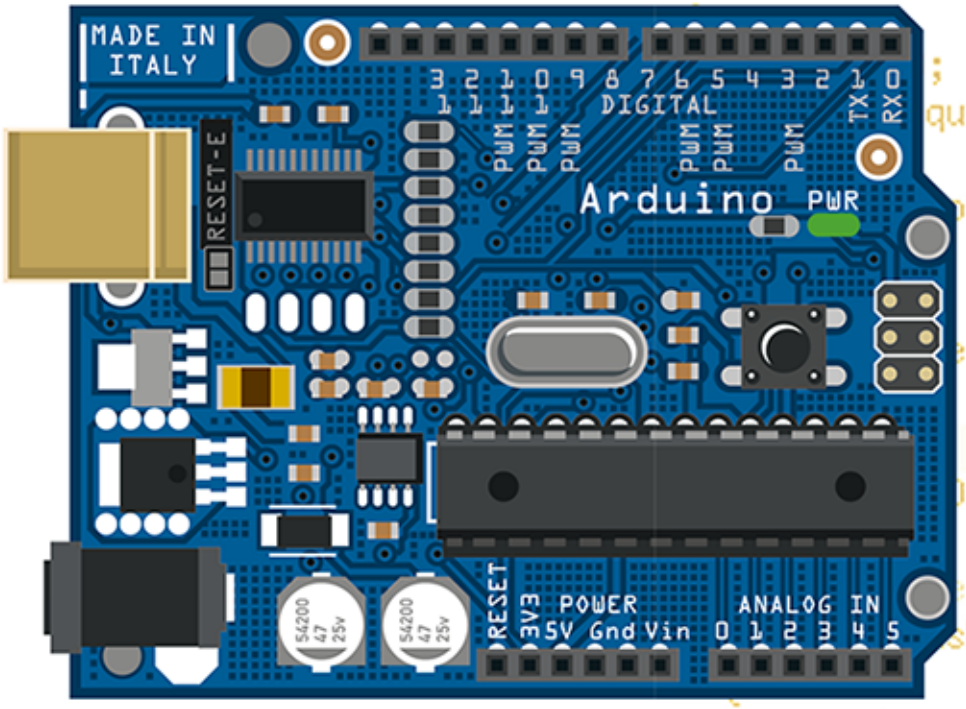
Arduino
dla początkujących
Podstawy i szkice

Podręcznik programisty Arduino!



Simon Monk

TAB
Make Great Stuff!
Helion

Tytuł oryginału: Programming Arduino Getting Started with Sketches
Tłumaczenie: Konrad Matuk

ISBN: 978-83-246-8707-7

Wydawnictwo HELION
ul. Kościuszki 1c, 44-100 GLIWICE
tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63
e-mail: helion@helion.pl
WWW: http://helion.pl (księgarnia internetowa, katalog książek)

Drogi Czytelniku!
Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres
http://helion.pl/user/opinie/ardupo
Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Printed in Poland.

Spis treści

O autorze ... 9
Podziękowania ... 10
Wstęp ... 11
Czym jest Arduino? ... 11
Co będzie potrzebne? ... 12
Korzystanie z niniejszej książki ... 12
Pomoce ... 13

Rozdział 1. Oto Arduino ... 15
Mikrokontrolery ... 15
Płyty rozwojowe ... *16*
Płyta Arduino ... 17
Zasilanie ... *17*
Złącza zasilania ... *17*
Wejścia analogowe ... *18*
Złącza cyfrowe ... *18*
Mikrokontroler ... *18*
Pozostałe podzespoły ... *19*
Początki Arduino ... 19
Rodzina płyt Arduino ... 21
Uno, Duemilanove i Diecimila ... *21*
Mega ... *22*
Nano ... *22*
Bluetooth ... *23*
Lilypad ... *24*
Inne „oficjalne" płytki ... *24*
Inne klony i odmiany Arduino ... 25
Podsumowanie ... 25

Rozdział 2. Rozpoczynamy przygodę z Arduino 27
Zasilanie 27
Instalacja oprogramowania 28
Ładowanie pierwszego szkicu 28
Aplikacja Arduino 33
Podsumowanie 34

Rozdział 3. Podstawy języka C 35
Programowanie 35
Czym jest język programowania? 36
Blink po raz kolejny 40
Zmienne 42
Eksperymentowanie w języku C 44
Zmienne numeryczne i arytmetyka *45*
Polecenia 47
if *47*
for *49*
while *51*
Dyrektywa #define 52
Podsumowanie 52

