

Spis treści

Przedmowa	ix
1 Uruchamianie	1
Przewodnik po płytkach	2
Właściwe urządzenia peryferyjne	7
Obudowa	11
Wybór dystrybucji	13
Karty Flash SD	13
Dla zaawansowanych: tworzenie własnego obrazu dysku	14
Rozruch	14
Konfigurowanie komputera Pi	16
Łączenie z Internetem	19
Wyłączanie	21
Działanie bez konsoli	21
Rozwiązywanie problemów	23
Dodatkowe informacje	24
2 Podstawy Linuksa na Raspberry Pi	25
Korzystanie z wiersza poleceń	29
Pliki i system plików	30
Więcej poleceń Linuksa	34
Procesy	37
Sudo i uprawnienia	38
Sieć	40
/etc	41
Określanie daty i czasu	42
Instalacja nowego oprogramowania	42
Dźwięk w systemie Linux	43
Uaktualnianie oprogramowania układowego	44
Dodatkowe informacje	44

3	Inne systemy operacyjne i dystrybucje systemu Linux	47
	Dystrybucje do kina domowego	48
	Dystrybucje muzyczne	50
	Komputery i gry retro	51
	Internet rzeczy	51
	Inne przydatne dystrybucje	52
	Dodatkowe informacje	52
4	Język Python na komputerze Pi	53
	Hello, Python	54
	Odrobinę więcej o języku Python	56
	Obiekty i moduły	59
	Jeszcze więcej modułów	63
	Uruchamianie innych programów za pomocą języka Python	65
	Rozwiązywanie problemów	67
	Dodatkowe informacje	68
5	Platformy Arduino i Pi	69
	Instalacja Arduino w Raspberry Pi OS	71
	Znajdowanie portu szeregowego	72
	Komunikacja szeregową	73
	Używanie protokołu Firmata	77
	Dodatkowe informacje	78
6	Podstawowe wejście i wyjście	81
	Używanie wejść i wyjść	83
	Wyjście cyfrowe: świecenie diody	85
	Przewodnik prototypowania dla początkujących	86
	Wejście cyfrowe: odczytywanie stanu przycisku	90
	Projekt: lampa włączana według harmonogramu cron	93
	Pisanie skryptów poleceń	93
	Podłączanie lampy	95
	Harmonogram poleceń w programie cron	96
	Więcej na temat programu cron	97
	Dodatkowe informacje	98

7 Programowanie wejść i wyjść w języku Python	99
Instalowanie	99
Testowanie GPIO w Pythonie	100
Miganie diody	102
Czytanie przycisku	104
Projekt: prosty odtwarzacz dźwięków	106
Dodatkowe informacje	109
8 Analogowe wejście i wyjście	111
Wyjście: konwersja cyfrowo-analogowa	112
Testowanie modulacji szerokości impulsów	112
Inne zastosowania PWM	114
Wejście: konwersja analogowo-cyfrowa	115
Zmienne oporniki	121
Dodatkowe informacje	125
9 Kamery	127
Podłączanie i testowanie modułu kamery	129
Projekt: tworzenie pliku GIF	132
Przechwytywanie wideo	133
Testowanie kamer internetowych	133
Instalowanie i testowanie biblioteki OpenCV	134
Dodatkowe kroki dla modułu kamery Raspberry Pi	136
Wyświetlanie obrazu	137
Modyfikowanie obrazu	139
Dostęp do kamery	141
Rozpoznawanie twarzy	143
Projekt: kabina fotograficzna z Raspberry Pi	146
Rozwiązywanie problemów	149
Dodatkowe informacje	150
10 Python i Internet	151
Pobieranie danych z serwera www	151
Pobieranie prognozy pogody	153
Komputer Pi jako serwer www	160
Podstawy środowiska Flask	160
Łączenie sieci WWW ze światem rzeczywistym	164

Projekt: lampa internetowa	167
Dodatkowe informacje	171
A Zapisywanie obrazu karty SD.....	173
B Raspberry Pi Pico	179
C Jeszcze jedno Raspberry Pi?	191
Indeks	195

Co inni sądzą

...o książce *Wprowadzenie do Raspberry Pi*, wydanie III:

„Wyjątkowe wprowadzenie do posługiwania się Raspberry Pi, dostępne dla początkujących, a zarazem pełne pogłębionych informacji źródłowych dla doświadczonych majsterkowiczów”.

—Tim Wright, inżynier lotniczy

„Jestem dzieckiem z Nowego Jorku. Myślę, że ta książka była bardzo pomocna, jeśli chodzi o opanowanie wiersza polecenia. Chciałem coś zrobić według własnych pomysłów, ale to mnie onieśmielało. Teraz, gdy przeczytałem tę książkę, mogę to naprawdę zrobić!”

—Kenji D., 11 lat

Przedmowa

DZIESIĘĆ LAT...

To już dziesięć lat od dnia, gdy Raspberry Pi pojawił się po raz pierwszy w 2011 roku. I cóż to była za dekada! Komputer o wielkości karty kredytowej za 35 dolarów? Który można podłączyć do posiadanego już monitora i klawiatury? I łączyć go z urządzeniami fizycznymi za pośrednictwem złącza GPIO? To brzmiało jak cudowny sen. To dlatego, gdy tylko zaczęły się dostawy, Raspberry Pi wywołał szal podniecenia.

Całe miesiące popyt przewyższał podaż, a listy oczekujących na te mini-mikrokomputery były bardzo długie. Niektóre z nowszych produktów (i nie takich znowu nowych też), jak Pi Zero W czy Pi 4 nadal mają ograniczoną dostępność; trudno byłoby znaleźć miejsce, które sprzeda więcej niż dwie sztuki Pi Zero pojedynczemu klientowi. Co poza ceną płytki Raspberry Pi sprawiło, że cierpliwość głodnych sprzętu mas została wystawiona na próbę? Zanim poznamy dogłębnie te cechy komputera Raspberry Pi, które czynią go tak wspaniałym, pomówmy o jego grupie docelowej.

