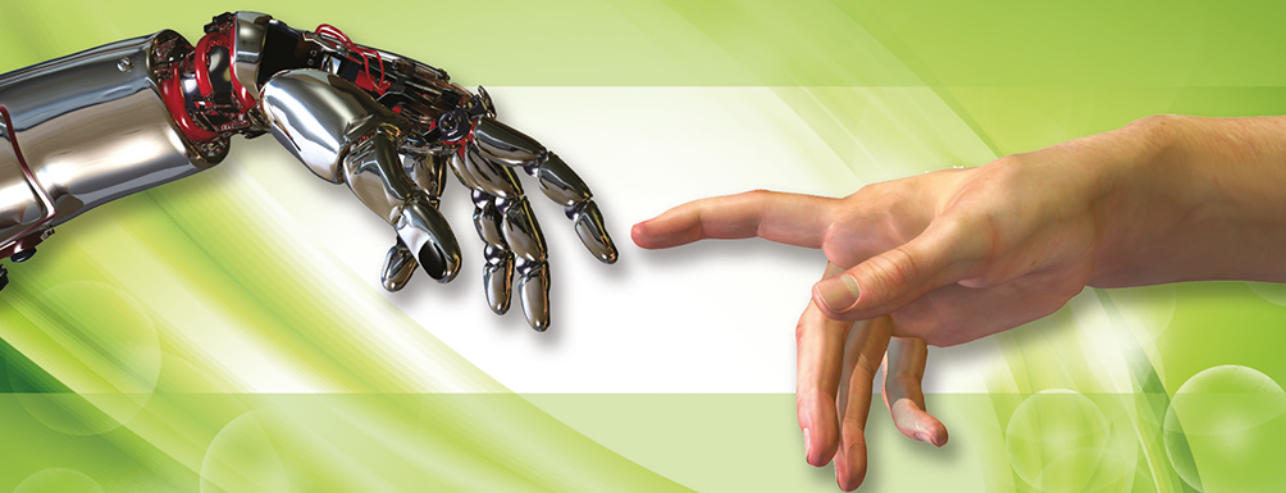


FASCYNUJĄCY ŚWIAT ROBOTÓW

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

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

| | |
|--|-----------|
| Wstęp | 15 |
| Rozdział 1. Ty — konstruktor robotów | 17 |
| 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 |
| Rozdział 2. Witaj w świecie robotów | 35 |
| 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 |
| Rozdział 4. Energia słoneczna | 89 |
| 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 |
| Rozdział 5. Sterowanie robotem | 113 |
| 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 |
| Rozdział 6. Wstęp do programowania | 141 |
| 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 |

| | |
|--|----------------|
| Rozdział 7. Praca z podczerwienią | 159 |
| 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 |
| Rozdział 8. Zestawy do samodzielnego montażu | 185 |
| 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 |
| Rozdział 9. Narzędzia konstruktora robotów | 233 |
| 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 |
| Rozdział 10. Manipulatory | 269 |
| 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 |

| | |
|---|------------|
| Rozdział 12. Roboty i sztuka | 329 |
| 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 |
| | |
| Rozdział 13. Roboty sterowane za pośrednictwem sieci WWW | 357 |
| 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 |
| Dodatek A Słowniczek | 369 |
| Skorowidz | 377 |

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.

