



Internet rzeczy

Podstawy programowania aplikacji
i serwerów sieciowych w językach C/C++,
MicroPython i Lua na urządzeniach
IoT ESP8266, ESP32 i Arduino

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 wydawca 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 wydawca nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Redaktor prowadzący: Małgorzata Kulik

Projekt okładki: Studio Gravite/Olsztyn
Obarek, Pokoński, Pazdrijowski, Zaprucki

Materiały graficzne na okładce zostały wykorzystane za zgodą Shutterstock.

Helion S.A.

ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice

tel. 32 230 98 63

e-mail: helion@helion.pl

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

Drogi Czytelniku!

Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres

<https://helion.pl/user/opinie/inrzpo>

Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

ISBN: 978-83-283-9674-6

Copyright © Helion S.A. 2023

Printed in Poland.

- Kup książkę
- Poleć książkę
- Oceń książkę

- Księgarnia internetowa
- Lubię to! » Nasza społeczność

SPIS TREŚCI

Przedmowa	11
1. URZĄDZENIA INTERNETU RZECZY	17
1.1. Platforma Arduino	18
1.1.1. Arduino UNO R3	19
1.1.2. Arduino Nano	21
1.1.3. Arduino Mega 2560 Rev3	23
1.1.4. Arduino Mega 2560 + WiFi ESP8266	26
1.1.5. Podsumowanie	28
1.2. Platforma Espressif	29
1.2.1. ESP-01	30
1.2.2. ESP-M	38
1.2.3. ESP-07	41
1.2.4. ESP-12	43
1.2.5. ESP-15F	53
1.2.6. Płytki rozwojowe ESP	56
1.2.7. Tryby pracy modułów	82
1.2.8. Systemy plików SPIFFS i LittleFS	85
1.2.9. Podsumowanie	87
1.3. Pozostałe urządzenia	88
1.3.1. BW16 RTL8720DN	89
1.3.2. SIM800L GSM/GPRS	91
1.3.3. nRF24L01+	92
1.4. Lista zakupów	93
1.4.1. ESP8266 na dobry początek	93
1.4.2. ESP32 dla wymagających	98

2. OPROGRAMOWANIE	100
2.1. Arduino IDE	101
2.1.1. Instalacja oprogramowania dla ESP8266 i ESP32	105
2.1.2. Obsługa systemu plików SPIFFS i LittleFS	110
2.2. PlatformIO IDE	117
2.2.1. Instalacja i konfiguracja	118
2.2.2. Tworzenie nowego projektu	121
2.2.3. Obsługa systemu plików SPIFFS i LittleFS	126
2.3. ESPlorer	131
2.4. uPyCraft	134
2.5. uPyLoader	136
2.6. Flash Download Tool	138
2.7. NodeMCU PyFlasher	140
2.8. EM-WiFi Configuration	142
3. FIRMWARE	143
3.1. Po co aktualizować oprogramowanie układowe?	143
3.2. Aktualizacja oprogramowania	144
3.2.1. Narzędzia do aktualizacji oprogramowania	144
3.2.2. AT	152
3.2.3. MicroPython	156
3.2.4. Lua (NodeMCU)	158
3.3. Kompilowanie oprogramowania	160
3.3.1. AT	162
3.3.2. MicroPython	164
3.3.3. Lua (NodeMCU)	167

4. PODSTAWY PROGRAMOWANIA	169
4.1. C (Arduino)	170
4.1.1. Struktura kodu źródłowego	170
4.1.2. Stałe predefiniowane	172
4.1.3. Zmienne i typy danych	174
4.1.4. Konstrukcje warunkowe	188
4.1.5. Pętle	191
4.1.6. Funkcje	194
4.1.7. Zestaw funkcji dla Arduino	195
4.2. MicroPython	212
4.2.1. Struktura kodu źródłowego	214
4.2.2. Zmienne i typy danych	215
4.2.3. Operacje na plikach	221
4.2.4. Konstrukcje warunkowe	223
4.2.5. Pętle	225
4.2.6. Funkcje	227
4.2.7. Biblioteki programistyczne	228
4.3. Lua	233
4.3.1. Zmienne i typy danych	234
4.3.2. Operacje na plikach	238
4.3.3. Konstrukcje warunkowe	240
4.3.4. Pętle	242
4.3.5. Funkcje	244
4.3.6. Biblioteki programistyczne	245
5. PROGRAMOWANIE APLIKACJI SIECIOWYCH	254
5.1. Szybki kurs stosowania komend AT	254
5.1.1. Diagnostyka	255
5.1.2. Sieć WiFi	257

5.1.3. Punkt dostępowy	259
5.1.4. Serwer z obsługą połączeń TCP i UDP	263
5.2. Szybki kurs tworzenia stron WWW	268
5.2.1. Szkielet dokumentu hipertekstowego	269
5.2.2. Stosowanie znaczników HTML w praktyce	271
5.3. Lista zakupów	275
5.4. RTC, Ethernet i karty pamięci	276
Projekt 1. Zapis danych z czujników na kartę SD	276
Projekt 2. Zegar czasu rzeczywistego — RTC	280
Projekt 3. Dostęp do sieci Ethernet	284
5.5. WiFi, Blynk i serwer TCP	289
Projekt 4. Serwer TCP i udostępnianie danych	289
Projekt 5. Komunikacja TCP z platformą Blynk	300
Projekt 6. Własna platforma IoT — PHP i SQL	310
5.6. Rozszerzenia dla modułu ESP-01	331
Projekt 7. Czujnik temperatury DS18B20	331
Projekt 8. Czujnik temperatury DHT11	341
Projekt 9. Moduł przekaźnika	352
Projekt 10. Kontroler RGB LED	357
5.7. Usługi sieciowe	361
Projekt 11. SMTP — powiadomienia e-mail	363
Projekt 12. MySQL — transfer danych do bazy SQL	370
Projekt 13. FTP — zapis danych na serwerze plików	375
Projekt 14. MQTT — protokół komunikacyjny dla IoT	381
Projekt 15. DDNS — jedna nazwa przy zmiennym IP	389
Projekt 16. SMS — komunikacja przez sieć GSM	395

