



Ten temat w rubryce „Na warsztacie” to prawdziwy znak czasów. Tak właśnie może wyglądać nowoczesne majsterkowanie. Tak, czyli jak? Przeczytajcie tekst o komputerku Raspberry Pi i wszystko będzie jasne. I wcale nie trzeba być elektronikiem, by umiejętnie dobierać komponenty i przy pewnej wiedzy o budowie środowiska tworzyć własne projekty. Tego właśnie nauczy Cię ten artykuł.

# Raspberry Pi jak zacząć?

Bez obaw! To zrozumiałe dla nieelektroników

## Do czego to służy?

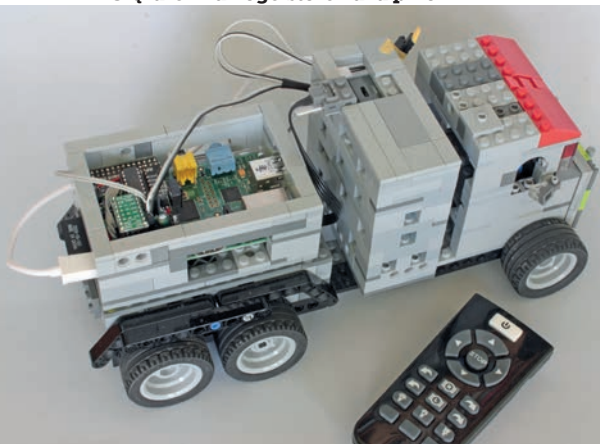
Raspberry Pi (RPi) to **minikomputer z możliwościami mikrokontrolera**. Podłączając do niego monitor, klawiaturę i myszkę, zmienimy go w stacjonarny komputer wyposażony w system Linuks. Umieszczone na płycie RPi złącza GPIO (ang. *General Purpose Input/Output*) można wykorzystać do podłączenia czujników (np. temperatury, odległości) czy sterowania silnikami. Za pomocą RPi zmienicie zwykły telewizor w urządzenie typu „smart” z dostępem do Internetu i obsługą zasobów sieciowych. W oparciu o RPi zbudujecie robota albo wzbogaciecie swój dom o inteligentne rozwiązania sterujące np. oświetleniem. Ilość zastosowań zależy tylko od Waszej inwencji!

## Czym jest?

Raspberry Pi ze względu na ograniczoną wydajność nie zastąpi komputera stacjonarnego. Ma jednak wystarczającą moc, żeby **odtworzyć domowe multimedia**. RPi nie jest tak mały i wyspecjalizowany jak klasyczne kontrolery. Za to napędza go Linuks, który daje bardzo duże możliwości tworzenia aplikacji (również graficznych). W porównaniu do komputerów jest tani, choć droższy od większości kontrolerów. Powiedziałbym, że w żadnej dziedzinie nie jest asem, ale w każdej ma coś ciekawego do zaoferowania.

Raspberry Pi zachęca do próbowania, eksperymentowania, łączenia różnych technik. Wpięcie do niego czujnika temperatury, którego odczyty pojawiają

### 1. Ciężarówka Lego sterowana przez RPi



2. Raspberry Pi

się w formie wykresu na serwerze WWW dostarczoną przez RPi, to żaden problem. Nawet jeżeli zbyt „namieszamy” w Linuksie, wystarczy od nowa nagrać obraz systemu na kartę SD (ang. *Secure Digital*) i zaczynamy zabawę od początku. Wszystko to sprawia, że RPi może być **pierwszym krokiem do przygody z mechatroniką**. To oryginalny sposób na **nauczenie Linuksa, programowania w C, Pythonie** i wprowadzenie w dziedzinę **elektroniki cyfrowej** – czyli swego rodzaju elementarz inżyniera-projektanta systemów.

## Raspberry Pi a konkurencja

Raspberry Pi to unikalna kombinacja możliwości do ceny. Na rynku istnieją inne konstrukcje, zarówno tańsze, jak i znacznie droższe, oferujące różne opcje i przeznaczone do różnych zastosowań. Wspomnę tu chociażby BeagleBone Black czy serię Arduino. Tym jednak, co czyni RPi tak wyjątkowym, jest **wsparcie społeczności**. RPi to bowiem dzieło fundacji non-profit, której celem jest popularyzacja Linuksa i elektroniki. W efekcie powstało tanie i łatwo dostępne urządzenie o sporych możliwościach. Natychmiast skupiło wokół siebie setki tysięcy pasjonatów na całym świecie. Chętnie dzielą się oni wiedzą, doświadczeniem i kodem udostępnianym najczęściej w ramach otwartych licencji.