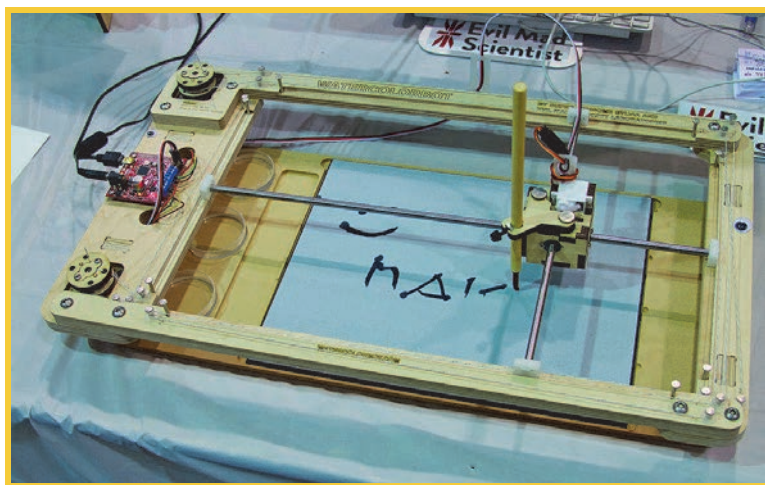
Osoby konstruujące roboty tworzą je na bazie elementów prefabrykowanych lub wydrukowanych za pomocą drukarki 3D, wysokiej jakości drewnianych ram, a także samodzielnie napisanych programów. Być może roboty tworzone przez profesjonalistów są lepiej zaprojektowane i zastosowano w nich lepsze serwomotory 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 tarcicy, 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:

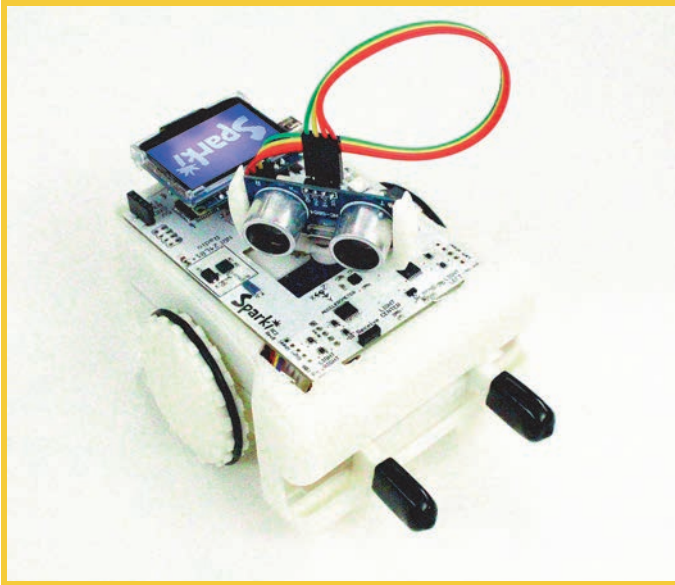
- <http://watercolorbot.com/>
- <http://www.evilmadscientist.com/>
- <http://sylviashow.com/>