5.8. Zdalna aktualizacja oprogramowania	404
Projekt 17. OTA z Arduino IDE i w linii poleceń	407
Projekt 18. Aktualizacja firmware przez WWW	415
Projekt 19. Aktualizacja LittleFS przez WWW	428
Projekt 20. ElegantOTA — elegancka alternatywa	440
6. WEB FRAMEWORK — C, MICROPYTHON, LUA	444
6.1. aWOT — serwer w języku C	445
6.1.1. Szkielet serwera WWW	445
6.1.2. Routing	449
6.1.3. Obsługa żądań HTTP i odpowiedzi do klientów	452
Projekt 21. Serwer WWW w frameworku aWOT	455
6.2. Microdot — serwer w języku MicroPython	463
6.2.1. Przygotowanie środowiska pracy	464
6.2.2. Routing	468
6.2.3. Programowanie asynchroniczne i SSL	469
6.2.4. Obsługa żądań HTTP i odpowiedzi do klientów	471
6.2.5. Szablony dla strony WWW	473
Projekt 22. Serwer WWW w frameworku Microdot	475
6.3. Express — serwer w języku Lua	479
6.3.1. Przygotowanie środowiska pracy	480
Projekt 23. Serwer WWW w frameworku Express	483
7. ZAKOŃCZENIE	488
7.1. Trochę rozrywki z grą Minecraft	489
Projekt 24. Serwer gry Minecraft	489

2. OPROGRAMOWANIE

W niniejszym rozdziale przedstawię oprogramowanie, które wykorzystasz podczas nauki tworzenia aplikacji i serwerów sieciowych w językach C/C++, MicroPython i Lua na urządzeniach IoT. Najważniejszym z przedstawionych w tym rozdziale programów jest zintegrowane środowisko programistyczne Arduino IDE, ponieważ wykorzystasz je do programowania zarówno płytek Arduino, jak i płytek rozwojowych opartych na układach ESP8266, ESP8285 czy ESP32. Oprogramowanie Arduino IDE jest łatwe w obsłudze i nie powinno sprawić Ci większego problemu podczas instalacji, a ponadto świetnie nadaje się dla początkujących programistów C/C++ piszących programy dla urządzeń IoT.

Kolejnym narzędziem programistycznym jest PlatformIO IDE, które jako dodatek do Visual Studio Code stanowi ciekawą alternatywę dla Arduino IDE. Visual Studio Code to darmowy edytor kodu udostępniony przez firmę Microsoft, w wersjach dla systemów Windows, macOS i Linux. Edytor ten za pomocą odpowiednich rozszerzeń umożliwi kodowanie w wielu językach, takich jak Python, JavaScript, C/C++, Java, PHP i Lua. Wykorzystując PlatformIO IDE, rozszerzysz Visual Studio Code o możliwość programowania układów IoT, w tym Arduino.

Choć Arduino IDE i PlatformIO IDE w zupełności wystarczą do napisania i wgrania programu do pamięci urządzenia IoT, warto zainstalować dodatkowe narzędzia. Umożliwią one aktualizację oprogramowania układowego (firmware'u) oraz wgranie interpretera języków MicroPython i Lua, a także ułatwią zarządzanie plikami w pamięci flash. Do takich narzędzi niewątpliwie zaliczamy ESPLorer, który pozwala tworzyć i uruchamiać kod napisany w językach Lua i MicroPython na płytkach rozwojowych NodeMCU opartych na układach ESP8266 i ESP8285 firmy Espressif Systems. Jeśli planujesz programować głównie w MicroPythonie, możesz skorzystać z narzędzi programistycznych uPyCraft i uPyLoader. Z kolei do wgrywania firmware'u wykorzystasz Flash Download Tool i NodeMCU Flasher. W przypadku korzystania z konkurencyjnych wobec ESP8266 układów W600 z pewnością przyda się EM-WiFi Configuration.

Oczywiście nie są to wszystkie programy umożliwiające zarządzanie modułami IoT, lecz w zupełności wystarczą do rozpoczęcia przygody z nauką ich programowania. Poza tym narzędzia te są łatwe w obsłudze i nie wymagają specjalistycznej wiedzy technicznej.

2.1. Arduino IDE

Zintegrowane środowisko programistyczne Arduino IDE¹⁸ jest wykorzystywane przez wielu programistów, szczególnie początkujących, na całym świecie. Sama nazwa „Arduino” jest używana w odniesieniu zarówno do płytki Arduino, w tym najpopularniejszej Arduino UNO, jak i do całości systemu, w skład którego wchodzi oprogramowanie.

Oprogramowanie znajdziesz pod adresem <https://www.arduino.cc/en/software>. Na stronie tej są dostępne dwie wersje Arduino IDE: nowa wersja o numerze 2.0.3¹⁹ i wcześniejsze wydanie o numerze 1.8.19. Zalecam instalację wersji starszej, ponieważ umożliwi ona aktywowanie rozszerzeń napisanych w języku Java do obsługi pamięci flash w modułach ESP i płytkach NodeMCU. Wersja 2.0.3 w chwili pisania niniejszej książki nie ma takiej możliwości. Oprogramowanie jest dostępne dla systemów Windows, macOS i Linux. Dla systemu Windows 10 i 11 instalator Arduino IDE 1.8.x znajdziesz również w sklepie Microsoft Store. Rysunek 2.1 przedstawia okno programu po instalacji w systemie Windows.

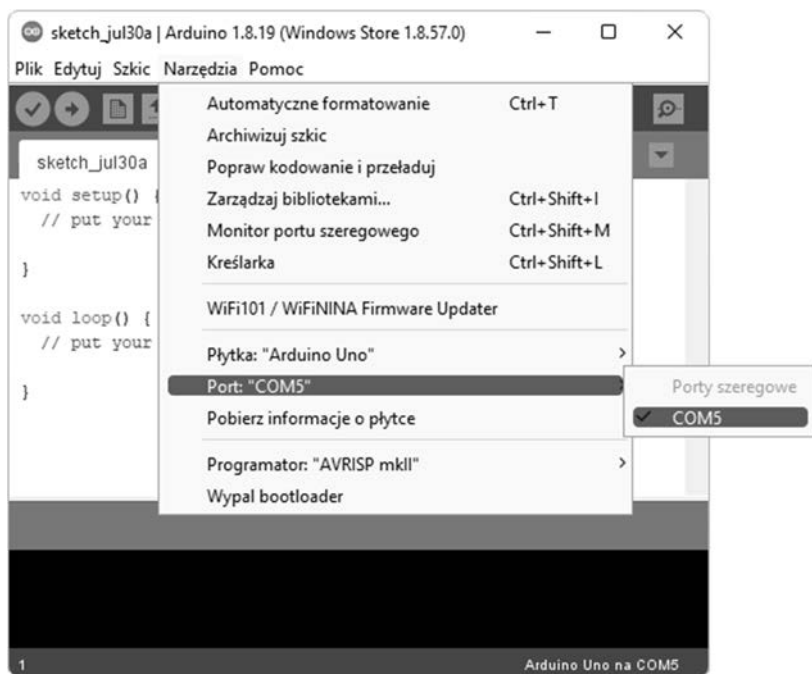


Rysunek 2.1. Arduino IDE w systemie Windows

¹⁸ Arduino IDE, <https://www.arduino.cc/en/software>.