## RPi jako komputer stacjonarny

Raspberry Pi można używać na wiele sposobów. Zaczynamy od przypadku, gdy RPi działa jako **komputer stacjonarny**. Potrzebujemy do tego: płytki Raspberry Pi, zasilacza, klawiatury, myszy, karty SD (ang. *Secure Digital*), obudowy i monitora. Możliwość komputerka będą większe, jeżeli RPi podłączymy do sieci domowej lub Internetu. Na rynku znajdziemy wiele dodatkowych akcesoriów, ja skoncentruję się na konfiguracji podstawowej. Nadmienię jedynie, że RPi można wyposażać w większość dostępnych urządzeń USB (jak karta WiFi czy Bluetooth) oraz całkiem spory wybór akcesoriów specyficznych dla tego minikomputera (np. kamera na podczerwień). Zanim cokolwiek kupimy, warto jednak **przejrzeć zawartość szuflad**. Do RPi pasują np. ładowarki z większości telefonów komórkowych (pod warunkiem ich odpowiedniej mocy, o czym napiszę dalej). Monitor możemy dzielić z domowym komputerem (lub użyć telewizora). Podobnie jest z klawiaturą i myszą na USB. Niektóre urządzenia mogą wymagać dodatkowej konfiguracji w oprogramowaniu RPi (jak np. uruchomienie analogowego wyjścia audio).

Na rynku spotkamy dwie wersje Raspberry Pi: A i B (rewizja 2). **Wersja A** ma mniej pamięci (256 MB zamiast 512) i jedno gniazdo USB zamiast dwóch w **wersji B**. Nie przewidziano w niej też gniazda Ethernet – nie można jej więc bezpośrednio podłączyć do Internetu czy sieci domowej (Ethernetu). Obchodzimy jednak to ograniczenie, używając karty WiFi podłączonej do portu USB. Wersje A i B nie różnią się pod względem procesora głównego (CPU) czy graficznego (GPU). Obydwie z powodzeniem wyświetlą film w jakości HD poprzez złącze HDMI. Ze względu na port Ethernet **zdecydowanie polecam jednak zakup wersji B**. Jej obecny koszt to ok. 160 zł.

W porównaniu do A, wersja B odznacza się większym „apetytem” na prąd. Wymaga **zasilacza** o natężeniu co najmniej 700 mA. Dodatkowe akcesoria zwiększą to zapotrzebowanie. Najlepiej więc zakupić zasilacz 1,5 A, 5 V, z wyjściem typu micro USB. Oznacza to dodatkowy koszt od ok. 15 zł.

Potrzebujemy jeszcze **klawiatury** oraz **myszki na USB**; ceny za komplet zaczynają się od 30 zł.

RPi nie ma wbudowanej żadnej pamięci nieulotnej – typu flash czy twardego dysku. System operacyjny i system plików umieszczone są na karcie typu SD. **Karta SD jest więc konieczna**, bez niej RPi w ogóle nie wystartuje. Czytnik karty znajduje się pod płytką. Jeżeli macie miniSD czy microSD potrzebny będzie odpowiedni adapter. Rynek oferuje karty wielu producentów o różnych klasach prędkości (najszybsze to klasa 10). Problem z RPi polega jednak na tym, że **nie wszystkie będą gwarantowały stabilne działanie**. Możliwości są dwie: zakup karty sygnowanej logo Raspberry lub innej, której kompatybilność potwierdzono w rejestrze kart na stronie [www.elinux.org/RPi\\_SD\\_cards](http://www.elinux.org/RPi_SD_cards). Karty sygnowane

zostały uprzednio sprawdzone pod względem zgodności z RPi i dostarcza się je z nagrany instalatorem systemu. Są praktycznie gotowe do użycia. W innym przypadku należy zaopatrzyć kartę w taki obraz – co samo w sobie nie jest operacją specjalnie skomplikowaną.