Eben Upton i jego współpracownicy z Uniwersytetu Cambridge zauważyli, że dzisiejsi kandydaci na studia informatyczne nie mają umiejętności kandydatów z lat 1990. Studenci uważali siebie samych za wprawnych w tym, co nazywali „informatyką”, podczas gdy wszystko, co potrafili, to posługiwanie się takimi programami, jak MS Word i Excel, a być może również napisanie odrobiny kodu HTML lub JavaScript.

Przypisali to – wraz z innymi czynnikami – „wzrostowi liczby domowych komputerów PC i konsoli do gier, które zastąpiły komputery Amiga, BBC Micro, Spectrum ZX i Commodore 64, na których wcześniejsze pokolenia uczyły się programować”¹.

Komputer stał się ważny dla wszystkich osób w gospodarstwie domowym. Dlatego młodzi ludzie byli powstrzymywani przed majstrowaniem

¹ „About us”, Raspberry Pi Foundation (www.raspberrypi.org/about).

przy nim z obawy przed ewentualnym uszkodzeniem tak ważnego dla rodziny narzędzia. Rodzice nie chcieli, aby ich dzieci „hackowały” domowy komputer przy nauce programowania, gdyż pojawiało się realne ryzyko jego uszkodzenia.

W międzyczasie procesory telefonów komórkowych i tabletów potaniały, a ich moc się zwiększyła. Utorowało to drogę Raspberry Pi do świata niezwykle tanich, ale użytecznych płyt głównych komputerów. Rodzina chipów ARM używanych we wszystkich płytkach Pi rozpoczęła swoją karierę wewnątrz telefonów komórkowych.

Jak w wywiadzie dla BBC News powiedział twórca Linuksa, Linus Torvalds, Raspberry Pi sprawia, że akceptowalne jest „pozwolenie sobie na awarię”. Jeśli dziecko (albo dorosły) nieodwołalnie zepsuje Pi, może po prostu kupić następny za znacznie mniej, niż koszt zastąpienia laptopa².

Fundacja Raspberry Pi

Warto wiedzieć, że Raspberry Pi istnieje przede wszystkim, aby wspierać dobroczynną misję Fundacji Raspberry Pi. Tą misją jest „dać potęgę cyfrowego majsterkowania w ręce ludzi na całym świecie”. Fundacja Raspberry Pi ma nadzieję, że ludzie – a szczególnie dzieci – będą uczyć się programować, poznawać działanie komputerów oraz odkrywać ich różne zastosowania.

Nabywcy Raspberry Pi nie tylko płacą za koszt sprzętu, realizację oraz pracę inżynierską z nią związaną, ale także zasilają darmowe zasoby online, darmowe szkolenia dla nauczycieli i specjalne programy, które Fundacja Raspberry Pi oferuje w ramach swojej misji dobroczynnej.

Jak dowiemy się z tej książki, Raspberry Pi świetnie nadaje się do nauki, ale także stanowi potężne narzędzie. Chociaż płytka powstała z myślą o edukacji, okazuje się, że jej zastosowania obejmują również aplikacje komercyjne i przemysłowe. Firmy stosują ją w sieciach czujników, do zdalnego monitorowania i prototypowania produktów. Chociaż Raspberry Pi jest wspaniałym prezentem dla dzieci, należy pamiętać, że jest prawdziwym komputerem. Nie jest zabawką ani czymś okrojonym z funkcjonalności.

2 Leo Kelion, „Linus Torvalds: Linux Succeeded Thanks to Selfishness and Trust”, BBC News, 12 czerwca 2012.

Co możemy z tym robić?

Wspaniałą sprawą dotyczącą komputera Raspberry Pi jest to, że nie ma jednego sposobu jego używania. Bez względu na to, czy chcemy po prostu oglądać filmy i korzystać z Internetu, czy chcemy programować, uczyć się i majsterkować przy użyciu tej płytki, Raspberry Pi jest elastyczną platformą do zabawy, użytkowania i eksperymentowania. Oto zaledwie kilka różnych sposobów do używania komputera Raspberry Pi:

Ogólne używanie komputera. Ważne jest, aby pamiętać, że Raspberry Pi to komputer i możemy faktycznie używać go jako takiego. Pi w wersji 4.0 (najnowszym wydaniu w chwili pisania tych słów), wyposażony w 8GB pamięci RAM oraz dwa wyjścia HDMI, zdolne do obsługi wideo w rozdzielczości 4K przy 60 ramkach na sekundę, jest dostatecznie silny, aby całkowicie zastąpić komputery biurkowe większości użytkowników. Po uruchomieniu go zgodnie z opisem w rozdziale 1 możemy uruchomić przeglądarkę internetową, zapewniającą dostęp do poczty elektronicznej, stron informacyjnych i sieci społecznościowych, co stanowi większość zastosowań, do jakich wykorzystujemy komputery w dzisiejszych czasach. Poza korzystaniem z sieci Web, możemy używać bezpłatnego pakietu biurowego LibreOffice (www.libreoffice.org/) do pracy z dokumentami i arkuszami kalkulacyjnymi bez konieczności połączenia z Internetem.

Nauka programowania. Ponieważ platforma Raspberry Pi ma być narzędziem edukacyjnym zachęcającym dzieci do eksperymentowania z komputerami, zawiera wstępnie załadowane interpretery i kompilatory wielu różnych języków programowania. Jeżeli chcemy zagłębić się w pisanie kodu, dobrze będzie zacząć od języka Python, którego podstawy opisaliśmy w rozdziale 4. Nie jesteśmy jednak ograniczeni tylko do Pythona. Możemy programować na komputerze Raspberry Pi również w wielu innych językach, takich jak C, Ruby, Java i Perl.

Wszystkie nowsze wersje systemu operacyjnego Raspberry Pi zawierają wstępnie zainstalowany Scratch, czyli stworzone w MIT graficzne środowisko programowania, mające na celu wprowadzenie najmłodszych użytkowników w koncepcje programistyczne. Dostępny jest nawet język programowania i środowisko przeznaczone specjalnie do tworzenia muzyki, nazywane Sonic Pi.

Platforma projektowa. Raspberry Pi różni się od typowego komputera nie tylko ceną i rozmiarami, ale także zdolnością integrowania z projektami elektronicznymi. Począwszy od rozdziału 6 pokażemy, jak używać Raspberry Pi do kontrolowania diod LED i urządzeń na prąd zmienny oraz odczytywać stan przycisków i przełączników.