¹⁹ Aktualne wersje IDE to 2.0.3 i 1.8.19, grudzień 2022.

Konfiguracja płytki rozwojowej w Arduino IDE polega na wybraniu w menu opcji *Narzędzia*, a następnie opcji *Płytką*. Z listy dostępnych płytek wybierz swoją, którą podłączyłeś do komputera. Kolejnym krokiem jest wskazanie za pomocą opcji *Port* portu szeregowego, pod którym płytka jest dostępna w systemie. W przypadku jednej podłączonej płytki do komputera jej konfiguracja w Arduino IDE jest bardzo łatwa. Rysunek 2.2 przedstawia informację, do którego portu szeregowego podłączona jest płytka rozwojowa Arduino UNO.

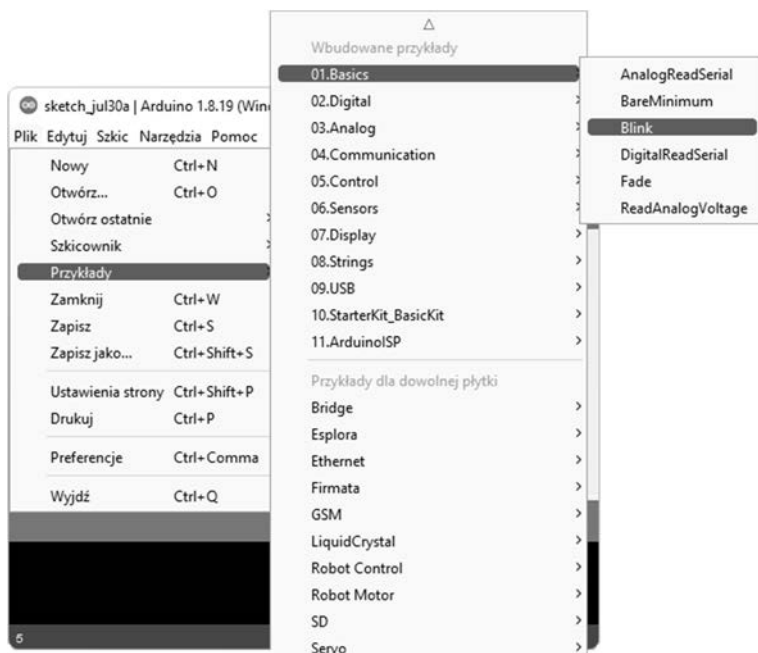


Rysunek 2.2. Informacja o porcie szeregowym, do którego jest podłączona płytka Arduino UNO

Arduino IDE wykorzystasz do programowania zarówno płytek Arduino, jak i modułów i płytek rozwojowych opartych na układach ESP. Projekty tworzone w środowisku Arduino IDE nazywane są *szkicami* (ang. *sketch*). Do programowania wykorzystasz język C i framework Arduino, umożliwiający stosowanie szeregu uprawnień, które pomagają pisać kod użytkownikom niezwiązanym z elektroniką. Proces kodowania polega na wyborze wersji płytki Arduino lub modułu ESP, a Arduino IDE odpowiednio skonfiguruje kompilator języka C/C++, dołączy odpowiednie biblioteki programistyczne oraz skompiluje kod i wgra do urządzenia.

Dla użytkownika dostępnych jest wiele przykładowych programów (szkiców), które można od razu wykorzystać i przetestować. W praktyce, jeśli zechcesz sprawdzić

działanie czujników, przekaźników lub diod LED, w Arduino IDE znajdziesz przykładowy kod testujący. Po zainstalowaniu i skonfigurowaniu środowiska programistycznego należy przetestować, czy kompilacja i wgranie na płytkę przykładowego kodu przebiegną bez problemów. Skorzystajmy z programu *Blink*, którego działanie polega na miganiu diody LED wbudowanej na płytce. Wybierz w menu opcję *Plik*, a następnie *Przykłady*. Pojawi się lista z przykładowymi szkicami, w której odszukaj *Blink*. Rysunek 2.3 przedstawia lokalizację programu w menu Arduino IDE.



Rysunek 2.3. Lokalizacja przykładowego programu *Blink* w Arduino IDE

Po wybraniu w menu przykładu *Blink* otworzy się nowe okno z kodem źródłowym. Teraz należy zweryfikować poprawność kodu i go skompilować. W tym celu trzeba kliknąć pierwszą ikonkę znajdującą się pod menu lub nacisnąć klawisze *Ctrl+R*. Jeśli w oknie z informacją o statusie kompilacji nie pojawią się komunikaty o błędach, wgraj skompilowany kod na płytkę, klikając drugą ikonkę pod menu lub naciskając na klawiaturze kombinację *Ctrl+U*. Zobaczysz pojawiające się informacje o statusie kompilacji i wgrzywaniu kodu na płytkę. W moim przypadku, dla płytki Arduino UNO, końcowy komunikat wyglądał następująco:

Szkic używa 924 bajtów (2%) pamięci programu. Maksimum to 32256 bajtów. Zmienne globalne używają 9 bajtów (0%) pamięci dynamicznej, pozostawiając 2039 bajtów dla zmiennych lokalnych. Maksimum to 2048 bajtów.

Komunikat informuje o maksymalnej wielkości programu po jego skompilowaniu do postaci kodu maszynowego (szesnastkowego), który możesz wgrać na płytkę do pamięci flash, oraz o wielkości dostępnej pamięci SRAM, przeznaczonych na wartości zmiennych programu.

W przypadku płytki Arduino Nano komunikat wygląda następująco:

Szkic używa 924 bajtów (3%) pamięci programu. Maksimum to 30720 bajtów. Zmienne globalne używają 9 bajtów (0%) pamięci dynamicznej, pozostawiając 2039 bajtów dla zmiennych lokalnych. Maksimum to 2048 bajtów.

Natomiast w przypadku płytki Arduino MEGA 2560 Rev3 tak:

Szkic używa 1536 bajtów (0%) pamięci programu. Maksimum to 253952 bajtów. Zmienne globalne używają 9 bajtów (0%) pamięci dynamicznej, pozostawiając 8183 bajtów dla zmiennych lokalnych. Maksimum to 8192 bajtów.