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/>

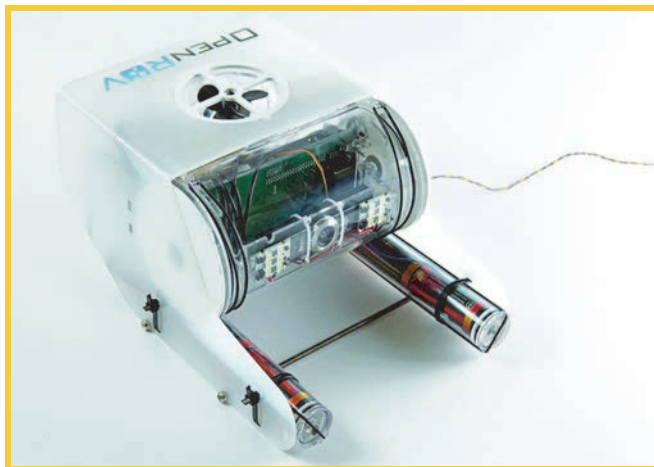
OpenROV

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/>

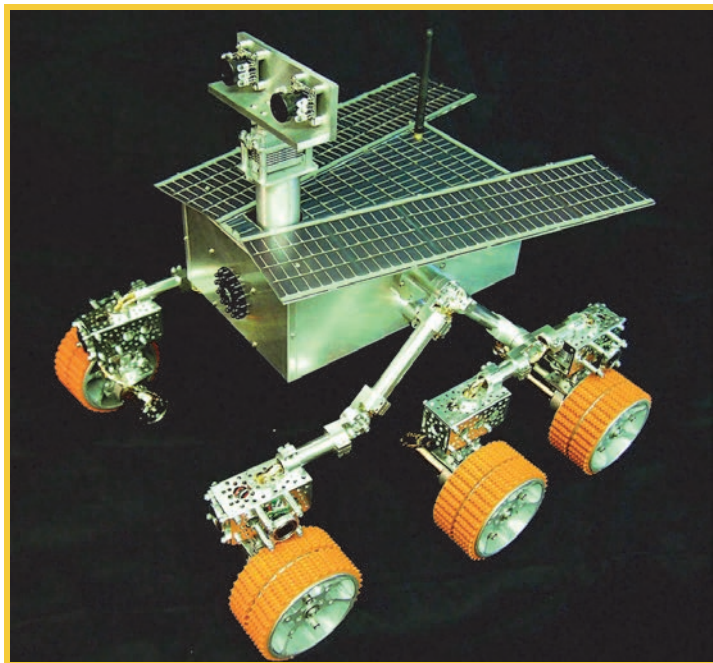
Robot ten składa się z zestawu kolb stożkowych (w których znajdują się różne alkohole), mieszalników i sześciostopniowych cylindrów przelewających ciecz. Użytkownik robota może wybrać składniki za pomocą bocznego panelu, w którym znajdują się również pompy powietrzne podnoszące ciśnienie wewnątrz kolb,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

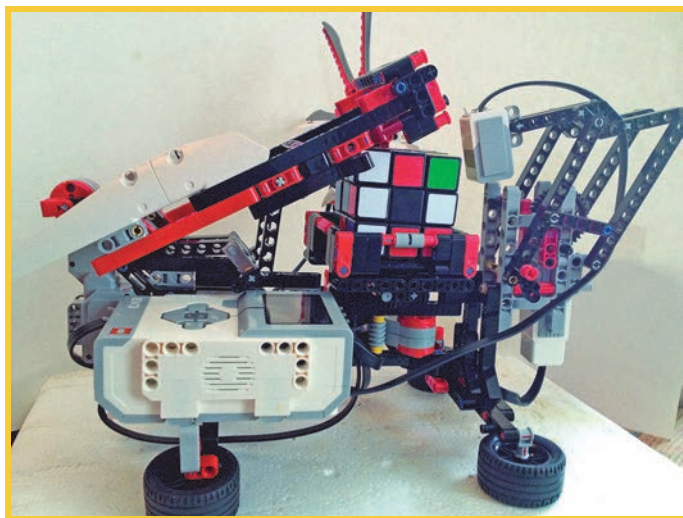
Więcej informacji na temat repliki łazika marsjańskiego znajdziesz na stronie <http://beatty-robotics.com/tag/mars-rover/>.

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://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

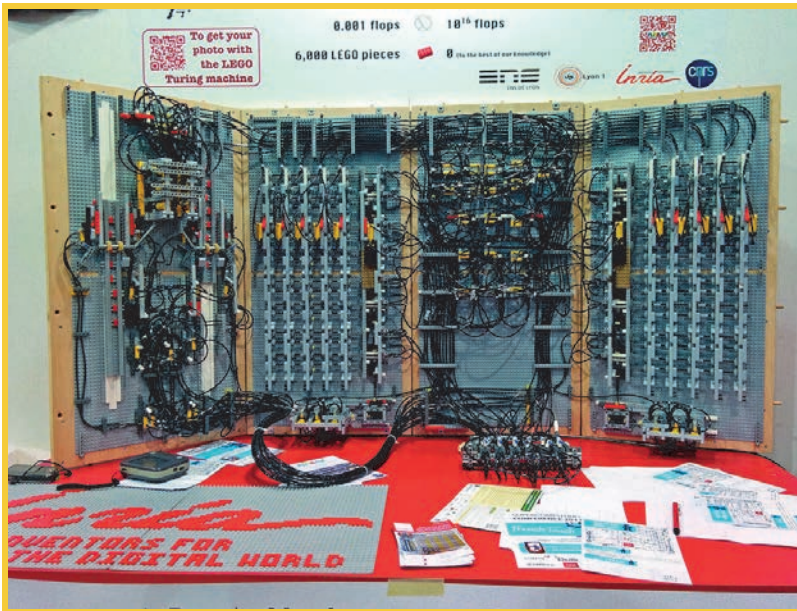
Start-up uFactory (Shenzhen, Chiny) zaprojektował tego robota w oparciu o (między innymi) mikrokontroler Arduino Mega, żyroskop MPU6050, czujnik ruchu Microsoft Kinect i moduł sieci Wi-Fi. Kinect jest modulem przeznaczonym do rozpoznawania gestów przez konsolę Xbox, a konstruktorzy uFactory zastosowali 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

