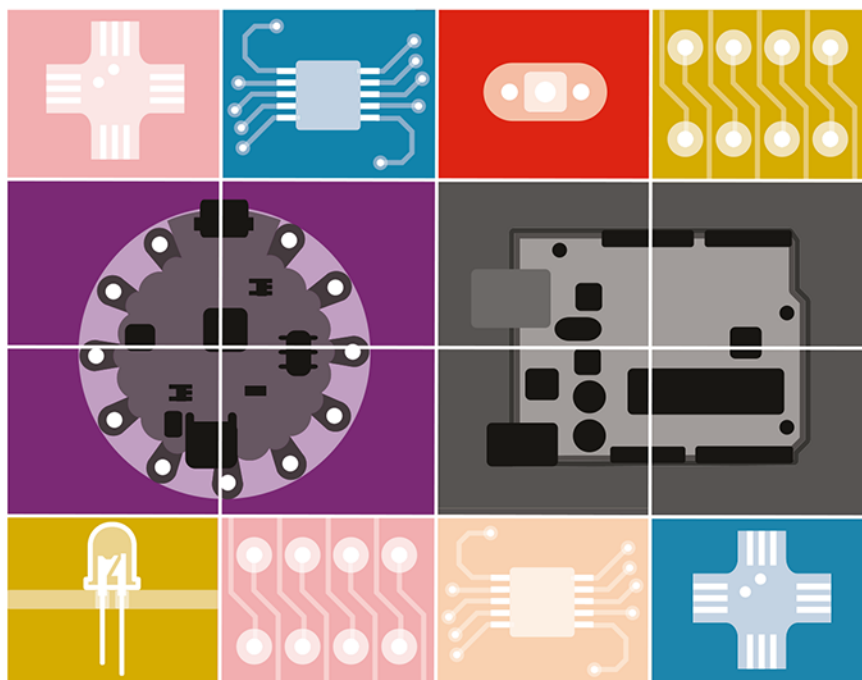


# Płytki drukowane (PCB)



Nauka i projekty od podstaw

Shawn Wallace

Tytuł oryginału: Jumpstarting Your Own PCB

Tłumaczenie: Konrad Matuk

ISBN: 978-83-283-5267-4

© 2019 Helion S.A.

Authorized Polish translation of the English edition of Jumpstarting Your Own PCB  
ISBN 9781680455120 © 2018 Shawn Wallace.

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

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

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

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

Autor oraz Helion SA 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 Helion SA nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Helion SA

ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice

tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63

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

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

Drogi Czytelniku!

Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres

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

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>1.</b>	<b>Projektowanie płytek obwodu z EAGLE .....</b>	<b>5</b>
	Rozpoczynamy pracę .....	6
	Korzystanie z EAGLE .....	7
	Schemat przebiegu pracy .....	10
	Biblioteki .....	11
	Skrypty ULP .....	12
	Wytwarzanie płytek .....	12
<b>2.</b>	<b>Twoja pierwsza płytka — przypinka „już umiem lutować” ....</b>	<b>15</b>
	Zacznij od schematu .....	16
	Tworzenie schematu wykonawczego obwodu na płytce .....	20
	Dodawanie nadruków i definiowanie obrysu płytki .....	23
	Generowanie plików produkcyjnych w formacie Gerber .....	27
	Dalszy rozwój projektu .....	31
<b>3.</b>	<b>Zbuduj swoje własne minimalistyczne Arduino .....</b>	<b>33</b>
	Projektowanie schematu ideowego .....	34
	Złącze interfejsu szeregowej transmisji danych FTDI .....	42
	Obwód zasilania .....	48
	Piny GPIO .....	50
	Przełącznik resetujący i piny komunikacyjne .....	52
	Sprawdzanie reguł projektowych .....	55
	Dalszy rozwój projektu .....	56
<b>4.</b>	<b>Moduł radiowy LoRa kompatybilny z Raspberry Pi Zero .....</b>	<b>57</b>
	Tworzenie biblioteki EAGLE .....	58
	Tworzenie symbolu .....	61
	Tworzenie reprezentacji obudowy .....	63
	Tworzenie komponentu — łączenie symbolu z obudową .....	68
	Korzystanie z nowego komponentu podczas projektowania płytki obwodu .....	69
	Dodawanie zbiorczego pola masy .....	73
	Tworzenie własnej maski przeciwłutowicznej .....	75
	Dalszy rozwój projektu .....	75