Prototypowanie produktów. Coraz więcej produktów elektronicznych ma wewnątrz komputery z systemem Linux, a teraz świat tego *wbudowanego Linuksa* jest bardziej dostępny, niż kiedykolwiek dotąd. Przypuśćmy, że utworzyliśmy rozwiązanie stanowiące potencjalnie wspaniały produkt dla zwykłych konsumentów, wykorzystując Raspberry Pi jako „komputer pokładowy”. Dzięki *Raspberry Pi Compute Module* (mniejszej wersji płytki, którą omówimy dalej), realizacja produktu opartego na Raspberry Pi staje się osiągalna. Szereg firm wykorzystuje mniejsze wersje Pi, takie jak Zero i Zero W w produktach i prototypach, w których pełnowymiarowe Pi jest albo zbyt duże, albo zbyt kosztowne, aby pasowało do projektu.

Raspberry Pi dla majsterkowiczów

My, majsterkowicze, mamy wiele możliwości wyboru, jeżeli chodzi o platformy, na których chcemy budować projekty technologiczne. Płytki projektowe z mikrokontrolerem, takie jak Arduino (i nowy produkt Raspberry Pi Pico RP2040) od dawna są popularne, gdyż łatwo jest na nich pracować. Ale platformy typu *system na chipie*, takie jak Raspberry Pi, znacznie różnią się od tradycyjnych mikrokontrolerów. Często można usłyszeć błędny pogląd, że pojęcia *Pi* i *mikrokontroler* są wzajemnie wymienne. W rzeczywistości są to całkowicie odmienne urządzenia, które służą do różnych celów. Raspberry Pi jest komputerem, analogicznym do komputera biurkowego czy laptopa, podczas gdy Arduino to mikrokontroler, który nie ma zamiaru zastąpić naszego Della czy iMaca.

Nie oznacza to, że Raspberry Pi jest *lepsz*e od tradycyjnego mikrokontrolera. Jest po prostu inne. Jeżeli na przykład chcemy wykonać podstawowy termostat, prawdopodobnie lepiej będzie użyć Arduino Uno lub podobnego mikrokontrolera ze względu na prostotę. Jeżeli jednak chcemy mieć możliwość zdalnego dostępu przez Internet do tego termostatu, aby móc zmieniać jego ustawienia i pobierać pliki dziennika temperatur, powinniśmy rozważyć użycie Raspberry Pi.

Wybór między jednym a drugim zależy od wymagań projektu. Tak naprawdę wcale nie musimy dokonywać takiego wyboru. W rozdziale 5 pokażemy, jak używać Raspberry Pi do programowania Arduino i jak umożliwić komunikację między tymi platformami. Wiele projektów – zarówno tych tworzonych przez hobbystów, jak i zawodowych inżynierów – wymaga zarówno sterującego komputera, takiego jak Pi, jak i mikrokontrolera, takiego jak Arduino.

Podczas lektury tej książki lepiej zrozumiemy, jakie są mocne strony płytki Raspberry Pi oraz dlaczego może stać się dodatkowym przydatnym narzędziem w skrzynce majsterkowicza.

Ale chwilę... Jest coś jeszcze!

Tak wiele możemy zrobić z Raspberry Pi, że nie mogliśmy zmieścić wszystkiego w jednej książce. Oto kilka innych sposobów używania tego komputera:

Centrum multimedialne. Jako że Raspberry Pi dysponuje wyjściami HDMI (a także kompozytowym wyjściem wideo wbudowanym w złącze jack 3.5mm AV), można łatwo podłączyć do niego niemal każdy nowoczesny telewizor. Jak wspomniałem wcześniej, Pi jest również w stanie wyświetlać pełnoekranowe wideo w jakości HD (1080p), a nawet 4K. Zatem naturalne wydaje się, że ktoś może zechcieć wykorzystać te możliwości i przekształcić Pi w serwer multimedialny. Można na nim uruchomić usługę multimedialną Plex albo zainstalować systemy operacyjne na kierowane na odtwarzanie mediów, takie jak Open ELEC (*openelec.tv*) lub OSMC (*osmc.tv*). Systemy te pozwalają odtwarzać mnóstwo różnych formatów multimedialnych i są zaprojektowane z myślą o łatwym posługiwaniu się nimi na wielkim ekranie TV.

Programowanie sprzętowe. Większość osób piszących programy komputerowe tworzy kod działający w systemie operacyjnym, takim jak Windows, Mac OS lub Linux. Jednak możliwe jest również napisanie kodu, który działa bezpośrednio na procesorze, podobnie jak w przypadku mikrokontrolerów, albo w ramach systemu operacyjnego innego typu, a mianowicie *systemu operacyjnego czasu rzeczywistego*, takiego jak FreeRTOS. Wprawdzie

nie jest to zajęcie dla początkujących, jednak możliwe jest tworzenie i uruchamianie takich programów na Pi, a nawet napisanie własnego systemu operacyjnego. Wydział Computer Laboratory Uniwersytetu Cambridge opublikował darmowy kurs online (bit.ly/1BW2e3C), który przeprowadza przez proces pisania własnego systemu operacyjnego przy użyciu kodu assemblera, choć trzeba przyznać, że wykład ten jest już nieco przestarzały i nie uwzględnia najnowszych wersji Pi.

Gry retro. Jeśli ktoś jest entuzjastą gier retro, który tęsknie wspomina wspaniałe dni Super Mario Bros, Joust i innych, może wykorzystać RetroPie (retropie.org.uk) jako platformy do emulowania starych systemów gier, takich jak Nintendo, Game Boy, Atari i DOS. Można również wykorzystać dodatkowe rozszerzenia dla Pi (nazywane HAT), aby podłączyć stare joysticki lub kontrolery.