Od razu można zauważyć różnicę w wielkość dostępnej pamięci, a także w wielkości programu skompilowanego do postaci kodu maszynowego. Rysunek 2.4 przedstawia okno narzędzia Arduino IDE po pomyślnym wgraniu kodu na płytkę Arduino UNO.

```

Blink | Arduino 1.8.19 (Windows Store 1.8.57.0)
Plik Edytuj Szkic Narzędzia Pomoc

Blink

void setup() {
  // initialize digital pin LED_BUILTIN as an output.
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
}

// the loop function runs over and over again forever
void loop() {
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the active state of LED)
  delay(1000); // wait for a second
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); // turn the LED off by making the pin LOW
  delay(1000); // wait for a second
}

Ładowanie zakończone.

Szkic używa 924 bajtów (2%) pamięci programu. Maksimum to 32256 bajtów.
Zmienne globalne używają 9 bajtów (0%) pamięci dynamicznej, pozostawiając
2039 bajtów dla zmiennych lokalnych. Maksimum to 2048 bajtów.

29 Arduino Uno na COM5

```

Rysunek 2.4. Informacja o prawidłowej kompilacji i wgraniu kodu na płytkę Arduino UNO

W tym momencie dioda LED na Twojej płytce powinna migać z częstotliwością co 1 sekundę. Możesz poeksperymentować, zmieniając wartość parametru funkcji `delay()` w kodzie programu źródłowego.

Wskazówka

Informacje na temat dostępnej pamięci na płytkach rozwojowych Arduino UNO, Nano i Mega 2560 Rev3 znajdziesz podrozdziale 1.1, „Platforma Arduino”.

2.1.1. Instalacja oprogramowania dla ESP8266 i ESP32

Arduino IDE pozwala na instalację dodatkowego oprogramowania umożliwiającego kompilację kodu źródłowego dla modułów i płytek rozwojowych z układami z serii ESP8266 i ESP32, takich jak ESP-01 czy NodeMCU. W tym celu należy wybrać w menu opcję *Plik*, a następnie *Preferencje* lub nacisnąć na klawiaturze kombinację *Ctrl+*, (znak przecinka). Otworzy się okno, w którym w polu *Dodatkowe adresy URL do menedżera płytek* należy wstawić następujące adresy:

```
https://raw.githubusercontent.com/espressif/arduino-esp32/gh-pages/package_esp32_index.json
```

```
https://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json
```

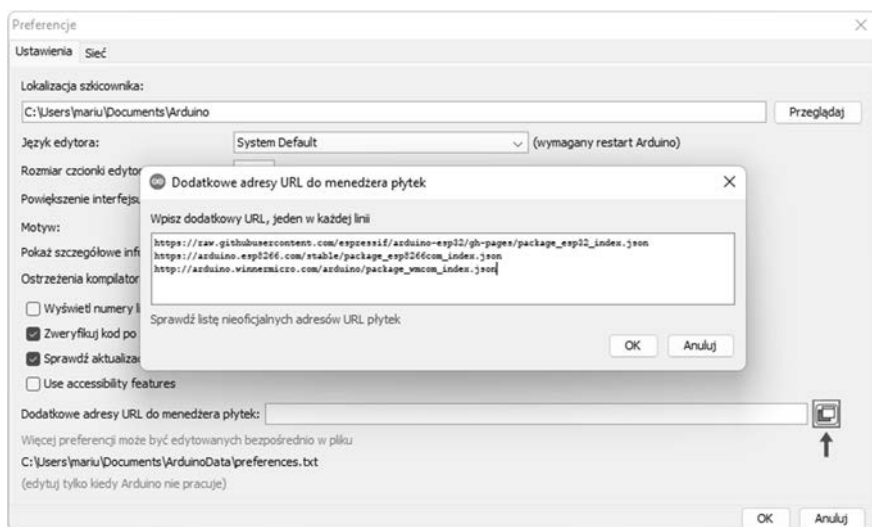
Adresy te dotyczą oprogramowania dla płytek rozwojowych z układami z serii ESP8266 i ESP32. Dodatkowe adresy URL mogą dotyczyć również innych urządzeń, takich jak choćby płytki Omega2 lub W600. Jeśli zamierzasz programować moduły ESP-01W, dodaj następujący adres URL:

```
http://arduino.winnermicro.com/arduino/package_wmcom_index.json
```

Rysunek 2.5 przedstawia okno narzędzia Arduino IDE, w którym możesz wprowadzić dodatkowe adresy URL do menedżera płytek.

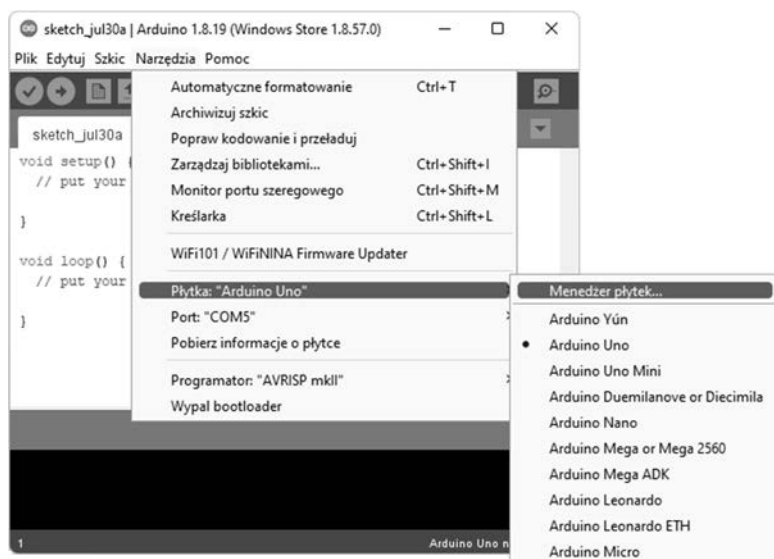
Wskazówka

Zwróć uwagę na zawartość pola *Lokalizacja szkieletownika*. Wskazuje ono katalog, w którym są przechowywane szkice z kodem źródłowym. W katalogu tym możesz zainstalować wtyczki do obsługi systemu plików, wykorzystując SPIFFS (ang. *SPI Flash File System*) lub jego nowszą wersję LittleFS.