# Projektowanie płytek obwodu z EAGLE

**E**AGLE (ang. *Easily Applicable Graphical Layout Editor*) firmy Autodesk jest zbiorem programów umożliwiających przeprowadzenie wszystkich etapów projektowania płytki. W tej książce skupimy się na modułach *Schematic Editor* (edytor schematów) i *Board Editor* (edytor płytki). Pakiet EAGLE zawiera również moduły takie jak *Autorouter* (prosty mechanizm sztucznej inteligencji śledzący ścieżki obwodu), *Parts Editor* (edytor komponentów), *CAM Processor* (moduł umożliwiający tworzenie plików maszynowych), a także interfejs skryptowy umożliwiający pisanie programów języka użytkownika (programów ULP). W tym rozdziale opiszę w sposób ogólny możliwości pakietu EAGLE. Wiedza zdobyta podczas lektury tego rozdziału umożliwi Ci wykonanie trzech projektów elektronicznych opisanych w następujących rozdziałach.

Projektowanie płytki obwodu nie jest trudnym zadaniem, ale wymaga uporańia się ze specyficznymi dla jej zastosowania problemami, do których rozwiązania przydatne są narzędzia typu EDA (ang. *electronic design automation* — przeznaczone do automatyzacji projektowania obwodów elektronicznych).

Pakiet EAGLE charakteryzuje się zaletami, których nie mają przeznaczone do projektowania narzędzia niebędące narzędziami EDA. Umożliwia on:

- \* Wizualizację połączeń: dwustronna płytką drukowaną umożliwia obustronny montaż komponentów; ścieżki na tego typu płytce przechodzą pomiędzy obiema jej stronami.
- \* Projektowanie hierarchiczne i parametryczne: umożliwia tworzenie projektów mogących dziedziczyć właściwości modułów, które da się dostosować do bieżących potrzeb, wprowadzając odpowiednie dane.
- \* Korzystanie z bibliotek: podzespoły elektroniczne mogą mieć różne obudowy i występować w różnych wersjach, co powoduje konieczność stosowania narzędzi przeznaczonych do zarządzania nimi i organizowania ich zbiorów.
- \* Implementację zasad projektowania: możesz zdefiniować ograniczenia i sprawdzić, czy Twój projekt jest z nimi zgodny.

Kolejną rzeczą, którą należy wziąć pod uwagę, jest umiejscowienie osoby projektującej układy elektroniczne w całym procesie roboczym. Wiele narzędzi EDA można lepiej zintegrować z narzędziami CAD, np. narzędzia Altum można zintegrować z pakietem SolidWorks, a narzędzia EAGLE można zintegrować z pakietem Autodesk Fusion 360.

## ROZPOCZYMY PRACĘ

Firma Autodesk oferuje kilka opcji licencjonowania oprogramowania EAGLE. W wersji 8. EAGLE firma Autodesk przyjęła model subskrypcji następujących wersji:

- \* Wersja darmowa: firma Autodesk oferuje możliwość darmowego korzystania ze swoich narzędzi przez amatorów i miłośników elektroniki; darmowa wersja EAGLE charakteryzuje się pewnymi ograniczeniami (np. powierzchnia płytki nie może przekraczać 80 cm<sup>2</sup>).
- \* EAGLE Standard: z wersji tej musisz korzystać, jeżeli pracujesz nad płytkami stosowanymi komercyjnie; kosztuje ona około 60 zł miesięcznie i charakteryzuje się mniejszymi ograniczeniami

niż wersja darmowa (pozwala na projektowanie płytek o powierzchni nawet 155 cm<sup>2</sup>). Studenci mogą korzystać z tej wersji za darmo przez trzy lata.