Linux i Raspberry Pi

Typowy komputer działa pod kontrolą systemu operacyjnego, takiego jak Windows, OS X lub Linux. Jest to program, który uruchamia się, gdy włączamy komputer, i zapewnia aplikacjom dostęp do funkcji sprzętowych komputera. Możemy myśleć o systemie operacyjnym jako o „buforze” pomiędzy użytkownikiem (programistą) a fizycznym sprzętem – nie potrzebujemy znać szczegółów protokołu TCP/IP ani układu obsługującego sieć Ethernet, aby napisać i używać aplikację korzystającą z Internetu.

Raspberry Pi także potrzebuje systemu operacyjnego i standardowym systemem operacyjnym jest odmiana Linuksa o nazwie Raspberry Pi OS. Jest to dystrybucja Linuksa oparta na Debianie, a jeśli ktoś kiedykolwiek używał już Debiana lub Ubuntu, Pi OS będzie wyglądać znajomo. Linux wspaniale pasuje do Raspberry Pi, ponieważ jest darmowy, łatwy w użyciu, a ponadto łatwo można go modyfikować dzięki dostępności źródeł.

Ponadto nie jesteśmy ograniczeni tylko do Pi OS. Istnieje wiele innych dystrybucji systemu Linux, takich jak Ubuntu, które możemy załadować do komputera Raspberry Pi. Jest nawet dostępnych kilka systemów operacyjnych innych niż Linux, takich jak Windows 10 Core, a nawet Android. W rozdziale 3 zawarliśmy krótki przegląd dostępnych systemów

i ich wariantów. W tej książce będziemy używać standardowej dystrybucji Raspberry Pi OS, która jest dostępna ze strony fundacji Raspberry Pi (www.raspberrypi.org/software). To dobre miejsce, aby rozpocząć. Brak znajomości Linuksa nie jest przeszkodą, ponieważ w rozdziale 2 przedstawimy podstawy potrzebne do korzystania z tego zadziwiająco łatwego w użyciu systemu.

Co inni z tym zrobili

Gdy ktoś dostanie Pi na przykład w prezencie i zastanawia się, co można z tym zrobić, powinien odrzucić obawy. Istnieje tak wiele projektów zrealizowanych przy użyciu Pi, że zwyczajnie głupie byłoby proponowanie jedynie kilku z nich. Poważnie – jeśli ktoś ma jakiś pomysł na zrobienie czegoś niezwykłego za pomocą Pi, istnieją spore szanse, że ktoś inny już to zrobił, niezależnie od tego, czy jest to stacja meteo, marsjański łazik, gra zręcznościowa, czy nawet superkomputer (tak, to też już powstało: www.southampton.ac.uk/~sjc/raspberrypi/). Jednak to nie powinno nas powstrzymywać. Zamiast tego powinniśmy się cieszyć, że społeczność skupiona wokół Pi jest tak silna i bogata w najrozmaitsze pomysły!

Konwencje zastosowane w tej książce

W tej książce użyliśmy następujących konwencji typograficznych:

Kursywa. Wskazuje nowe terminy, adresy URL i e-mail oraz nazwy i rozszerzenia plików.

Czcionka stałopozycyjna. Jest używana do listingów programów, a także wewnątrz akapitów, aby odwołać się do elementów programu, takich jak nazwy zmiennych lub funkcji, bazy danych, typy danych, zmienne środowiskowe, instrukcje i słowa kluczowe.

Stała szerokość i pogrubienie. Pokazuje polecenia lub inny tekst, który powinien być wpisany przez użytkownika dokładnie tak.

Stała szerokość i kursywa. Pokazuje tekst, który powinien być zastąpiony przez wartości podane przez użytkownika lub wynikające z kontekstu.



Ta ikona oznacza wskazówkę lub sugestię.



Ta ikona oznacza ogólną uwagę.



Ta ikona oznacza ostrzeżenie lub przestrożę.

Podziękowania

Chcemy podziękować paru osobom, które podzieliły się swoją wiedzą, wsparciem i opiniami podczas tworzenia książki *Wprowadzenie do Raspberry Pi*:

Po pierwsze i przede wszystkim, oryginalnym autorom – Mattowi Richardsonowi i Shawnowi Wallace. Ich oryginalna książka była (i nadal jest) wspaniałym wprowadzeniem do tego małego komputera i czuję się zaszczycony, że mogę dodać do niej swoje myśli i pracę.

No i oczywiście muszę podziękować Patrickowi Di Justo i pozostałym członkom zespołu Make: zespołu, który pomyślał o mnie, gdy nadszedł czas na kolejną aktualizację tej książki.

—Wolfram Donat

Lista zakupów

Poniższa lista prezentuje główne komponenty używane w tej książce:

- Raspberry Pi (oczywiste)
- Raspberry Pi Pico
- karta microSD (co najmniej 8GB)
- Zasilacz (co najmniej 3A, zalecany silniejszy)
- kable HDMI
- kabel HDMI-micro
- adapter HDMI
- mysz
- klawiatura
- kamera internetowa i/lub moduł kamery Pi
- zasilany hub USB, 2.0 lub 3.0
- obudowa Pi
- Arduino (nie ma znaczenia, który model)
- płytki montażowe bez lutowania
- duży wybór łączówek montażowych (M/M, M/F i F/F)
- rozmaite diody LED
- przełącznik przyciskowy

- rozmaite oporniki
- Power Switch Tail
- płytki IIADS1115 albo ADS1015
- potencjometr
- opornik wrażliwy na nacisk
- fotokomórka (fotorezystor)

1 Uruchamianie

PARĘ SŁÓW POWTARZA SIĘ W KÓŁKO, GDY LUDZIE MÓWIĄ O RASPBERRY Pi: mały, tani, programowalny, edukacyjny. Jednak byłoby błędem określenie tego komputera jako *plug and play*, chociaż jest dość łatwo podłączyć go do telewizora i sprawić, że coś pojawi się na ekranie. Nie jest to urządzenie dla konsumentów. Zależnie od celu wykorzystania Raspberry Pi przed jego uruchomieniem musimy podjąć parę decyzji dotyczących urządzeń peryferyjnych i oprogramowania.