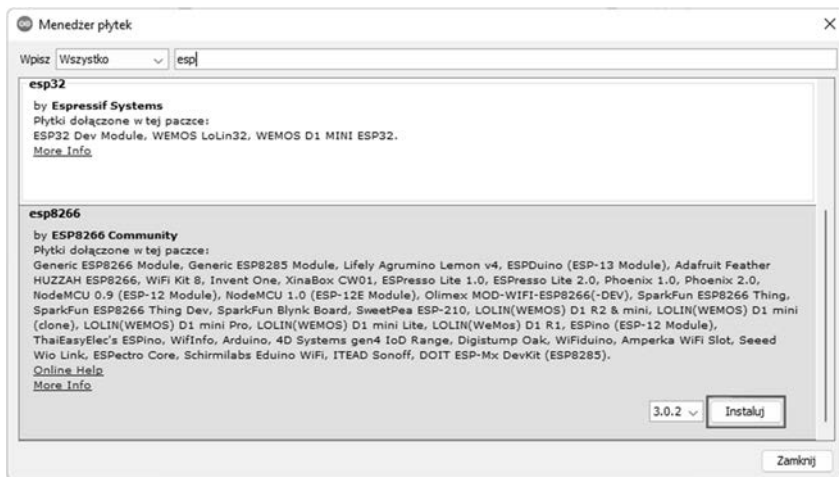
Rysunek 2.5. Dodanie adresów URL do bibliotek programistycznych dla układów z serii ESP

Po wpisaniu dodatkowych adresów URL do menedżera płytek wybierz w menu opcję *Narzędzia/Płytki/Menedżer płytek* (zobacz rysunek 2.6).



Rysunek 2.6. Lokalizacja menedżera płytek w menu Arduino IDE

Wyszukaj oprogramowanie dla płytek z układem ESP8266 lub ESP32, wpisując w polu wyszukiwania „esp”. Pojawią się dwie możliwości — *esp32* i *esp8266* (zobacz rysunek 2.7), zainstaluj tę, z której będziesz korzystać (najlepiej obie, aby instalację mieć już za sobą).

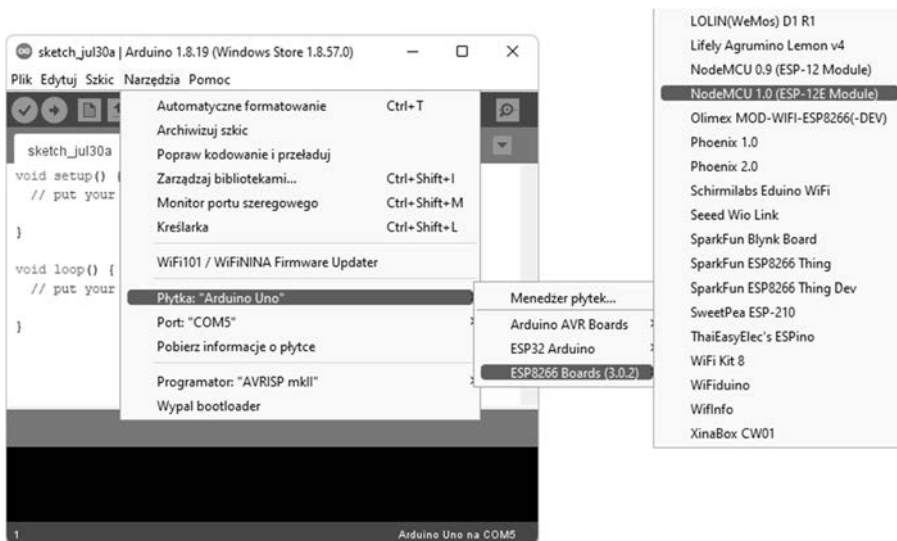


Rysunek 2.7. Menedżer płytek w Arduino IDE

Wskazówka

Instalacja oprogramowania dla obsługi płytek z układami ESP8266 i ESP32 (prawy 300 MB), w zależności od szybkości Twojego połączenia z siecią, może potrwać do kilku minut. W przypadku oprogramowania dla układów W600 mogą wystąpić problemy z łącznością z serwerem arduino.winnermicro.com.

Po instalacji oprogramowania wybierz z listy płytkę, którą masz podłączoną do komputera. W moim przypadku jest to NodeMCU 1.0 (zobacz rysunek 2.8).



Rysunek 2.8. Wybór płytki rozwojowej NodeMCU 1.0 w Arduino IDE

Po wybraniu płytki możesz zweryfikować poprawność jej aktywacji i konfiguracji w Arduino IDE. Najłatwiej zrobić to programem włączającym okresowo diodę LED na module ESP, czyli nieśmiertelnym *Blink*. Przepisz poniższy kod źródłowy do edytora, a następnie skompiluj i wgraj na płytkę.

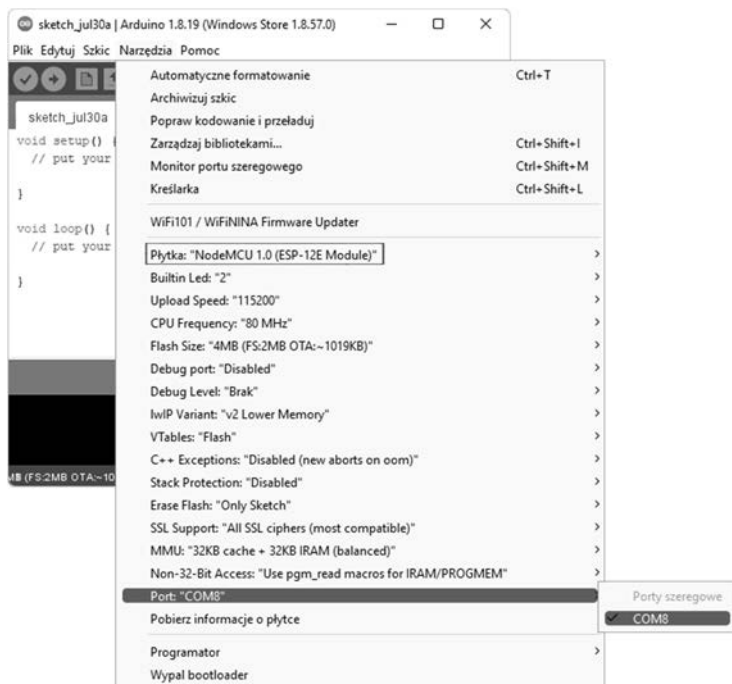
Listing 2.1. Program *Blink* w języku C (Arduino) w środowisku Arduino IDE

```
int pin = LED_BUILTIN; // numer GPIO dla diody LED

void setup() {
  pinMode(pin, OUTPUT); // ustaw GPIO jako wyjście
}

void loop() {
  digitalWrite(pin, HIGH); // włącz diodę LED stanem wysokim
  delay(1000);             // odczekaj 1 sekundę
  digitalWrite(pin, LOW);  // wyłącz diodę LED stanem niskim
  delay(1000);             // odczekaj 1 sekundę
}
```