- \* EAGLE Premium: wersja przeznaczona dla zespołów zajmujących się profesjonalnym projektowaniem; jest wyposażona w dodatkowe narzędzia projektowania hierarchicznego oraz narzędzia przeznaczone do zarządzania biblioteką i nie ma ograniczeń wersji Standard.

Wszystkie rzeczy opisane w tej książce można zrobić w darmowej wersji EAGLE, która jest udostępniana na stronie <http://www.autodesk.com/products/eagle/free-download>. Więcej informacji na temat tworzenia własnych bibliotek znajdziesz w rozdziale 4.

## KORZYSTANIE Z EAGLE

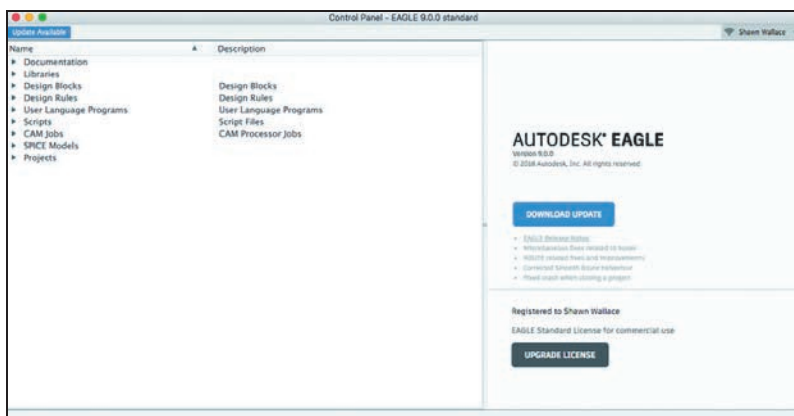
Pakiet EAGLE składa się z wielu modułów. W związku z tym podczas pracy wielokrotnie będziemy mieli na ekranie kilka okien tego pakietu i będziemy przełączać się pomiędzy nimi. Sugeruję zatem korzystanie z dużego monitora. Jeżeli używasz laptopa, to podłącz do niego mysz z rolką umożliwiającą przewijanie zawartości okien. Ułatwi to znacznie pracę w EAGLE. Praca za pomocą wbudowanego w laptop gładzika będzie bardziej irytująca. Rolka myszy umożliwia sterowanie przybliżeniem, z którego będziemy wielokrotnie korzystać.

### Panel sterowania

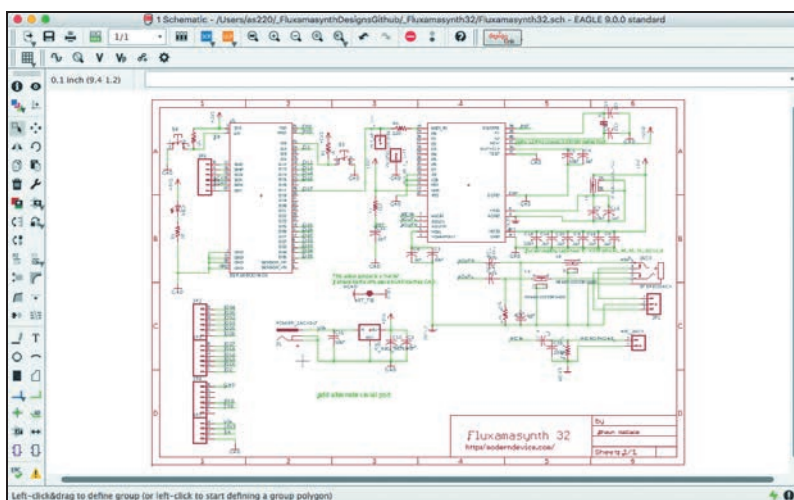
Panel sterowania (*Control Panel*) umożliwia uzyskanie dostępu do wszystkich modułów pakietu EAGLE oraz pozwala na zarządzanie bibliotekami, wtyczkami, trójwymiarowymi modelami i zadaniami CAM. W panelu tym znajdziesz również dokumentację. Panel jest wyświetlany podczas pierwszego uruchomienia pakietu EAGLE (patrz rysunek 1.1).