Oczywiście pierwszym krokiem jest zakup Raspberry Pi. Istnieją spore szanse, że Czytelnik już go ma, ale jeśli jeszcze nie, Raspberry Pi można nabyć od wielu dostawców online, w tym Maker Shed (makershed.com), Sparkfun (sparkfun.com), Adafruit (adafruit.com), Element14 (www.element14.com/community/welcome), RS Components (www.rs-online.com), DigiKey (digikey.com), a nawet poprzez (oczywiście) Amazon.

Niska cena Raspberry Pi jest oczywiście ważna. Pozwolenie wszystkim na zakupy bezpośrednio od dystrybutora i zamawianie małych ilości po cenie hurtowej było czymś niezwykłym. Wielu potencjalnych odsprzedawców było wprowadzonych w zakłopotanie pierwotnym ogłoszeniem ceny. Było im trudno zrozumieć, jak mogli zyskać jakikolwiek dochód. Dlatego odsprzedawcy dodają drobną marżę do ceny. Niektórzy z tych resellerów, jak Adafruit i Sparkfun, oferują bogaty zestaw akcesoriów współpracujących z Pi, w tym różne rozszerzenia HAT (płytki rozszerzeniowe, które natychmiast włączają pewne funkcjonalności), ekrany LCD i dotykowe oraz rozmaite obudowy. Choć ci resellerzy nieco zwiększają bazową cenę, często (moim zdaniem) warto zapłacić nieco więcej i mieć dostęp do dodatków, które udostępniają typowym hobbystom.

Tyle o mikroekonomii. Przyjrzyjmy się bliżej płytce Raspberry Pi.

Przewodnik po płytkach

Istnieje dość dużo różnych wersji płytki Raspberry Pi. Pierwsza wersja to Raspberry Pi 1 model B, a zaraz po niej powstał prostszy i tańszy model A. W roku 2014 Fundacja Raspberry Pi ogłosiła znaczną modyfikację (i udoskonalenie) projektu płytki: Raspberry Pi 1 model B+. Model B+ ustanowił format „głównej linii” płytek Raspberry Pi, który będzie obowiązywał w przewidywalnej przyszłości. Od tamtej pory Fundacja utworzyła także urządzenie do zagnieżdżania Pi w produktach, które zostało nazwane Compute Module. W roku 2015 został wydany także okrojony model za 5 dolarów o nazwie Raspberry Pi Zero, a zaraz po nim wersja bezprzewodowa o nazwie Raspberry Pi Zero W. Wreszcie w lutym 2016 roku pojawiło się wydanie Raspberry Pi 3 model B. W chwili pisania tych słów najnowsza wersja płytki to Raspberry Pi 4B, która stanowi wielki postęp, jeśli chodzi o możliwości Pi. Dostępne są trzy różne modele „czwórki”, różniące się wielkością zainstalowanej pamięci RAM: model 2 GB kosztuje 35 dolarów (czyli tyle samo, co oryginalne Pi), model 4 GB kosztuje 55 dolarów, zaś za model 8 GB – najnowszy – trzeba zapłacić 75 dolarów. Wprawdzie to wydaje się dość wysoką ceną za Pi, jednak gdy uwzględnimy fakt, że jest to dostatecznie silny komputer, aby zastąpić typowy komputer biurowy, 75 dolarów to pół darmo.



Przez lata powstało kilka różnych wersji głównej linii Raspberry Pi, czyli modelu za 35 dolarów z czterema portami USB, używanego przez większość osób. Te wersje nazywały się Raspberry Pi 1 model B+, Raspberry Pi 2 model B i Raspberry Pi 3 model B. W kolejnych modelach zwiększano wydajność procesora. W Raspberry Pi 2 dodano więcej pamięci RAM, w Raspberry Pi 3 dodano wbudowaną obsługę sieci WiFi i Bluetooth, zaś Pi 4 zawiera jeszcze więcej pamięci i większe możliwości wyświetlania, a także USB 3.0.

Podczas realizowania przykładów z tej książki można korzystać z dowolnej płytki z głównej linii Raspberry Pi.

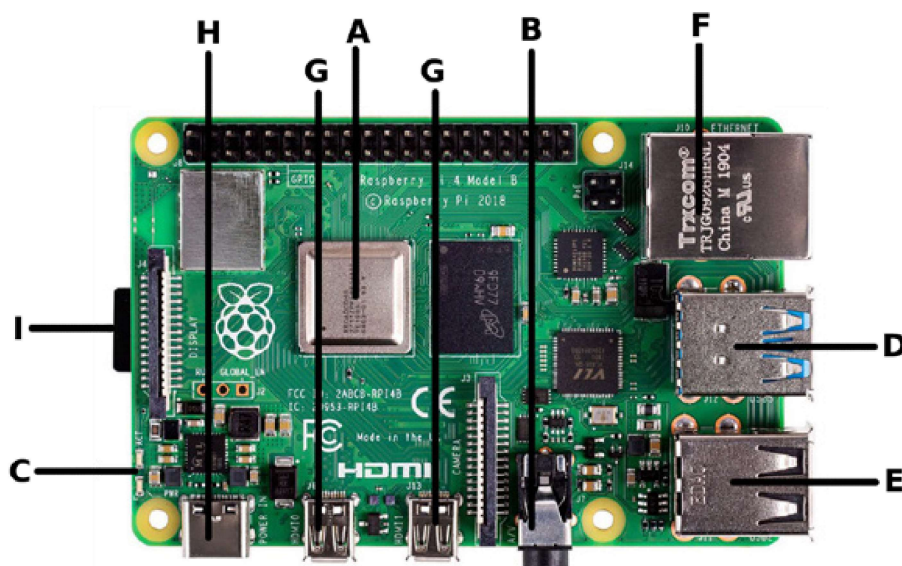
Kilka różnych typów Raspberry Pi zostało przedstawionych na rysunku 1-1.



Rysunek 1-1. Raspberry Pi 2, 3 oraz 4 (Model B), od lewej u góry

Zacznijmy od krótkiego opisu tego, co widzimy po rozpakowaniu. Często można ulec pokusie, aby uznać Raspberry Pi za płytkę projektową z mikrokontrolerem, podobną do Arduino, lub za komputer zastępujący laptop. W rzeczywistości bardziej przypomina wyeksponowane wnętrza telefonu komórkowego z wieloma przydatnymi dla majsterkowiczów złączami wielostykowymi dla różnych portów i funkcji. Na rysunku 1-2 widać wszystkie części płytki. Ich opis jest przedstawiony poniżej.