Rozdział 4. Funkcje 53
Czym jest funkcja? 53
Parametry 54
Zmienne globalne, lokalne i statyczne 55
Zwracanie wartości 58
Zmienne innych typów 59
float *59*
boolean *60*
Inne typy danych *61*
Styl zapisu kodu 62
Wcięcia *62*
Nawiasy klamrowe otwierające *63*
Białe znaki *63*
Komentarze *64*
Podsumowanie 65

Rozdział 5. Tablice i łańcuchy 67
Tablice 67
Zastosowanie tablic do alfabetu Morse'a i sygnału SOS *70*
Tablice łańcuchów 71
Literały łańcuchowe *71*
Zmienne łańcuchowe *72*
Tłumacz alfabetu Morse'a 73
Dane *73*
Zmienne globalne i funkcja setup *74*

Funkcja loop ... *75*
Funkcja flashSequence ... *77*
Funkcja flashDotOrDash ... *78*
Składanie całości programu ... *78*
Podsumowanie ... 80

Rozdział 6. Wejścia i wyjścia ... 81
Wyjścia cyfrowe ... 81
Wejścia cyfrowe ... 84
Rezystor podwyższający ... *85*
Wewnętrzny rezystor podwyższający ... *88*
Usuwanie stuków ... *88*
Wyjścia analogowe ... 93
Wejścia analogowe ... 95
Podsumowanie ... 96

Rozdział 7. Standardowa biblioteka Arduino ... 97
Liczby losowe ... 97
Funkcje matematyczne ... 99
Manipulacja bitami ... 99
Zaawansowane funkcje wejścia i wyjścia ... 102
Generowanie tonów ... *102*
Wprowadzanie rejestru przesuwnego ... *103*
Przerwania ... 103
Podsumowanie ... 105

Rozdział 8. Zapisywanie danych ... 107
Stałe ... 107
Dyrektywa PROGMEM ... 108
EEPROM ... 109
Przechowywanie wartości zmiennej typu int w pamięci EEPROM ... *110*
Przechowywanie wartości typu float w pamięci EEPROM (unie) ... *110*
Przechowywanie łańcucha w pamięci EEPROM ... *111*
Wymazywanie zawartości pamięci EEPROM ... *112*
Kompresja ... 112
Kompresja zakresu ... *112*
Podsumowanie ... 113

Rozdział 9. Wyświetlacze LCD ... 115
Tablica wyświetlająca komunikaty za pośrednictwem interfejsu USB ... 116
Korzystanie z wyświetlacza ... 118
Inne funkcje biblioteki wyświetlacza LCD ... 119
Podsumowanie ... 120

Rozdział 10. Programowanie aplikacji sieci Ethernet 121
Płytki pozwalające na pracę w sieci Ethernet 122
Komunikacja z serwerami sieciowymi 122
HTTP *122*
HTML *122*
Arduino w roli serwera sieci Web 123
Konfigurowanie złączy Arduino za pośrednictwem sieci 126
Podsumowanie 131

Rozdział 11. C++ i biblioteki 133
Mechanizmy obiektowe 133
Klasy i metody *133*
Przykład wbudowanej biblioteki 134
Tworzenie bibliotek 134
Plik nagłówkowy *134*
Plik implementacji *136*
Uzupełnianie swojej biblioteki *137*
Podsumowanie 139

Skorowidz 141

Rozdział 5.

Tablice i łańcuchy

Po lekturze rozdziału 4. już wiesz, jak należy dzielić szkic tak, aby łatwiej się z nim pracowało. Każdy dobry programista lubi, gdy praca przebiega łatwo i sprawnie. Teraz przyjrzymy się strukturom danych, które będziesz stosować w swoich szkicach.

Książka pod tytułem *Algorytmy + struktury danych = programy* napisana przez Niklausa Wirtha została wydana już jakiś czas temu, jednakże wciąż dobrze opisuje sedno informatyki, a zwłaszcza programowania. Tę książkę mogę polecić każdej osobie zmagającej się z błędami w tworzonych programach. Książka opisuje ideę, w myśl której pisząc program, należy myśleć zarówno o algorytmie (przeprowadzanych operacjach), jak również o stosowanych strukturach danych.

Przeanalizowałeś już pewne funkcje, pętle i instrukcje, czyli coś, co można określić mianem „algorytmicznej" strony programowania Arduino. Teraz przeanalizujemy różne struktury danych.