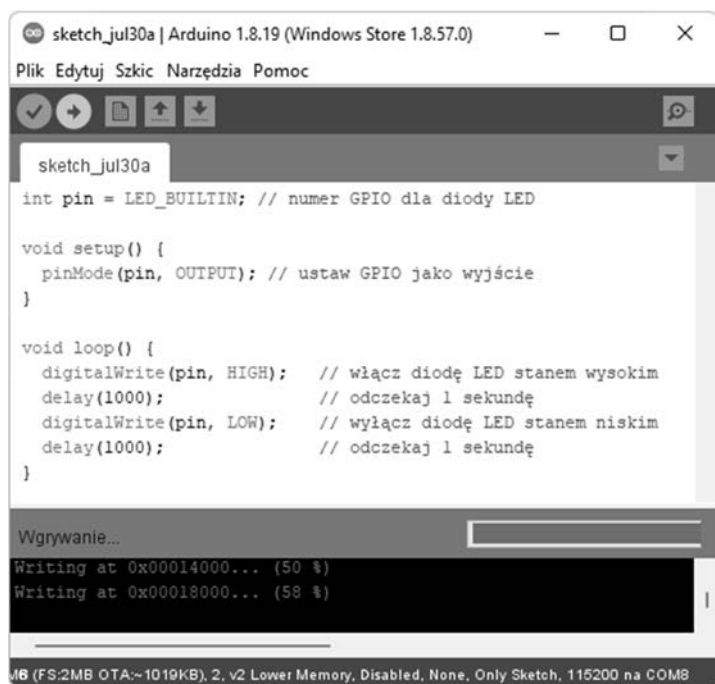
Podłączając kolejną płytkę do komputera, zwłaszcza jeśli masz dostępnych kilka portów USB, należy sprawdzić, czy w Arduino IDE prawidłowo jest wskazany port szeregowy. W moim przypadku płytka była podłączona do portu COM8, co widoczne jest na rysunku 2.9.



Rysunek 2.9. Ustawienie portu szeregowego, do którego podłączona jest płytka rozwojowa

Zapewne nie uszło Twojej uwadze, że dla płytek z układami ESP dostępnymi jest znacznie więcej ustawień niż dla płytek Arduino. Możesz wskazać numer wyprowadzenia GPIO dla wbudowanej diody LED, zmienić prędkość transmisji UART podczas wgrywania kodu, zmienić częstotliwość taktowania procesora, jak również skonfigurować pamięć flash tak, aby możliwe było utworzenie prostego systemu plików. Dostępne są również ustawienia wykorzystywane do debugowania kodu i wsparcia dla szyfrowania SSL.

Informacje o statusie kompilacji i wgrywania programu z listingu 2.1 na płytkę będą pojawiać się w oknie Arduino IDE. W przypadku układów z serii ESP8266 i ESP32 do wgrywania kodu jest wykorzystywane narzędzie esptool, napisane w języku Python. Wykorzystasz je później do aktualizacji oprogramowania układowego (firmware'u). Rysunek 2.10 przedstawia moment wgrywania programu na płytkę rozwojową NodeMCU 1.0 z widocznymi informacjami o postępie.



Rysunek 2.10. Informacja o postępie wgrywania programu na płytkę NodeMCU 1.0

W tym momencie masz zainstalowane środowisko programistyczne Arduino IDE z dodatkowym oprogramowaniem do obsługi płytek z układami ESP firmy Espressif Systems. Od teraz możesz pisać i testować swoje pierwsze programy i uruchamiać je na urządzeniach internetu rzeczy.

W Arduino IDE, za pomocą skrótu *Ctrl+Shift+M*, jest dostępny monitor portu szeregowego (ang. *serial monitor*), który będziesz wykorzystywać do monitorowania i komunikacji z programem uruchomionym na płytce. Monitor pomaga debugować kod i możesz go traktować jako konsolę tekstową dla swoich programów. Dostępna jest również kreślarka (ang. *serial plotter*), za pomocą której możesz generować kolorowe wykresy na podstawie danych uzyskanych z programu. Z pewnością prezentacja danych na kreślance lepiej wygląda niż pojawiające się liczby w monitorze portu szeregowego. Arduino IDE umożliwi również aktualizację kodu bootloadera odpowiedzialnego za wgrywanie kodu z pominięciem programatora.

2.1.2. Obsługa systemów plików SPIFFS i LittleFS

Projektując aplikacje dla układów z serii ESP, w których część odpowiedzialną za komunikację z użytkownikiem będziesz realizować za pomocą strony WWW, z pewnością będziesz potrzebować miejsca na zapisanie plików z kodem HTML, CSS i JavaScript. Jak już wiesz, w pamięci flash dostępnej w modułach ESP i na płytkach rozwojowych możesz utworzyć systemy plików SPIFFS lub LittleFS, które ułatwiają zarządzanie strukturą plików strony WWW lub dowolnych danych zapisywanych w plikach tekstowych.

Obsługa systemów plików SPIFFS i LittleFS poprzez Arduino IDE wymaga pobrania wtyczek napisanych w języku Java i zapisania ich w lokalizacji szkicownika (ang. *sketchbook location*), czyli w katalogu, w którym są przechowywane szkice z kodem źródłowym. Informację o lokalizacji tego katalogu uzyskasz w oknie z preferencjami Arduino IDE — w tym celu należy wybrać w menu opcję *Plik*, a następnie *Preferencje* lub nacisnąć na klawiaturze kombinację *Ctrl+*, (znak przecinka).

System plików SPIFFS

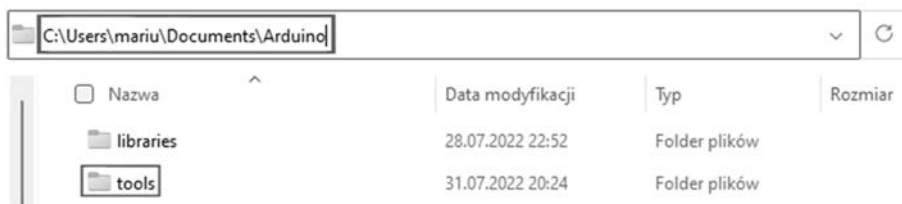
Pobierz najnowszą wersję wtyczki dla ESP8266 i ESP8285 spod adresu:

```
https://github.com/esp8266/arduino-esp8266fs-plugin/releases
```

Natomiast dla układów z serii ESP32 spod adresu:

```
https://github.com/me-no-dev/arduino-esp32fs-plugin
```

W lokalizacji szkicownika utwórz podkatalog o nazwie *tools* (zobacz rysunek 2.11) i wgraj do niego pobraną wcześniej wtyczkę (archiwum w formacie JAR).