A. Procesor. W sercu komputera Raspberry Pi jest taki sam procesor, jaki możemy znaleźć w smartfonie. W przypadku Raspberry Pi 4 jest to 64-bitowy, czterordzeniowy układ o taktowaniu 1,5 GHz, zbudowanym w architekturze ARM A72. Układy scalone ARM mają różnorodne architektury z różnymi rdzeniami skonfigurowanymi do zapewniania różnych możliwości za różną cenę. Raspberry Pi 1 ma 512 MB pamięci RAM, a modele 2 i 3 miały po 1 GB. Pi 4, jak wspomniałem wcześniej, występuje w odmianach wyposażonych w 2, 4 lub 8 GB pamięci RAM.



Rysunek 1-2. Mapa Raspberry Pi

- B. Kompozytowe analogowe wyjście wideo i audio.** Analogowe wyjścia audio oraz wideo są dostępne w postaci standardowego 4-polowego złącza 3,5 mm. Potrzebny kabel można nabyć u wielu spośród dostawców wymienionych na stronie 1. Z jednej strony łączącego kabla znajduje się czteropolowe złącze mini jack (wygląda jak słuchawkowe złącze jack), a z drugiej – trzy wtyczki RCA, przenoszące sygnał audio stereo (czerwona i biała) oraz wideo NTSC lub PAL (żółta).
- C. Diody stanu.** Pi ma dwa wskaźniki LED, które zapewniają wizualne informacje zwrotne (patrz tabela 1-1). Dodatkowo na złączu Ethernet znajdują się wskaźniki LED aktywności sieciowej.

Tabela 1-1. Diody stanu

ACT	Zielona	Świeci w przypadku dostępu do karty SD (oznaczona jako OK na wcześniejszych płytach)
PWR	Czerwona	Powiązana z zasilaniem 3,3 V



Poczynając od Raspberry Pi 3, diody statusu są umieszczone obok portu zasilania MicroUSB, co widać na rysunku 1-2. We wcześniejszych wersjach znajdowały się obok pinów GPIO.

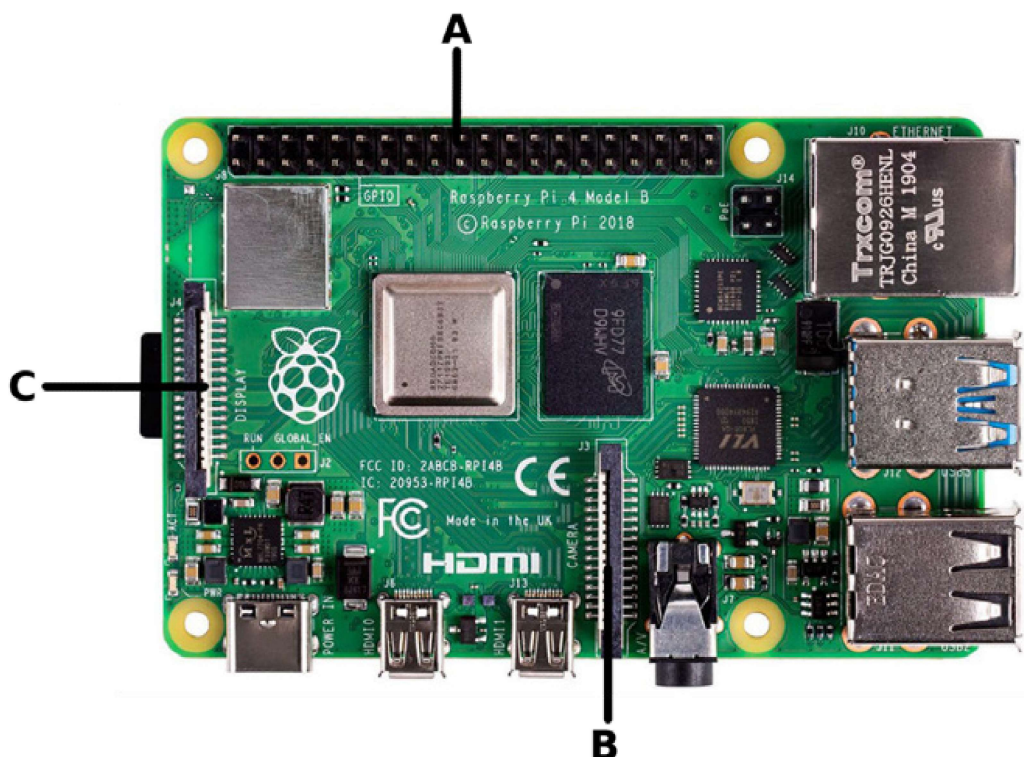
- D. Zewnętrzne porty USB 3.0.** Nowością w Pi 4 są dwa porty USB 3.0, odróżniające się niebieskim kolorem (jeśli kogoś to interesuje, kolor

ten nosi nazwę Pantone 300C). USB 3.0 nie tylko jest w stanie dostarczyć większą moc elektryczną zewnętrznym urządzeniom peryferyjnym (oczywiście pod warunkiem, że mamy dostatecznie mocne zasilanie samego Pi), ale zapewnia również dziesięciokrotnie szybszy transfer danych, niż USB 2.0.