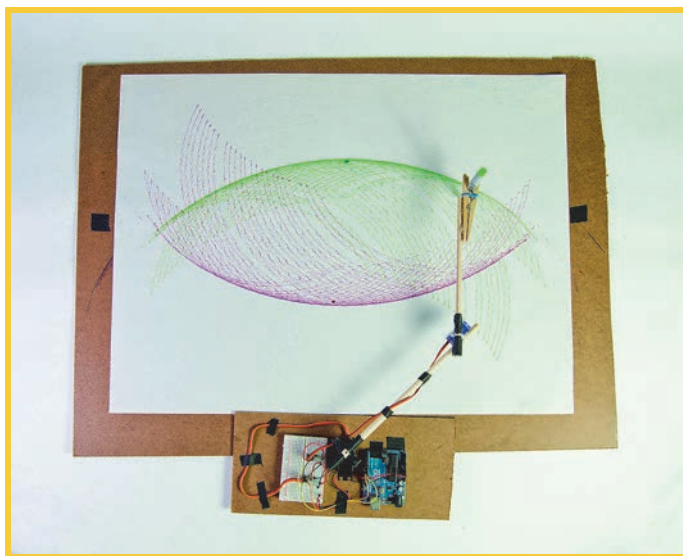
Zdjęcie: George Harker

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

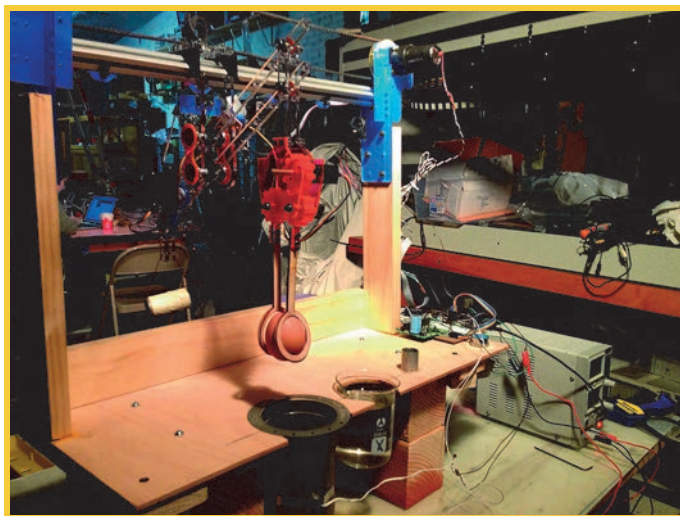
Pracą robota steruje mikrokontroler Arduino, który kontroluje pracę dwóch serwomotorów — jeden z nich porusza całym ramieniem, a drugi łokciem. Robot został zaprogramowany tak, aby tworzył ciekawe wzory. Zastosowanie Arduino stwarza możliwość modyfikacji robota w przyszłości — np. dodania światłomierza, 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.



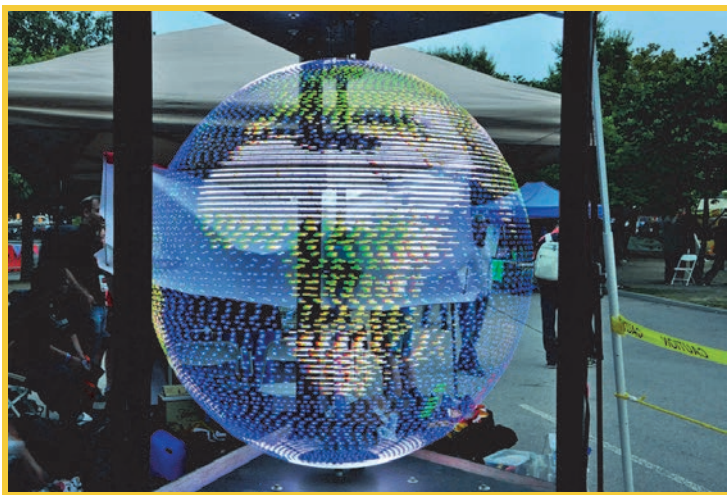
RYSUNEK 2.14. Sisyphus — robot stworzony przez Bruce'a Shapiro — tworzy wzory na piasku