### Moduł projektowania schematu ideowego

Moduł *Schematic Editor* (patrz rysunek 1.2) zawiera narzędzia przeznaczone do tworzenia schematów obwodów (schematów przedstawiających komponenty i sposób przepływu sygnałów pomiędzy nimi). Każdy moduł pakietu EAGLE



**RYСУNEK 1.1.** Panel sterowania jest pulpitem łączącym różne moduły pakietu EAGLE



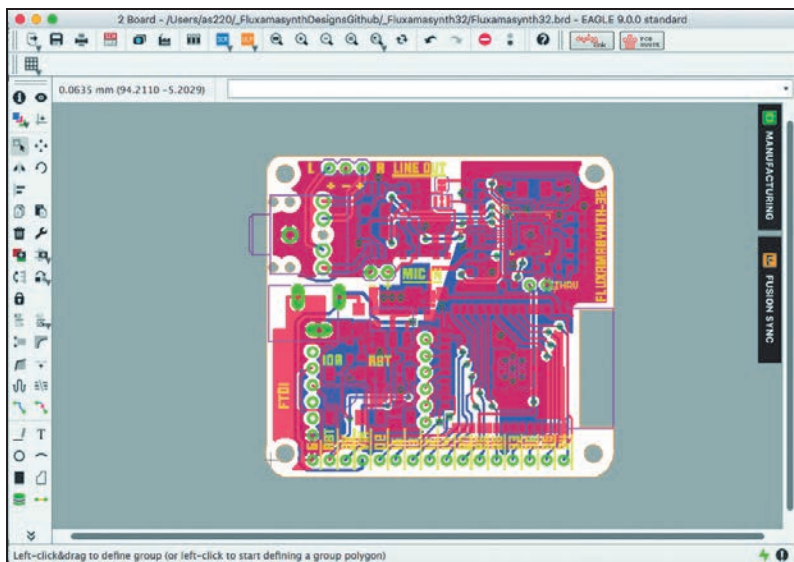
**RYСУNEK 1.2.** Narzędzie przeznaczone do projektowania schematów

zawiera zestaw narzędzi niezbędnych do wykonywania zadań, do których moduł jest przeznaczony. Narzędzia modułu *Schematic Editor* są przeznaczone do projektowania sieci sygnałów łączących piny komponentów. Możliwe jest tworzenie arkuszy schematów. Zwiększa to ich czytelność i modułowość.



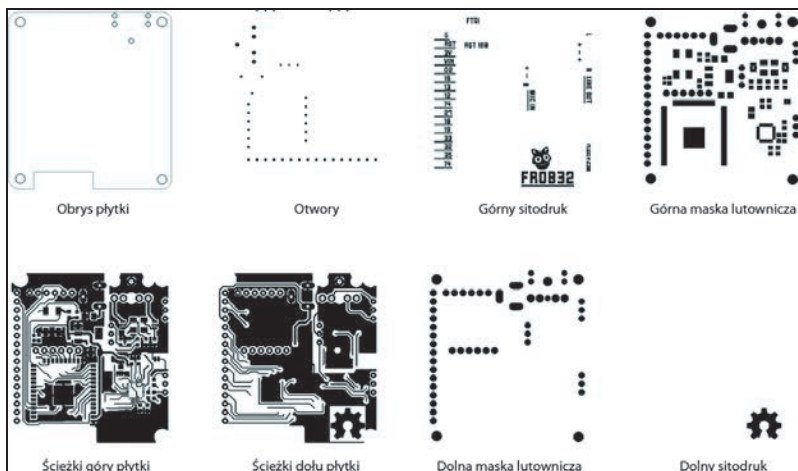
## Moduł projektowania płytki

Moduł przeznaczony do projektowania płytek — *Board Editor* (patrz rysunek 1.3) — służy do rozmieszczania pól lutowniczych i ścieżek na poszczególnych warstwach płytki obwodu. W tej książce będziemy mieli do czynienia tylko z płytkami, które mają ścieżki na swej górnej i dolnej stronie, ale pakiet EAGLE umożliwia tworzenie płytek 16-warstwowych (wersja Premium) i 4-warstwowych (wersja Standard).