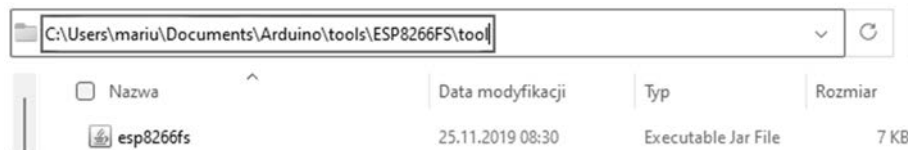


Rysunek 2.11. Miejsce utworzenia katalogu o nazwie *tools* w lokalizacji szkieletownika

Przykładowa struktura katalogów dla pobranego oprogramowania ESP8266FS w systemie Windows wygląda następująco:

```
C:\Users\mariu\Documents\Arduino
C:\Users\mariu\Documents\Arduino\tools
C:\Users\mariu\Documents\Arduino\tools\ESP8266FS
C:\Users\mariu\Documents\Arduino\tools\ESP8266FS\tool
C:\Users\mariu\Documents\Arduino\tools\ESP8266FS\tool\esp8266fs.jar
```

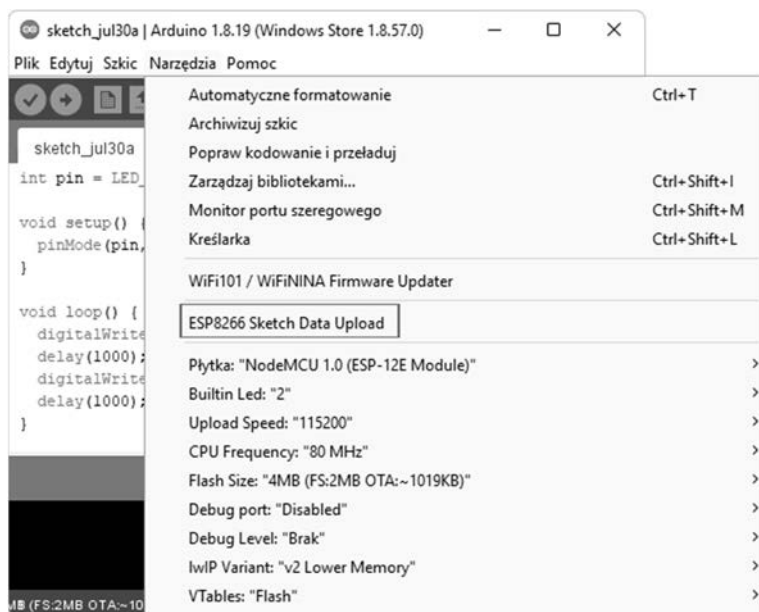
Oczywiście tak wygląda to u mnie. U Ciebie z pewnością nazwa katalogu szkieletownika będzie inna. W systemie Windows lokalizację szkieletownika najszybciej odnajdziesz w katalogu z dokumentami, ponieważ jest to domyślna lokalizacja w Arduino IDE. Rysunek 2.12 przedstawia lokalizację wtyczki z zaznaczoną pełną ścieżką dostępu.



Rysunek 2.12. Lokalizacja archiwum w formacie JAR w wtyczkę ESP8266FS

Po prawidłowym utworzeniu struktury katalogów uruchom ponownie Arduino IDE. W menu *Narzędzia* powinna pojawić się nowa opcja, *ESP8266 Sketch Data Upload* (zobacz rysunek 2.13), co będzie oznaczać, że wtyczka została poprawnie zainstalowana.

Od tej chwili masz możliwość przeniesienia struktury plików do pamięci układu ESP. Struktura taka powinna znajdować się w podkatalogu o nazwie *data* umieszczonym w katalogu ze szkicem. Jej zawartość może zawierać pliki tekstowe z kodem strony WWW, pliki graficzne, a nawet pliki muzyczne — wszystko zależy od wielkości dostępnej pamięci flash i przydzielonego miejsca na dane. W komputerze struktura ta może być umieszczona w podkatalogach, natomiast w chwili przenoszenia jej do pamięci SPIFFS zostanie przekonwertowana na wersję plikową.



Rysunek 2.13. Widok menu Narzędzia z aktywną opcją *ESP8266 Sketch Data Upload*

Przykładowo, jeśli lokalizacja katalogu ze szkicem jest następująca:

```
C:\Users\mariu\Documents\Arduino\sketch_jul30a
```

to struktura plików powinna znajdować się w podkatalogu *data*:

```
C:\Users\mariu\Documents\Arduino\sketch_jul30a\data
```

Jeśli nie utworzysz tego katalogu samodzielnie dla konkretnego projektu (szkicu), uruchomienie opcji *ESP8266 Sketch Data Upload* spowoduje pojawienie się okna z komunikatem w języku angielskim *No files have been found in your data folder! Are you sure you want to create an empty SPIFFS image?*, informującym, że w katalogu ze szkicem nie odnaleziono katalogu o nazwie *data*. Wybór przycisku *Yes* spowoduje utworzenie takiego katalogu i wgranie pustej struktury do pamięci układu ESP, co będzie równoznaczne z jej sformatowaniem.

Podsumowując, kompletna struktura plików może wyglądać następująco:

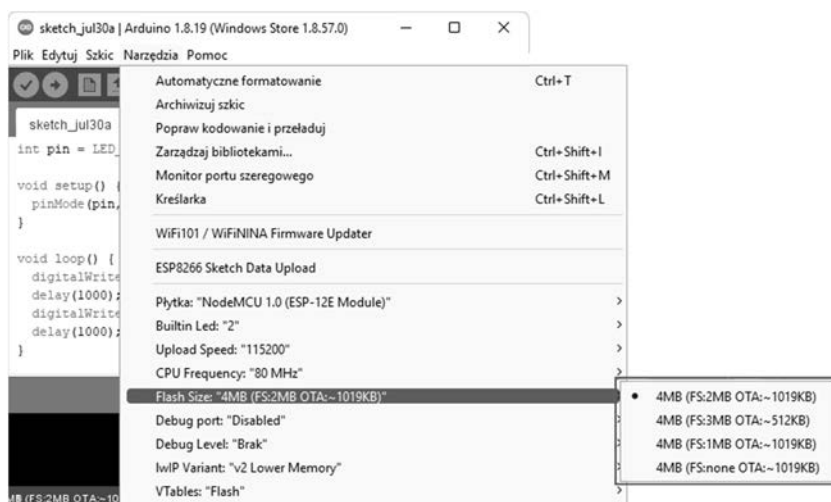
```
C:\Users\mariu\Documents\Arduino\sketch_jul30a\data
C:\Users\mariu\Documents\Arduino\sketch_jul30a\data\index.html
C:\Users\mariu\Documents\Arduino\sketch_jul30a\data\admin.html
C:\Users\mariu\Documents\Arduino\sketch_jul30a\data\css\style.css
C:\Users\mariu\Documents\Arduino\sketch_jul30a\data\js\script.js
C:\Users\mariu\Documents\Arduino\sketch_jul30a\data\img\logo.png
C:\Users\mariu\Documents\Arduino\sketch_jul30a\data\log\data.txt
```

Pierwsze dwa pliki, *index.html* i *admin.html*, znajdują się w katalogu głównym, pozostałe zaś w podkatalogach. W takiej strukturze możesz umieścić naprawdę bardzo dużo informacji dla rozbudowanych stron WWW.