Kolejnym elementem pakietu podstawowego jest **obudowa**. Kupując RPi, dostajemy płytkę w foliowym woreczku, więc zadbanie o odpowiednią obudowę jest konieczne ze względów praktycznych, a także bezpieczeństwa. Zapłacimy za nią co najmniej 25 zł, ale można ją również zrobić samemu – np. z dostępnych w Internecie szablonów lub nawet z klocków Lego.

Najdroższym elementem na naszej liście zakupów jest **monitor**. W zasadzie można się bez niego obejść (poprzez zdalny dostęp, patrz poniżej). Dobrze jednak zapewnić go sobie ze względu na sytuacje awaryjne (niestety się zdarzają). RPi ma **dwa rodzaje wyjść wideo**: cyfrowe HDMI i analogowe. Wejście HDMI (audio+video) znajdziemy w większości współczesnych monitorów i w prawie każdym telewizorze. Do połączenia służy specjalny kabel, który można nabyć w dowolnym markecie w cenie od ok. 10 zł. I tu mała uwaga: HDMI jest połączeniem cyfrowym. Połączanie styków ma w najlepszym razie marginalny wpływ na jakość sygnału. Dobierajcie raczej kabel o **odpowiedniej długości niż niesamowitych właściwościach**.

Analogowe wyjście wideo kompozytowe typu „cinch” (RCA) służy do podłączania starszych telewizorów. Żółte wyjście zapewnia obraz. Dźwięk można wprowadzić z niebieskiej wtyczki stereo typu „jack” z użyciem przejściówki na dwa „cinche” (najczęściej biała lub czarna dla lewego i czerwona dla prawego kanału). Przejściówki i kable kosztują po kilka zł.

## RPi i sieć

Kolejnym niezwykle pożądanym krokiem jest podłączenie RPi do sieci domowej i Internetu. Pozwala to nie tylko na zdalną pracę, ale np. na ściąganie dodatkowych bibliotek, uzupełnianie systemu o poprawki czy łatwy dostęp do plików. Większość użytkowników dostaje się do Internetu za pomocą **domowego routera podłączonego do np. linii telefonicznej** (np. technologia ADSL). Takie routery najczęściej mają zestaw gniazd pozwalających na podłączenie kilku dodatkowych komputerów. Właśnie tam należy wpiąć nasz RPi za pomocą kabla RJ45 (ang. *patch cord*). RPi stanie się wtedy jednym z komputerów w naszej domowej sieci. Upewnijcie się wcześniej, czy ustawienia routera nie zablokują ruchu z/do RPi (np. wewnętrzny firewall, filtracja adresów MAC). Sprawdźcie również, czy umowa z Waszym operatorem nie ogranicza liczby podłączanych urządzeń w ramach jednego abonamentu.

## Dostęp zdalny

Mając RPi podłączone do sieci domowej, możemy pracować na nim zdalnie. Polega to na tym, że np. **nasz laptop łączy się do RPi za pomocą**

**Tabela 1. Czego potrzeba, by rozpocząć pracę z RPi?**

| Element                           | Orientacyjna cena minimalna [zł] | Wymagane do pracy stacjonarnej       | Wymagane do pracy zdalnej         | Uwagi  |
|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--|
| Raspberry Pi B                    | 160                              | tak                                  | tak                               |  |
| Zasilacz 5 V 1,5 A, microUSB      | 15                               | tak                                  | tak                               | Mogą pasować niektóre zasilacze do telefonów komórkowych |
| Karta SD, 8 GB, klasa 10          | 20                               | tak                                  | tak                               | Dowolna zgodna z RPi; sygnowane – ok. 30 zł              |
| Klawiatura, mysz USB              | 30                               | tak                                  | nie                               | Może być dzielona z domowym PC                           |
| Kabel HDMI lub RCA cinch          | 10                               | tak                                  | nie                               | Zależnie od monitora/telewizora                          |
| Obudowa RPi                       | 25                               | zalecane                             | zalecane                          | Można zrobić samemu, nawet z Lego                        |
| Pathcord RJ45                     | 5                                | nie                                  | tak                               | Do podłączenia do routera                                |
| Monitor z HDMI                    | 450                              | tak                                  | nie                               | Można zastąpić przez domowy telewizor                    |
| Suma                              |                                  | 260 bez monitora;<br>710 z monitorem | 225                               |  |
| Dostęp do Internetu/sieci domowej |                                  | Zalecany                             | Konieczny dostęp do sieci domowej |  |