Tablice

Tablice służą do przechowywania zbioru zmiennych. Zmienne, które do tej pory poznałeś, przechowywały tylko jedną wartość. Zwykle była to wartość typu `int`. Tablica natomiast zawiera listę zmiennych. Korzystając z tej listy, możesz uzyskać dostęp do dowolnej wartości zapisanej w tablicy.

W języku C, tak jak w większości języków programowania, numeracja indeksów zaczyna się od 0, a nie od 1. A więc pierwszym elementem tablicy jest element o numerze zero.

W celu zademonstrowania działania tablic stworzymy przykładową aplikację, która za pomocą błysków wbudowanej w Arduino diody LED będzie generować alfabetem Morse'a sygnał „SOS".

Alfabet Morse'a był stosowany do komunikacji w XIX i XX wieku. Składa się z kombinacji dwóch znaków — kropki i kreski. Dzięki temu mógł on być przesyłany za pośrednictwem kabli telegraficznych i łącz radiowych. Kod ten również mógł być przekazywany

przy pomocy sygnałów świetlnych. Skrót „SOS" (od ang. *save our souls*) wciąż odgrywa rolę międzynarodowego sygnału oznaczającego wołanie o pomoc.

Litera *S* jest reprezentowana przez trzy krótkie błyski (kropki), a litera *O* — przez trzy długie błyski (kreski). Utworzymy tablicę, która będzie przechowywać elementy typu `int` zawierające informacje o długości każdego błysku. Elementy tablicy zostaną następnie zastosowane w pętli `for` w celu określenia odpowiedniego czasu trwania błysków.

Najpierw przyjrzyjmy się sposobowi tworzenia tablicy elementów typu `int`, które mają określać czas trwania poszczególnych błysków.

```
int durations[] = {200, 200, 200, 500, 500, 500, 200, 200, 200};
```

Umieszczając nawiasy kwadratowe [] za nazwą zmiennej, wskazujemy, że zmienna ta zawiera tablicę.

W zaprezentowanym przykładzie określamy wartości długości błysków w momencie tworzenia tablicy. Deklaracja tych elementów polega na zastosowaniu nawiasów klamrowych, a następnie wpisaniu wartości oddzielonych od siebie przecinkami. Nie zapomnij o umieszczeniu średnika na końcu linii kodu.

Dostęp do dowolnego elementu tablicy możesz uzyskać przy użyciu zapisu z nawiasem kwadratowym. Jeżeli chcesz uzyskać dostęp do pierwszego elementu tablicy, zastosuj poniższy kod:

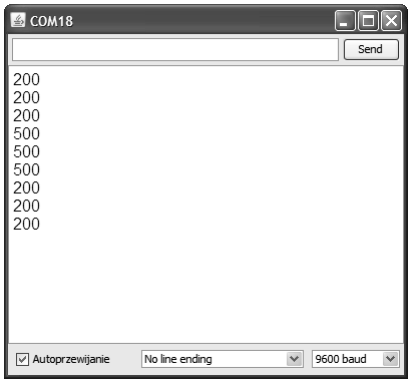
```
durations[0]
```

Aby zademonstrować to w praktyce, stwórzmy tablicę, a następnie wyświetlmy wartości zapisane w tej tablicy przy użyciu monitora portu szeregowego:

```
// szkic 05.01.
int ledPin = 13;

int durations[] = {200, 200, 200, 500, 500, 500, 200, 200, 200};

void setup()
{
   Serial.begin(9600);
   for (int i = 0; i < 9; i++)
   {
      Serial.println(durations[i]);
   }
}

void loop() {}
```

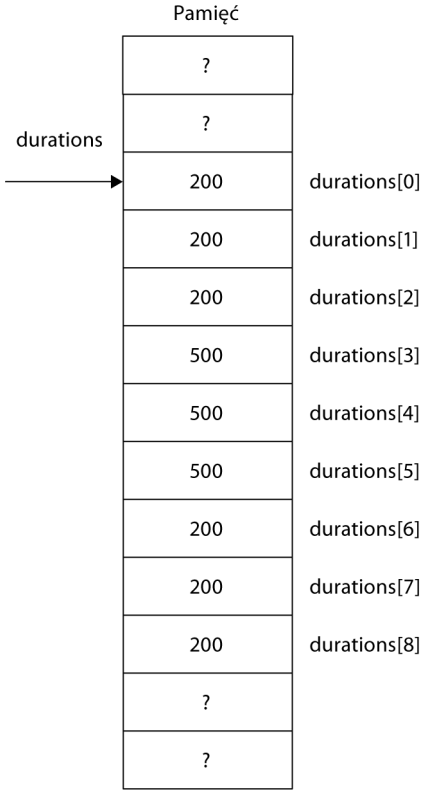
Załaduj szkic do Arduino, a następnie otwórz monitor portu szeregowego. Efekt działania programu powinien być podobny do tego, co przedstawiono na rysunku 5.1.