**RYСУNEK 1.3.** Moduł Board Editor

W rozdziale 2. znajdziesz więcej informacji na temat narzędzi przeznaczonych do tworzenia schematów ideowych i wykonawczych. Rozdział ten przygotowuje Cię do projektowania wielowarstwowych płytek obwodów. Dwustronna płytka obwodu, nad którą będziemy pracować, ma osiem warstw (patrz rysunek 1.4).



**RYSunEK 1.4.** Osiem warstw płytki obwodu; od góry do dołu: obrys płytki, rozmieszczenie otworów montażowych, górny sitodruk, górna maska lutownicza, ścieżki górnej części płytki, ścieżki dolnej części płytki, dolna maska lutownicza, dolny sitodruk

## SCHEMAT PRZEBIEGU PRACY

Projektując płytkę obwodu, wykonaj kolejno następujące czynności:

1. Znajdź odpowiednie komponenty (zapoznaj się z ich notami aplikacyjnymi).
2. Zaprojektuj bloki konstrukcyjne komponentów (znajdź biblioteki komponentów lub w razie konieczności zaprojektuj samodzielnie ich symbole i reprezentacje obudów).
3. Opracuj schemat ideowy — połącz ze sobą poszczególne komponenty obwodu.
4. Uruchoam algorytm wyszukujący błędy schematu ideowego — skorzystaj z modułu sprawdzania reguł elektrycznych, *Electrical Rule Check* (ERC).
5. Opracuj schemat wykonawczy — umieść komponenty na płytce i zaprojektuj przebieg ścieżek łączących je w rzeczywistości.

6. Uruchom algorytm wyszukujący błędy schematu wykonawczego — skorzystaj z modułu sprawdzania reguł projektowych, *Design Rule Check* (DRC).
7. Wygeneruj plik w formacie Gerber i plik umożliwiający wykonanie otworów w płytce — uruchom procesor CAM w celu wygenerowania plików w odpowiednich formatach.

## BIBLIOTEKI

Dokonując wyboru narzędzia przeznaczonego do projektowania, należy przeanalizować to, w jaki sposób każdy z rozważanych programów obsługuje zbiory komponentów. W pakiecie EAGLE komponenty i urządzenia wchodzą w skład zbiorów określanych mianem **biblioteki** (ang. *library*). Obiekt komponentu składa się z czterech elementów: symbolu używanego na schemacie, obudowy umieszczonej na schemacie wykonawczym, trójwymiarowego modelu i pliku definicji łączącego oba widoki. Do pakietu EAGLE dołączony jest duży zbiór bibliotek komponentów. Większość producentów komponentów elektronicznych udostępnia biblioteki swoich produktów przeznaczone dla pakietu EAGLE. Biblioteki EAGLE można znaleźć w wielu repozytoriach, takich jak:

- \* Zbiór bibliotek opracowanych przez Autodesk: <http://eagle.autodesk.com/eagle/libraries>.
- \* Library.io — narzędzie umożliwiające parametryczne generowanie bibliotek i trójwymiarowych modeli komponentów. Można je zsynchronizować z pakietem Fusion 360.
- \* Biblioteki tworzone przez społeczność Element 14: [https://www.element14.com/community/community/eagle/eagle\\_cad\\_libraries](https://www.element14.com/community/community/eagle/eagle_cad_libraries).

Autodesk wprowadził również nowy typ bibliotek — *managed libraries* (**biblioteki zarządzane**). Biblioteki tego typu są umieszczone w chmurze Library.io, ale można z nich też korzystać lokalnie. Są one tworzone we współpracy z producentami i partnerami takimi jak Adafruit, SparkFun, Seeed, Würth Elektronik i Nordic. Centralne zarządzanie tymi bibliotekami gwarantuje, że są one zawsze aktualne.

Więcej informacji na temat bibliotek EAGLE i procesu ich samodzielnego tworzenia znajdziesz w rozdziale 4.