**odpowiedniego protokołu sieciowego** (np. SSH). Użytkownik, siedząc przed własnym komputerem, pracuje na RPi. Komputer użytkownika staje się wtedy jedynie terminalem przekazującym polecenia do RPi i wyświetlającym ich rezultaty. W rzeczywistości właśnie z **tego trybu korzysta się najczęściej**. Nie wymaga on podłączenia do RPi ani myszki, ani nawet klawiatury. Nie potrzebujemy monitora. Należy tylko skonfigurować domową sieć. Wspomniany wyżej router stanowi jej centralną część i zazwyczaj decyduje np. o adresie IP. Każde urządzenie w sieci domowej musi mieć unikalny adres IP – tak, aby można było je jednoznacznie zidentyfikować. Dzięki temu router odpowiednio kieruje ruchem między urządzeniami i do Internetu. Warunkiem sprawnej zdalnej pracy jest to, żeby nasz RPi **dostawał taki sam adres IP** przy każdym restarcie. Można to osiągnąć np. poprzez dodanie wyjątku do serwera DHCP dostarczanego przez Wasz router. Niestety, w prawie każdym typie routera ustawia się to inaczej – odsyłam więc do odpowiedniej instrukcji obsługi.

Oczywiście tryb zdalny wcale nie musi oznaczać, że nie będziecie widzieli żadnej grafiki. Przesyłanie grafiki z użyciem np. Xming można bez większych problemów skonfigurować na komputerze i cieszyć się linuksowymi okienkami na ekranie laptopa z Windowsem.

## Podsumowanie listy zakupów

Podsumujemy koszty związane z używaniem RPi. **Tabela 1** zawiera minimalne ceny ze znanych mi

sklepów elektronicznych i marketów (tylko za nowe części, bez kosztów przesyłki).

## A gdybym chciał sterować diodami?

Dotychczasowy kosztorys obejmował głównie część „komputerową”. RPi stworzono jednak z myślą o **łączeniu z zewnętrzną elektroniką**, np. czujnikami, silnikami. Na rynku dostępna jest bardzo duża ilość zarówno pojedynczych elementów, jak i kompletnych modułów. Ich ceny są zróżnicowane – od kilkudziesięciu groszy po setki zł. Jeżeli przewidujemy zabawę elektroniką, warto zaopatrzyć się w **taśmę 26 pin** (2×13) oraz **płytkę stykową** (ang. *breadboard*).

**Taśma** pozwoli na wyprowadzenie złącza GPIO poza kontroler. Łączenie kabli bezpośrednio do szpilek GPIO na RPi – zwłaszcza umieszczonego w obudowie – jest i niewygodne, i ryzykowne (można uszkodzić szpilekę lub zwrzeć nie to, co trzeba). Odpowiednią taśmę dość trudno jednak dostać. Najłatwiej więc zrobić ją samemu, kupując dwa wtyki IDC żeńskie 26 pin (dwa rzędy po 13 pinów) i pół metra taśmy 26-żyłowej. Roboty będzie na pięć minut, a koszt okaże się nie większy niż 2 zł (samoczeki są do znalezienia w Internecie).

**Płytkę stykową** służy do łatwego tworzenia prototypów. Nie trzeba nic lutować, elementy łączą się za pomocą przewodów wtykanych w odpowiednie dziurki. Przykładowo, proponuję zakup płytki stykowej z 400 polami i przewodów połączeniowych

męsko-męskich (łączenie na płytce) oraz męsko-żeńskich (łączenie z płytki do taśmy) – przynajmniej po 20 sztuk, najlepiej różnokolorowych. Koszt płytki stykowej i kabli wynosi ok. 25 zł.

Alternatywnie zamiast taśmy i przewodów męsko-żeńskich można zakupić **gotowy adapter do GPIO**. Kosztuje ok. 36 zł. Wygląda profesjonalnie, ale zabiera sporo miejsca na płytce stykowej.