Powstał zgrabny program, który można łatwo zmodyfikować w celu dodania kolejnych wartości długości błysków. Wystarczyłoby tylko dodać je do listy znajdującej się w nawiasach klamrowych, a następnie w pętli `for` zmienić liczbę *9* na nowy rozmiar tablicy.



Rysunek 5.1. *Monitor portu szeregowego wyświetlający dane wyjściowe szkicu 05.01.*

Podczas pracy z tablicami musisz zachować pewną ostrożność. Kompilator nie powstrzyma próby uzyskania dostępu do danych znajdujących się poza obszarem tablicy. Dzieje się tak, ponieważ tablica jest tak naprawdę wskaźnikiem do adresu w pamięci, co pokazano na rysunku 5.2.



Rysunek 5.2. *Tablice i wskaźniki*

Programy przechowują dane (zarówno zwyczajne zmienne, jak i tablice) w **pamięci**. Pamięć komputera jest zorganizowana w sposób mniej elastyczny od pamięci człowieka. Pamięć Arduino można porównać do zbioru szuflad. Podczas definiowania dziewięcioelementowej tablicy rezerwowana jest przestrzeń kolejnych dziewięciu szuflad. Zmienna tablicowa jest wskaźnikiem pierwszej szuflady, zwanej pierwszym **elementem** tablicy.

Wróćmy do zagadnienia uzyskania dostępu do obszaru pamięci znajdującego się poza obszarem tablicy. Gdybyś zdecydował się uzyskać dostęp do elementu `duration[10]`, zostałaby Ci zwrócona jakaś wartość typu `int`. Ta wartość może być jednakże dosłownie wszystkim. Uzyskanie dostępu do obszaru pamięci znajdującego się poza tablicą nie jest niczym groźnym. Uzyskasz po prostu dostęp do jakiejś przypadkowej wartości niebędącej elementem tablicy. Może to spowodować nieprawidłowe wyniki działania Twojego programu.

O wiele gorsze skutki może spowodować próba zmiany wartości znajdującej się poza obszarem tablicy. Na przykład gdybyś zamieścił w swoim programie poniższy zapis, mógłbyś poważnie zakłócić działanie programu.

```
durations[10] = 0;
```

Szuflada, w której chcemy dokonać zapisu, może już zawierać jakąś inną zmienną. A więc powinieneś bardzo uważać, żeby nie dokonać zapisu poza granicami tablicy. Jeżeli Twój szkic działa w dziwny sposób, powinieneś sprawdzić, czy nie występuje w nim problem tego typu.

Zastosowanie tablic do alfabetu Morse'a i sygnału SOS

W szkicu *05.02.* zaprezentowano zastosowanie tablic w celu wygenerowania sygnału SOS.

```
// szkic 05.02.
int ledPin = 13;

int durations[] = {200, 200, 200, 500, 500, 500, 200, 200, 200};

void setup()
{
   pinMode(ledPin, OUTPUT);
}

void loop()
{
   for (int i = 0; i < 9; i++)
   {
      flash(durations[i]);
   }
   delay(1000);
}

void flash(int duration)
{
   digitalWrite(ledPin, HIGH);
   delay(duration);
   digitalWrite(ledPin, LOW);
   delay(duration);
}
```

Oczywistą zaletą tej techniki jest to, że treść wiadomości można zmienić bardzo łatwo. Wystarczy po prostu zmodyfikować tablicę `durations`. W szkicu *05.05.* zastosujemy tablice w sposób bardziej zaawansowany — stworzymy generator alfabetu Morse'a ogólnego przeznaczenia.