- E. Zewnętrzne porty USB 2.0.** We wszystkich wersjach Raspberry Pi występują co najmniej dwa porty USB 2.0 służące do podłączania urządzeń peryferyjnych, takich jak klawiatury, myszy, napędy pendrive i drukarki. Chociaż wiele urządzeń USB może być zasilanych z tych portów, warto rozważyć użycie zewnętrznego zasilanego koncentratora, jeśli mamy urządzenia peryferyjne wymagające więcej energii, np. dyski twarde.
- E. Port Ethernet.** Jest to standardowy port RJ45 Ethernet działający z szybkością 1 gigabita danych na sekundę. Podłączamy go do routera w celu uzyskania łączności sieciowej. Zamiast niego można użyć WiFi – zamontowany na płycie dwukanałowy chip WiFi jest kompatybilny z pasmami b, g, n oraz ac standardu WiFi.
- F. Złącza micro HDMI.** Każdy z dwóch portów micro HDMI zapewnia obsługę wideo w jakości 4K z prędkością 60fps (ramek na sekundę). Jakość wideo może się zmieniać w zależności od obciążenia Pi. Samo to, że GPU jest w stanie obsłużyć takie wyjście, nie oznacza, że zawsze będzie to dobrze wyglądać.
- G. Wejście zasilania.** Jedną z pierwszych rzeczy, które zauważamy, jest to, że płytka Pi nie ma włącznika zasilania. Do zasilania służy złącze USB-C (nie jest to dodatkowy port USB; służy jedynie do zasilania). Złącze USB-C zostało wybrane, ponieważ jest tanie i można łatwo znaleźć odpowiednie do niego zasilacze USB. Fundacja Pi zdecydowanie zaleca użycie zasilacza, który jest w stanie dostarczyć prąd 3A (15W), szczególnie w przypadku, gdy planujemy zasilanie również urządzeń zewnętrznych.
- H. Gniazdo karty micro SD.** Pi nie ma dysku twardego. Wszystko, od systemu operacyjnego, poprzez programy, aż po dane jest przechowywane na karcie micro SD. Wersje Raspberry Pi 1 i 2 są wyposażone w złącza zatrzaskowe, więc naciskamy, aby włożyć kartę micro SD,

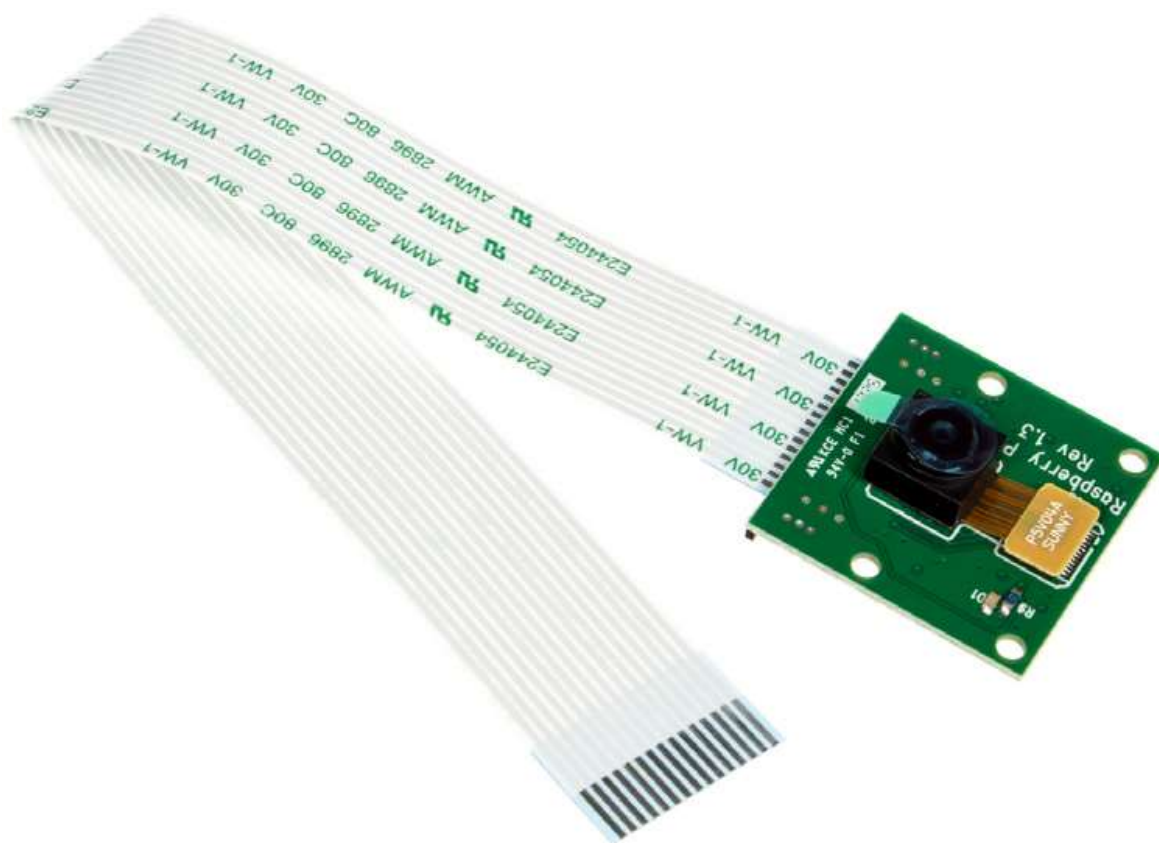
i naciskamy ponownie, aby ją wyjąć. W wersji Raspberry Pi 3 zrezygnowano z elementu zatraskowego na rzecz złącza zaciskowego. W tym modelu naciskamy, aby włożyć kartę micro SD, i ciągniemy, aby ją wyjąć. Oczywiście należy to robić tylko przy wyłączonym zasilaniu płytki Raspberry Pi.

Rysunek 1-3 pokazuje wszystkie piny zasilania i wejścia/wyjścia (IO) na Raspberry Pi, które są objaśnione w dalszej części rozdziału.



Rysunek 1-3. Piny i złącza wielostykowe na Raspberry Pi

- A. **GPIO (General Purpose Input and Output) oraz inne piny.** Aktualne modele Raspberry Pi mają złącze GPIO z 2×20 pinami. W rozdziale 6 i 7 pokażemy, jak używać tych pinów do czytania przycisków i przełączników oraz sterowania urządzeniami wykonawczymi, takimi jak diody, przekaźniki i silniki.
- B. **Złącze CSI (Camera Serial Interface).** Ten port pozwala na bezpośrednie podłączenie modułu kamery do płytki.
- C. **Złącze DSI (Display Serial Interface).** Do tego złącza możemy podłączyć płaski kabel taśmowy o 15 pinach, który może służyć do komunikacji z oficjalnym wyświetlaczem dotykowym Raspberry Pi.