Do pierwszych eksperymentów elektronicznych proponuję zaopatrzyć się w podstawowe elementy, jak **diody LED** (świecące) czy **wyłączniki** (ang. *tact switch*) z zestawem konicznych rezystorów. Później możecie pomyśleć o (podanych w kolejności skomplikowania) następujących elementach:

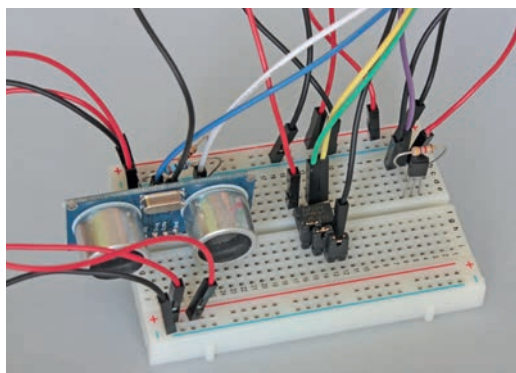
- **pamięć EEPROM**, np. 24xx512: do podłączenia wystarczą dwa rezystory 4,7 k $\Omega$  i kilka przewodów; nauka protokołu I<sup>2</sup>C; koszt części w granicach 5 zł;
- **czujnik temperatury DS18B20**: do podłączenia wymaga jednego rezystora 4,7 k $\Omega$ , pozwala opanować protokół 1-Wire, wymaga trochę więcej oprogramowania; koszt części w granicach 5 zł;
- **miernik odległości HC-SR04**: wymaga zasilania 5 V i dzielnika napięcia na wyjściu (5 V do 3,3 V); koszt w granicach 15 zł;
- **wyświetlacz LCD**, np. pozyskany ze starej Nokii 3310/5510 lub podobnych; nauka interfejsu SPI wymaga trochę więcej kodu i zdolności elektronicznych, ale efekt bywa bardzo ciekawy;
- **silnik** sterowany przez odpowiedni moduł prądowy, np. DRV8833 (ok. 25 zł); silnik można pozyskać np. z zestawu Lego; warto tu rozpatrzyć użycie ekspandera portów podłączonego na I<sup>2</sup>C, np. PCF8574.

Oczywiście jeżeli zechcemy przenieść nasz projekt z płytki stykowej na docelowy układ, trzeba będzie **rozszerzyć warsztat** o lutownicę, miernik elektroniczny, płytki do elementów przewlekanych itp.

W przypadku budowy np. robotów warto zastanowić się nad zasilaniem i sterowaniem niezależnym od gniazdek w ścianie. Dla przykładu, jako źródło zasilania można użyć zewnętrznych baterii do „ratunkowego” ładowania telefonu. Sprzedawane są modele dające nawet 2 A i obsługujące do dwóch urządzeń jednocześnie (np. RPi i silniki robota; koszt ok. 80 zł). Do bezprzewodowego sterowania nadaje się połączenie przez Wi-Fi lub Bluetooth na USB. Można także zbudować układ z użyciem odbiornika podczerwieni i sterować naszym urządzeniem za pomocą pilota (przykładowe odbiorniki: TSOP1238, TSOP32338).

## Oprogramowanie

Jak zapewne zauważyliście, w powyższych zestawieniach nie ma słowa o cenach oprogramowania. W przypadku komputerów stacjonarnych opłaty licencyjne mogą przewyższać cenę samego sprzętu. Na nasze szczęście RPi to projekt celujący



3. Płytką stykową z modułem czujnikiem odległości HC-SR04, pamięcią EEPROM 24fc512 i czujnikiem temperatury 1-Wire DS18B20



4. Raspberry Pi z płytką prototypową do sterowania ciężarówką; widoczny ekspander portów I<sup>2</sup>C PCF8574AP, sterownik silników DRV8833 i odbiornik podczerwieni TSOP1238

w oprogramowaniu OpenSource. System operacyjny jest darmowy, większość narzędzi również. W sieci znajdziemy wiele bezpłatnych bibliotek i przykładów. Wyjątkiem mogą być dekodery do niektórych formatów plików multimedialnych. W zastosowaniach edukacyjnych nie są one jednak wymagane.

## Podsumowanie

Powyższa analiza pokazuje, że skompletowanie środowiska do pracy z Raspberry Pi nie jest skomplikowane, choć wymaga pewnego rozpoznania i przygotowania. Za stosunkowo niewielkie pieniądze można pozyskać świetną pomoc dydaktyczną, platformę do doświadczeń mechatronicznych czy wzbogacić możliwości domowego centrum rozrywki. ■

Arkadiusz Merta