Wskazówka

W wielu projektach kod HTML strony WWW jest umieszczany w kodzie aplikacji, a dokładnie w zmiennych, co znacznie utrudnia aktualizację kodu. Poza tym zmienne te zajmują i tak ograniczoną pamięć RAM, co wpływa na wydajność takiej aplikacji. Stosowanie SPIFFS lub LittleFS umożliwia swobodny dostęp do plików, ich aktualizację i usunięcie w celu zwolnienia pamięci, podobnie jak na zwykłym dysku twardym w komputerze.

Przed uruchomieniem procedury przenoszenia plików do systemów SPIFFS lub LittleFS należy zdecydować o podziale pamięci flash. Z reguły masz kilka wariantów do wyboru; na rysunku 2.14 są przedstawione możliwości dla płytki rozwojowej NodeMCU 1.0 z układem ESP-12E. Zwróć uwagę, że możesz wybrać wariant bez przydziału miejsca na system plików, pozostawiając tylko pamięć OTA.



Rysunek 2.14. Wybór podziału pamięci flash na płytce rozwojowej NodeMCU 1.0

System plików LittleFS

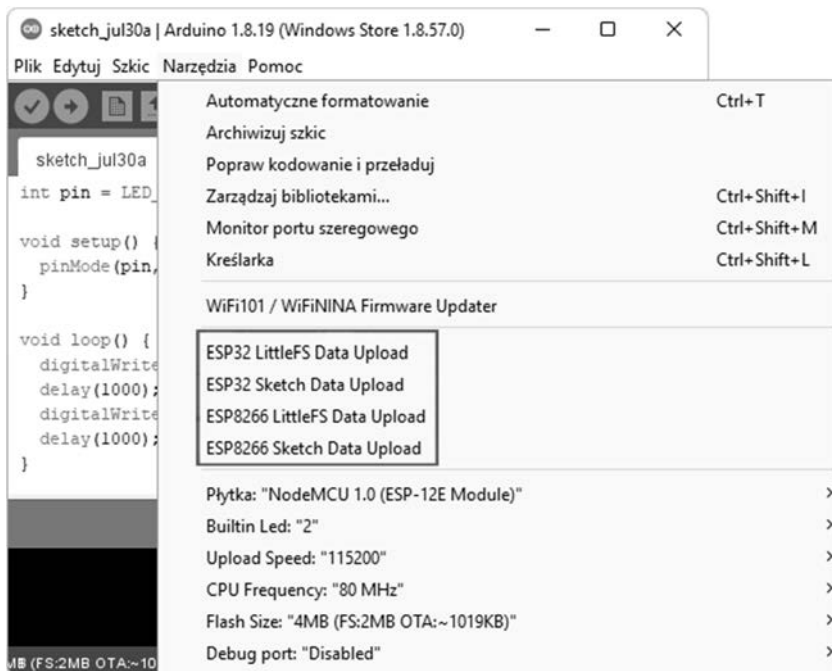
Pobierz najnowszą wersję wtyczki dla ESP8266 i ESP8285 spod adresu:

<https://github.com/earlephilhower/arduino-esp8266littlefs-plugin/releases>

Natomiast dla układów z serii ESP32 spod adresu:

<https://github.com/lorol/arduino-esp32littlefs-plugin>

Instalacja wtyczki (archiwum JAR) obsługującej system plików LittleFS przebiega podobnie jak w przypadku SPIFFS. Rysunek 2.15 przedstawia wygląd menu po aktywacji wtyczek dla wszystkich wariantów.



Rysunek 2.15. Wygląd menu po aktywacji obsługi systemów plików SPIFFS i LittleFS

Wskazówka

Aby ułatwić Ci zadanie z pobraniem wszystkich plików niezbędnych do aktywacji wtyczek obsługujących systemy SPIFFS i LittleFS w Arduino IDE, umieściłem je w archiwum z kodem źródłowym. Pobierz je ze strony wydawnictwa Helion i przejrzyj do katalogu z lokalizacją szkieletownika.

Zadaniem wtyczek (zapisanych w archiwum JAR) jest uruchomienie wcześniej pobranych narzędzi `mkspiiffs` i `mklittlefs`, które wchodzi w skład oprogramowania dla układów z serii ESP. Po prostu nie uruchamiamy ich ręcznie w linii poleceń, lecz są one wykonywane z poziomu Arduino IDE.

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

Internet rzeczy to przykład koncepcji, która – w odróżnieniu od wielu innych relatywnie młodych dziedzin IT – została więcej niż pozytywnie zweryfikowana przez czas i rynek. Już dziś IoT znajduje bardzo szerokie zastosowanie w wielu obszarach życia: od projektów stricte hobbystycznych, przez automatykę domową, handel i usługi, po systemy inteligentnych miast, przemysł i rolnictwo.

Internet rzeczy nadal ewoluje – i staje się coraz powszechniejszy, a to może być zachętą do tego, by poznać go bliżej. *Internet rzeczy. Podstawy programowania aplikacji i serwerów sieciowych w językach C/C++, MicroPython i Lua na urządzeniach IoT ESP8266, ESP32 i Arduino* może się okazać świetną propozycją na początek przygody z IoT. Książka kompleksowo objaśnia specyfikę wybranych urządzeń i uczy, jak je programować, w sposób na tyle przystępny, że wystarczy przeciętna znajomość obsługi komputera, by zacząć tworzyć pierwsze projekty. Treść została zilustrowana przykładowymi kodami źródłowymi, co zdecydowanie ułatwia stawianie pierwszych kroków.

Dzięki książce:

- poznasz wybrane urządzenia IoT
- zaznajomisz się z narzędziami programistycznymi
- opanujesz podstawy języków programowania
- uruchomisz własny serwer dla aplikacji web
- stworzysz serwer WWW na urządzeniu IoT
- a nawet zaprojektujesz serwer Minecrafta!

Internet rzeczy ma przed sobą wielką przyszłość, bądź jej częścią!

Helion 	
	helion.pl
	HELION SA ul. Kościuszki 1c 44-100 Gliwice tel.: 32 230 98 63 helion@helion.pl

KOD KORZYŚCI
Sięgnij po więcej! ▶



ISBN 978-83-283-9674-6



Cena: 99,00 zł