**UWAGA** Bloki projektowe (ang. *design blocks*) są kolejną nową funkcją, podobnie jak biblioteki umożliwiającą tworzenie dużych modułów schematów ideowych i wykonawczych, które mogą być używane w wielu projektach. Korzystanie z bloków jest dobrym rozwiązaniem w przypadku pracy z wielokrotnie powtarzającymi się grupami komponentów.

## SKRYPTY ULP

Środowisko EAGLE obsługuje system wtyczek umożliwiający samodzielne pisanie automatycznych skryptów ULP (programów języka użytkownika). Przykładem skryptu ULP, który został zintegrowany z głównym interfejsem użytkownika, jest funkcja importu bitmapy *Import Bitmap*. Istnieją również skrypty ULP służące do wygodnego wykonywania złożonych operacji, takich jak wyrównywanie wszystkich komponentów do siatki lub zmiana parametrów wielu komponentów za pomocą jednej masowej operacji. Do pakietu EAGLE dołączonych jest wiele standardowych skryptów. W celu uzyskania do nich dostępu należy skorzystać z panelu sterowania lub menu *File* (plik).

Skrypty ULP są tworzone w specjalnym języku, podobnym do języka C. Dostęp do wszystkich struktur danych schematu i dokumentów płytki można uzyskać za pomocą dość prostego interfejsu API. Oto przykład prostego skryptu ULP:

```
int returnValue = dlgDialog("HW") {
    dlgLabel("Witaj");
    dlgPushButton("OK") {
        dlgAccept();
    }
};
```

## WYTWARZANIE PŁYTEK

Płytki obwodów, które zaprojektujesz podczas lektury tej książki, możesz wyprodukować na kilka sposobów. Wybranie właściwego sposobu zależy od zastosowania płytki, bezpieczeństwa i dostępności narzędzi. Oto kilka możliwości, z których możesz skorzystać:

- \* Wytrawianie. Praktycznie wszystkie seryjnie produkowane płytki są wytwarzane poprzez naniesienie na miedzianą warstwę płytki rysunku ścieżek i pól lutowniczych wykonanego z kwasoodpornej substancji. Pozostała miedziana powierzchnia jest wytrawiana za pomocą substancji żrących, takich jak chlorek miedzi i żelaza, a także nadtlenodisiarczan amonu lub nadsiaroczan sodu. Podczas pracy z każdą z tych substancji należy zachować odpowiednie środki ostrożności.
- \* Obróbka skrawaniem. Płytki obwodu mogą być również wytwarzane poprzez wycięcie zbędnej warstwy miedzi znajdującej się poza obszarem ścieżek i pól lutowniczych za pomocą precyzyjnych frezarek. Dostępność takich maszyn wzrasta, a więc wytwarzanie płytek obwodów w ten sposób będzie się stawać coraz bardziej popularne. Płytki obwodów można wytwarzać na małych frezarkach CNC mieszczących się na biurku. Technika ta doskonale sprawdza się podczas tworzenia kilku płytek prototypowych, ale jest zbyt czasochłonna do zastosowań produkcyjnych na większą skalę.
- \* Wyszywanie, drukowanie i cięcie. Miękkie materiały przewodzące stają się coraz bardziej popularne. W związku z tym powstały specjalne techniki tworzenia obwodów za pomocą tuszy przewodzących prąd, a także specjalnych nici lub folii. Większość z tych procesów wymaga zastosowania specjalnych rozwiązań w projektowanym obwodzie, ponieważ wiąże się z wprowadzaniem do niego dodatkowego oporu lub dodatkowej pojemności.

Większość czytelników tej książki najprawdopodobniej nie będzie produkować samodzielnie zaprojektowanych przez siebie płytek we własnym warsztacie, z wielu przyczyn. Jedną z nich jest to, że obecnie koszt wyprodukowania małej serii płytek jest niewielki, a na rynku pojawiły się firmy specjalizujące w produkcji prototypowych wersji płytek. Dwie największe takie firmy to OSHPark (<http://oshpark.com/>) i Screaming Circuits (<http://www.screamingcircuits.com>). Oferta tych firm doskonale sprawdzi się w przypadku chęci wyprodukowania np. trzech płytek. Wówczas koszt produkcji wynosi około 1 zł za 1 cm<sup>2</sup> powierzchni płytki. W przypadku chęci wyprodukowania 100 lub więcej płytek koszt produkcji każdej z nich na początku będzie wynosił od

5 do 7 zł (w zależności od ich rozmiaru). Kwoty te uwzględniają również koszt przygotowania urządzeń do produkcji danego obwodu.