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

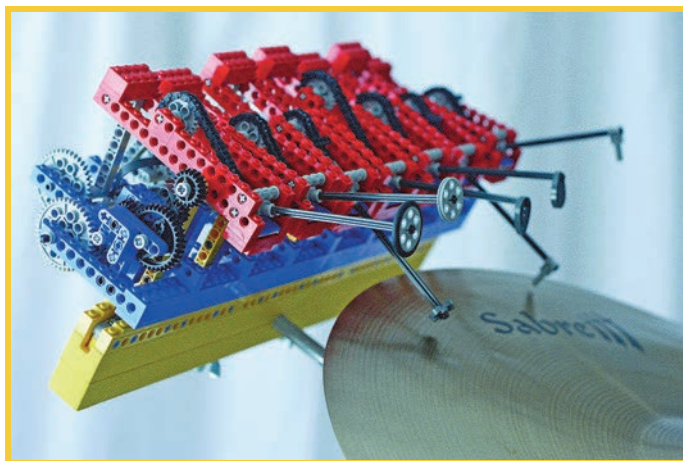
Całe urządzenie charakteryzuje się średnicą około 2 metrów i wysokością około 3 metrów. W jego podstawie umieszczono układ zasilający, narzędzia przydatne podczas konserwacji i mechanizm napędowy. W górnej części znajduje się elektryczna wiertarka obracająca pierścienie z diodami LED. Podczas pracy urządzenia 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

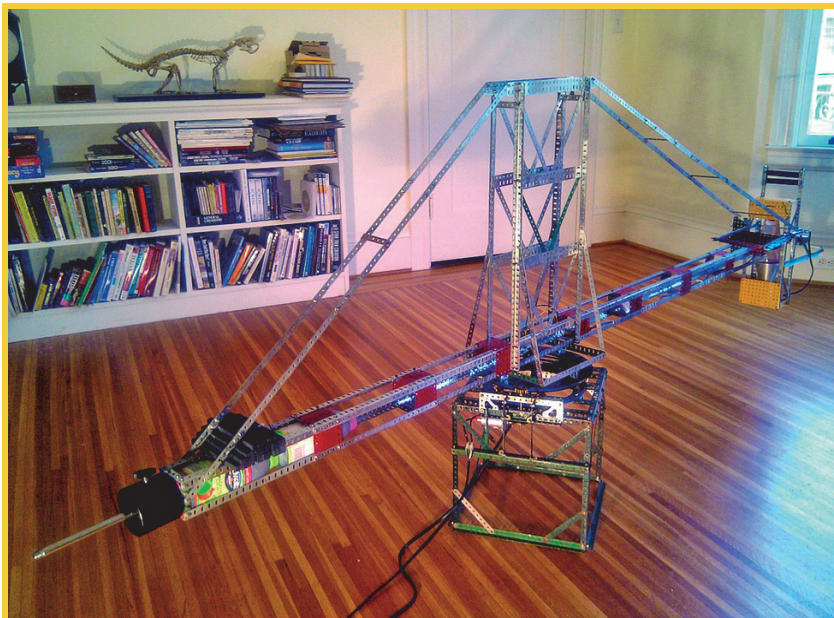
Alex zbudował również Missing Link — urządzenie wyposażone w skomplikowany mechanizm generujący sekwencję dźwięków, która zapętla się dopiero po 1300 latach.

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”.