Rysunek 1-4. Moduł kamery Raspberry Pi łączy się bezpośrednio ze złączem CSI. Rozdział 9 zawiera pełen opis korzystania z kamer i płytki Pi.

Właściwe urządzenia peryferyjne

Teraz, kiedy znamy położenie wszystkich elementów na płytce, potrzebujemy dowiedzieć się paru spraw na temat właściwych urządzeń peryferyjnych, których można używać z komputerem Pi. Jest parę gotowych zestawów startowych, które zawierają dobrze dopasowane listy części. Dobór części do Raspberry Pi może sprawiać problemy. Obszerna lista obsługiwanych urządzeń peryferyjnych jest umieszczona na głównej stronie Wiki (http://elinux.org/RPi_VerifiedPeripherals).

Zasilacz. Jest to najważniejsze urządzenie peryferyjne do zdobycia. W przypadku Raspberry Pi 4 trzeba używać adaptera USB-C, który może dostarczyć prąd o napięciu 5V i natężeniu przynajmniej 3 A. Przy używaniu Pi 3/B+ potrzebujemy zasilacza zapewniającego natężenie 1,5 A. Starszym modelom powinien wystarczyć 1 A. Większość ładowarek do telefonów komórkowych nie zapewni wystarczającego

natężenia, nawet jeżeli ma odpowiednie złącze. Komputer Pi zasilany zbyt niskim prądem może sprawiać wrażenie, że działa, ale dziwnie funkcjonować, a nawet nieoczekiwanie ulec awarii. Nowsze wersje Pi będą również wyświetlać na pulpicie komunikat błędu „Under voltage detected!” (wykryto niewystarczające zasilanie). W razie wątpliwości lepiej użyć oficjalnego zasilacza Raspberry Pi, dostępnego w większości miejsc, w których sprzedawane są same Pi.



Istnieją także rozwiązania bateryjne pozwalające używać Raspberry Pi w ruchu. Muszą mieć te same parametry natężenia i napięcia prądu.

W nowszych wersjach Pi możliwe jest zasilanie z koncentratora USB wyposażonego we własny zasilacz sieciowy. Nie ma jednak wystarczającego zabezpieczenia obwodów elektrycznych, więc zasilanie przez porty USB nie jest najlepszym pomysłem. Szczególnie jest to istotne podczas prototypowania urządzeń elektronicznych, kiedy może przypadkowo nastąpić spięcie, które spowoduje zwiększony pobór prądu.

Karta microSD. Potrzebujemy karty Class 10 o pojemności przynajmniej 8 GB, aby osiągnąć najlepszą wydajność odczytów i zapisów. Istnieją systemy operacyjne mieszczące się na kartach mniejszych niż 8 GB, ale standardowa instalacja systemu Raspberry Pi OS wymaga karty microSD o pojemności przynajmniej 8 GB.

Klawiatura i mysz USB. Przydają się do sterowania komputerem. Te urządzenia peryferyjne są dość pospolite, więc nie trzeba używać nic wymyślnego.

Kabel HDMI. Jeżeli podłączamy monitor, potrzebujemy tego kabla albo odpowiedniego adaptera do monitora DVI. W przypadku Pi 4 potrzebny będzie kabel HDMI/HDMI micro albo odpowiedni adapter. Możemy także uruchomić Pi bez konsoli, zgodnie z dalszym opisem w tym rozdziale. Kable HDMI mogą się znacznie różnić ceną. Jeżeli kabel HDMI do monitora ma długość metra lub dwóch, nie ma potrzeby wydawania na niego więcej niż 3 dolarów. W przypadku większych odległości albo wyświetlania wideo w jakości 4K należy koniecznie poszukać wyższej jakości kabli i unikać tanich zamienników.

Kabel Ethernet. W domu możemy nie mieć tylu kablowych gniazdek Ethernet, co pięć lat temu. Ponieważ wszystko jest obecnie bezprzewodowe, możemy uważać, że port przewodowy jest odrobinę kłopotliwy. Podrozdział „Łączenie się z siecią” prezentuje inne możliwości, niż podłączanie kabla sieciowego bezpośrednio do gniazda w ścianie lub koncentratora.

Moduł WiFi USB. W przypadku używania którejś ze starszych wersji Pi warto dodać moduł WiFi w celu uzyskania bezprzewodowego dostępu do Internetu. Wiele modułów 802.11 Wi-Fi USB od razu działa z płytką Pi. Połączenie WiFi zużywa dużo energii, więc musimy zapewnić odpowiednie źródło zasilania. Zasilacz 2A lub zasilany koncentrator USB są dobrym wyborem. Jeśli występują problemy z modułem WiFi, przyczyną jest zazwyczaj zasilanie.

Możemy także rozważyć kilka z następujących dodatków:

Zasilany koncentrator USB. Jeśli chcemy dodać więcej niż cztery urządzenia USB do głównej linii Raspberry Pi, potrzebujemy koncentratora USB. Zalecany jest zasilany koncentrator USB 2.0 (albo 3.0 w przypadku korzystania z Pi 4).

Radiator. Radiator to mały metalowy element (zwykle z żebrami) o dużej powierzchni, która może wydajnie rozpraszać ciepło. Radiatory mogą być przyłączane do układów scalonych, które nagrzewają się nadmiernie. Chipset Pi został zaprojektowany do zastosowań w telefonach komórkowych, więc radiator zwykle nie jest potrzebny. Jednak, jak zobaczymy później, są przypadki, kiedy chcemy, aby komputer Pi pracował z większymi prędkościami lub wykonywał obliczenia przez dłuższy czas. Wtedy układ może stać się trochę gorący. Niektórzy zgłaszali, że także chip sieci może się nagrzewać.

Zegar czasu rzeczywistego. Warto dodać układ scalony zegara czasu rzeczywistego (np. DS1307), jeżeli chcemy prowadzić dziennik lub zachować pomiar czasu, gdy komputer jest wyłączony. Zegar jest również niezbędny, jeśli zamierzamy eksperymentować z uruchamianiem systemu operacyjnego czasu rzeczywistego.

Moduł kamery. Dedykowany moduł kamery Raspberry Pi w cenie 25 dolarów jest dostępny jako oficjalny sprzęt peryferyjny. Możemy też używać