Tablice łańcuchów

W programowaniu łańcuch nie ma nic wspólnego z długim cienkim przedmiotem składającym się z ogniw. Łańcuch jest sekwencją znaków. Dzięki łańcuchom Arduino może obsługiwać teksty. Szkic *05.03.* będzie cyklicznie, co sekundę, przesyłał wiadomość tekstową o treści „Witaj" do monitora portu szeregowego:

```
// szkic 05.03.
void setup()
{
   Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
   Serial.println("Witaj");
   delay(1000);
}
```

Literały łańcuchowe

Literały łańcuchowe są zapisywane w podwójnych cudzysłowach. Literały to łańcuchy, które są stałe, w przeciwieństwie do np. zmiennej typu `int`, którą chcemy później modyfikować.

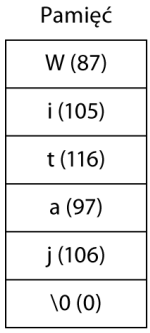
Tak jak zapewne się tego spodziewasz, łańcuchy można umieszczać w zmiennych. Istnieje również zaawansowana biblioteka obsługująca łańcuchy. Na razie będziemy jednakże używać standardowych łańcuchów języka C — takich jak ten, który znajduje się w szkicu *05.03.*

W języku C literał łańcuchowy jest tak naprawdę tablicą elementów typu `char`. Element typu `char` jest trochę podobny do elementu typu `int` — jest to również cyfra — jednakże mieści się ona w zakresie od 0 do 127 i reprezentuje jeden znak. Tym znakiem może być litera alfabetu, cyfra, znak interpunkcyjny lub znak specjalny, taki jak np. znak tabulacji lub znak przesuwu o wiersz. Kody numeryczne zawarte w łańcuchach są oparte na standardzie o nazwie ASCII. Najczęściej stosowane kody ASCII przedstawiono w tabeli 5.1.

Tabela 5.1. *Najczęściej stosowane kody ASCII*

Znak	Kod ASCII (dziesiętny)
a – z	97 – 112
A – Z	65 – 90
0 – 9	48 – 57
spacja	32

Literał łańcuchowy `"Witaj"` jest tak naprawdę tablicą znaków, co pokazano na rysunku 5.3.



Rysunek 5.3. *Literał łańcucha o treści „Witaj”*

Zauważ, że literał kończy się specjalnym znakiem `null` (`\0`). Znak ten jest stosowany do oznaczania końca łańcucha.

Zmienne łańcuchowe

Zmienne łańcuchowe są bardzo podobne do zmiennych tablicowych. Różnicą jest to, że ich wartość początkową można zdefiniować w bardzo prosty sposób:

```
char name[] = "Witaj";
```

Zapis ten definiuje tablicę znaków i inicjalizuje ją łańcuchem znaków o treści „Witaj”. Automatycznie zostanie dodana wartość zerowa (0 w kodzie ASCII) oznaczająca koniec łańcucha.

Wcześniejszy przykład był co prawda zgodny z posiadanymi przez Ciebie wiadomościami dotyczącymi łańcuchów, jednakże częściej spotykany jest następujący zapis:

```
char *name = "Witaj";
```

Jest to zapis równoznaczny z zapisem omówionym wcześniej. Znak * symbolizuje, że mamy do czynienia ze wskaźnikiem. Wskaźnik `name` wskazuje na pierwszy element typu `char` tablicy elementów typu `char`. Jest to miejsce w pamięci, gdzie zapisana jest litera *W*.

Możesz zmodyfikować szkic *05.03.* tak, aby zastosować w nim zarówno zmienne, jak i stałe łańcuchowe:

```
// szkic 05.04.
char message[] = "Witaj";

void setup()
{
   Serial.begin(9600);
}

void loop()
```

```
{
   Serial.println(message);
   delay(1000);
}
```

Tłumacz alfabetu Morse'a

Zastosujmy naszą wiedzę dotyczącą tablic i łańcuchów w celu napisania bardziej złożonego szkicu, który będzie odbierał komunikaty przesłane za pośrednictwem monitora portu szeregowego, a następnie przekazywał je w formie alfabetu Morse'a przy użyciu wbudowanej diody LED.

Tabela 5.2. zawiera litery i cyfry stosowane w alfabecie Morse'a.

Tabela 5.2. *Litery i cyfry w alfabecie Morse'a*

A	.-	N	-.	0	-----
B	-...	*O*	---	*1*	.----
C	-.-.	*P*	.--.	*2*	..---
D	-..	*Q*	--.-	*3*	...--
E	.	*R*	.-.	*4*	....-
F	..-.	*S*	...	*5*	.....
G	-.	*T*	-	*6*	-....
H	....	*U*	..-	*7*	--...
I	..	*V*	...-	*8*	---..
J	.---	*W*	.--	*9*	----.
K	-.-	*X*	-..-		
L	.-..	*Y*	-.--		
M	--	*Z*	--..		