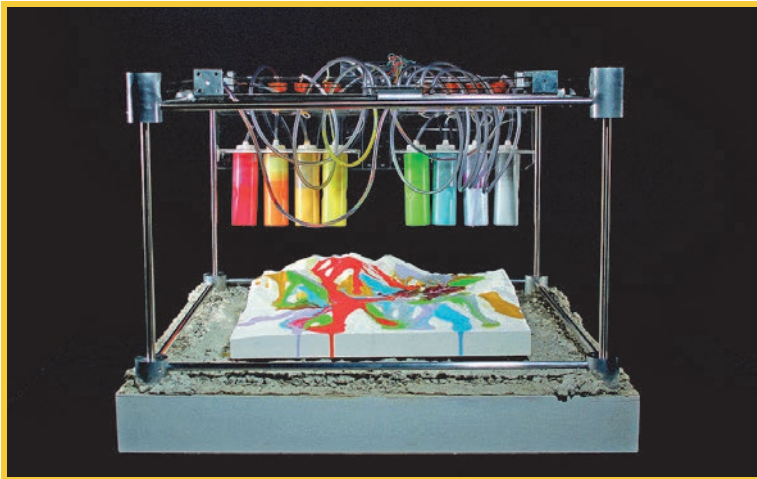
Neil nakręcił film pokazujący działanie lampy lava po zwiększeniu oddziaływującej na nią siły przyciągania. Wirówka Neila wygenerowała przeciążenie rzędu 3 G, ponieważ przyspieszeniomierz w telefonie nie był właściwie skalibrowany.

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.

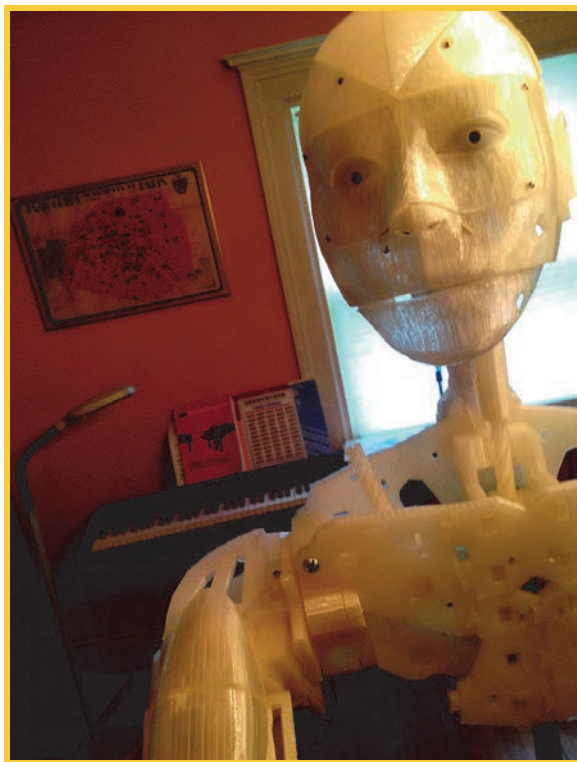
Więcej informacji na temat robota Quakescape znajdziesz na stronie <http://jamesboock.com/Quakescape-3D-Fabricator>.

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:

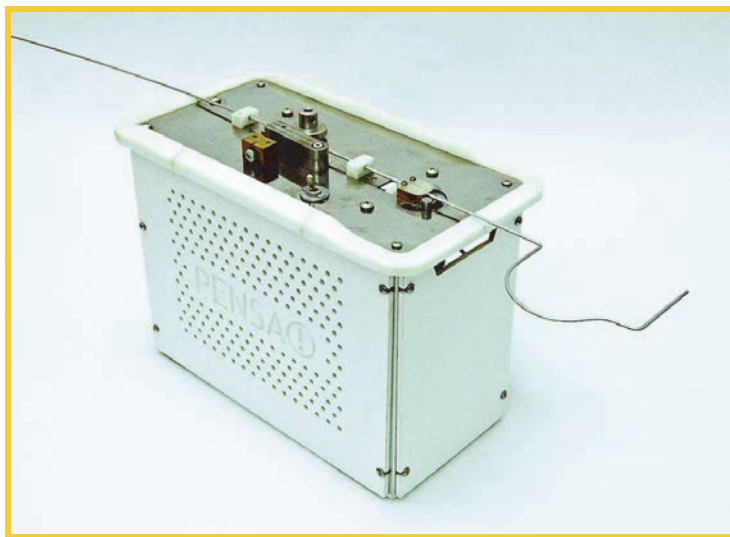
- <http://www.chuckfletcher.com/>
- <http://www.inmoov.fr/>

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 wystrzelona 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.