Możesz skorzystać z usług wielu takich firm prowadzących działalność w Polsce. Są to między innymi Margot Electronics (<http://www.fabrykapcb.pl>), Techno Service (<https://pcb-technoservice.eu>) i ELPIN PCB (<https://www.elpinpcb.com.pl/>).

# PROGRAM PARTNERSKI

— GRUPY HELION —



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

Zmień swoją stronę WWW w działający bankomat!

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

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

GRUPA  
**Helion** 

# Projektowanie płytek drukowanych: nowy wymiar elektroniki!

Jeśli sądzisz, że elektronika to dziedzina nieprzyjazna i wyjątkowo trudna do zrozumienia — jesteś w błędzie! Pokonaj uprzedzenia i spróbuj zapoznać się z nią w praktyczny sposób, łącząc różne elementy, tworząc własne płytki i samodzielnie je programując. Prędko się przekonasz, że trudno o bardziej interesujące i wciągające hobby. Pasja ta ma zresztą praktyczne odniesienie do rzeczywistości — za pomocą stosunkowo niedrogich elementów i narzędzi możesz zbudować ciekawe, zabawne, czasami bardzo przydatne gadżety. A zrozumienie pozornie niepojętych prawideł elektroniki przyjdzie zupełnie naturalnie!

Ta książka jest przystępnym i zwięzłym wprowadzeniem do świata płytek drukowanych. Krok po kroku pokazano tu, jak projektować płytki za pomocą pakietu Eagle — zbioru narzędzi służących do zautomatyzowanego projektowania obwodów elektronicznych. Szczególnie dokładnie opisano możliwości edytora schematów i edytora płytki. Dowiesz się, w jaki sposób zaprojektować schemat ideowy, utworzyć schemat wykonawczy na płycie, dodawać nadruki i tworzyć pliki produkcyjne w formacie gerber. Dzięki omówieniu projektu modułu radiowego kompatybilnego z płytką Raspberry Pi Zero nauczysz się tworzyć biblioteki Eagle i dodawać własne maski przeciwlutownicze. Dodatkowej inspiracji dostarczą Ci sugestie dotyczące dalszego rozwoju projektu!

## W książce między innymi:

- » przygotowanie warsztatu pracy
- » korzystanie ze schematów ideowych i schematów wykonawczych
- » piny GPIO i piny komunikacyjne
- » tworzenie modułu radiowego LoRa

**Shawn Wallace** — jest programistą, elektronikiem i autorem książek technicznych z wieloletnim doświadczeniem. Mieszka w Providence w stanie Rhode Island. Jest także członkiem grupy artystów Fluxama, która stworzyła między innymi Noisemusick i Doctor Om. Projektował zestawy elektroniczne dla Modern Device. Przez lata był dyrektorem zarządzającym w stowarzyszeniu artystów AS220 i współzałożycielem SMT Computing Society.

	<i>Sprawdź nasze szkolenia!</i>	<b>KOD KORZYŚCI</b> Sięgnij po więcej! ▶	
 <a href="http://helion.pl">helion.pl</a>		ISBN 978-83-283-5267-4	
 <b>HELION SA</b> ul. Kościuszki 1c 44-100 Gliwice tel.: 32 230 98 63 helion@helion.pl	<b>AKADEMIA IT &amp; BUSINESS</b> <a href="http://WWW.SZKOLENIA.HELION.PL">WWW.SZKOLENIA.HELION.PL</a>	 9 788328 352674	
<b>INFORMATYKA W NAJLEPSZYM WYDANIU</b>		<b>Cena: 24,90 zł</b>	