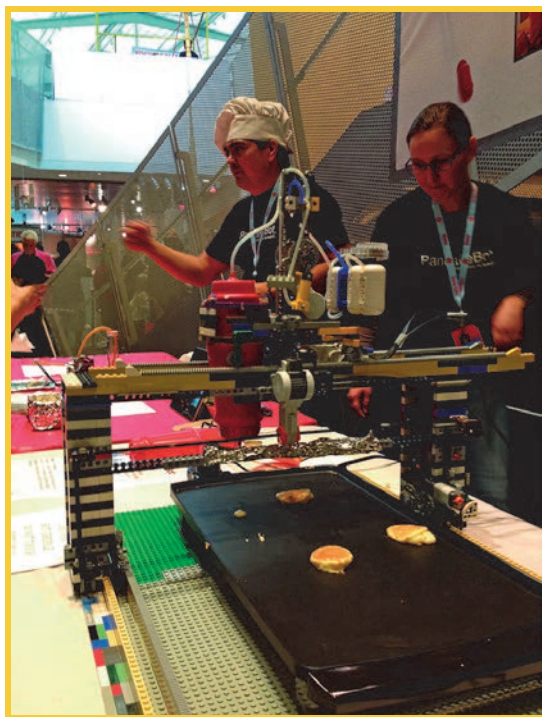
RYSUNEK 2.23. Robot, który potrafi wystukać rytm na każdej powierzchni
Zdjęcie: Frits Lyneborg

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).



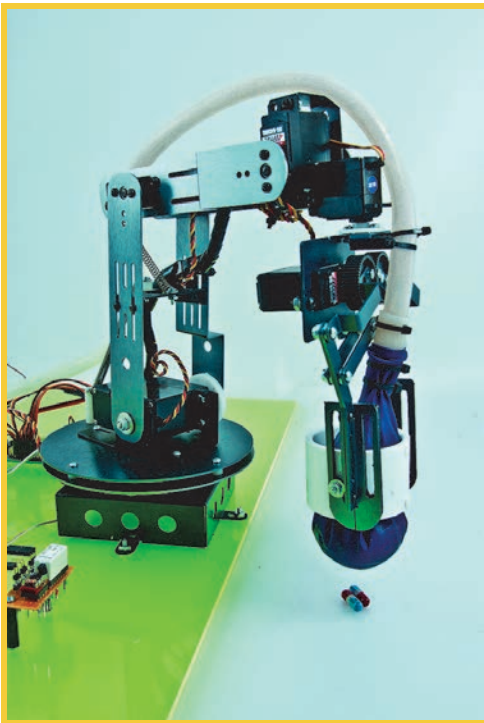
RYСУNEK 2.24. Robot Pancake Bot pomoże Ci upiec naleśniki o nietypowych kształtach

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

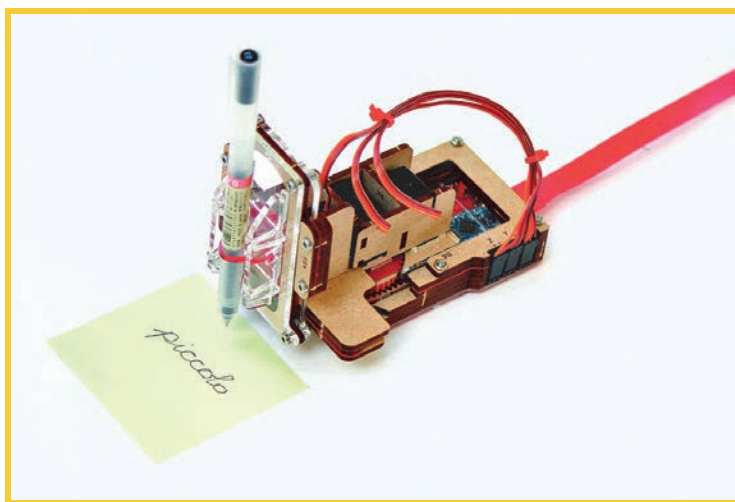
Ramię robota Balloon Bot przyciska balon o średnicy 25 cm wypełniony mieloną kawą do jakiegoś obiektu, a następnie pompa odsysa powietrze z balonu, co powoduje kompresję kawy otaczającej obiekt chwytny przez ramię. Robot jest w stanie podnosić obiekty tak małe jak śruba o długości 5 mm i tak delikatne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

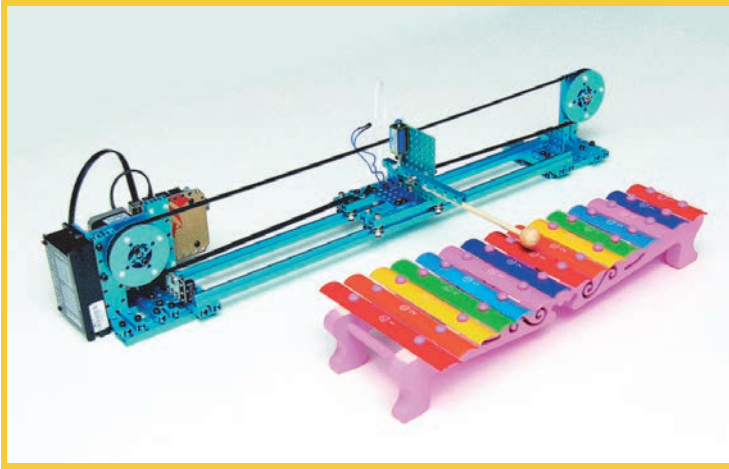


RYSUNEK 2.26. Robot Piccolo potrafi tworzyć rysunki wielkości wizytówki
Zdjęcie: Diatom Studios

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 smartfona 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:

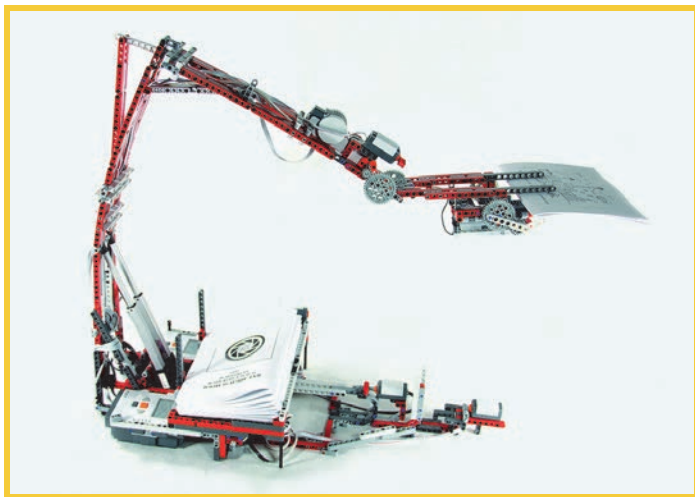
- <http://www.makeblock.cc/>
- <http://www.makeblock.cc/music-robot-kit-with-electronics/>

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
 Phooky, 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

przyspieszeniomierz, 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

perkusyjnny, 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:* ROV

podwozie, *Patrz:* podwozie

przeszukujący internet, *Patrz:* wężyciel

przeznaczony do walki, 20

RoboBrrd, *Patrz:* RoboBrrd

Roomba, *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:* zasilanie

zestaw 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
 Tetrix 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>

Przewodnik dla konstruktora robotów!

Największym marzeniem każdego majsterkowicza jest skonstruowanie własnego robota, który wyreżyseruje 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/nowosci>

Helion SA
ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice
tel.: 32 230 98 63
e-mail: 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