Jedna z zasad tego kodu mówi, że kreska powinna być trzy razy dłuższa od kropki. Odstęp pomiędzy każdą kreską lub kropką jest równy długości kropki. Przerwa pomiędzy dwoma literami trwa tyle samo czasu co kreska. Odstęp pomiędzy dwoma słowami powinien trwać tyle samo co siedem kropek.

W tym projekcie nie będziemy dbali o interpunkcję. Samodzielne dodanie do szkicu obsługi interpunkcji byłoby jednakże bardzo ciekawym ćwiczeniem. Pełną listę znaków stosowanych w alfabecie Morse'a znajdziesz pod adresem *http://pl.wikipedia.org/wiki/Kod_Morse'a*.

Dane

Nasz szkic będziemy budować krok po kroku. Zaczniemy od struktury danych, którą będziesz stosować do reprezentacji kodów.

Warto zrozumieć, że każdy problem natury programistycznej ma więcej niż jedno rozwiązanie. Różni programiści tworzą różne rozwiązania tych samych problemów. Nie warto jest więc myśleć, że „nigdy bym na to nie wpadł". Prawdopodobnie wpadłbyś na coś innego, a być może lepszego. Każdy myśli według innych schematów, a zaprezentowane przeze mnie rozwiązania po prostu wpadły mi do głowy jako pierwsze.

Reprezentacja danych sprowadza się do przełożenia na język C zawartości tabeli 5.2. Utworzymy dwa oddzielne łańcuchy — jeden na litery, a drugi na liczby. Struktura danych obsługująca litery ma następującą postać:

```
char* letters[] = {
   ".-", "-...", "-.-.", "-..", ".", // A-I
   "..-.", "--.", "....", "..",
   ".---", "-.-", ".-..", "--", "-.", // J-R
   "---", ".--.", "--.-", ".-.",
   "...", "-", "..-", "...-", ".--", // S-Z
   "-..-", "-.--", "--.."
};
```

Stworzyłeś tablicę literałów łańcuchowych. A przypominam, że literał łańcuchowy jest tak naprawdę tablicą elementów typu `char`, a więc tak naprawdę otrzymałeś tablicę tablic — coś, co jest w pełni zgodne z zasadami języka C, a ponadto jest bardzo przydatne.

Aby odnaleźć odpowiednik litery *A* w alfabecie Morse'a, musisz uzyskać dostęp do `letter[0]`. W wyniku takiej operacji zostałby zwrócony łańcuch `.-`. Metoda ta nie jest efektywna, ponieważ wykorzystujesz cały bajt (8 bitów) pamięci do zapisania kreski lub kropki, które mogłyby być zapisywane przy użyciu pojedynczych bitów. Możesz to jednakże usprawiedliwić faktem, że zajmujesz tylko 90 bajtów, a dostępnych masz około 2000. Ponadto zaprezentowana technika sprawia, że kod jest łatwy do zrozumienia, co jest również ważne.

Wykonajmy podobną tablicę dla liczb:

```
char* numbers[] = {
   "-----", ".----", "..---", "...--",
   "....-", ".....", "-....", "--...", "---..", "----."};
```

Zmienne globalne i funkcja setup

Musisz zdefiniować parę zmiennych globalnych. Jedna z nich będzie określała czas trwania kropki w alfabecie Morse'a, a druga będzie definiowała złącze, do którego podłączona będzie dioda LED:

```
int dotDelay = 200;
int ledPin = 13;
```

Funkcja `setup` jest dosyć prosta. Musisz tylko zaprogramować złącze tak, żeby działało jako wyjście, a także uruchomić port szeregowy:

```
void setup()
{
   pinMode(ledPin, OUTPUT);
   Serial.begin(9600);
}
```

Funkcja loop

Teraz zaczniesz prawdziwą pracę związaną z przetwarzaniem danych. Funkcja `loop` ma następujący algorytm:

- Jeżeli istnieje znak do wczytania, to wczytaj go za pośrednictwem interfejsu USB:
  - Jeżeli jest to litera, wyświetl ją przy użyciu tablicy liter.
  - Jeżeli jest to liczba, wyświetl ją przy użyciu tablicy liczb.
  - Jeżeli jest to spacja, odczekaj czterokrotność czasu trwania kropki.

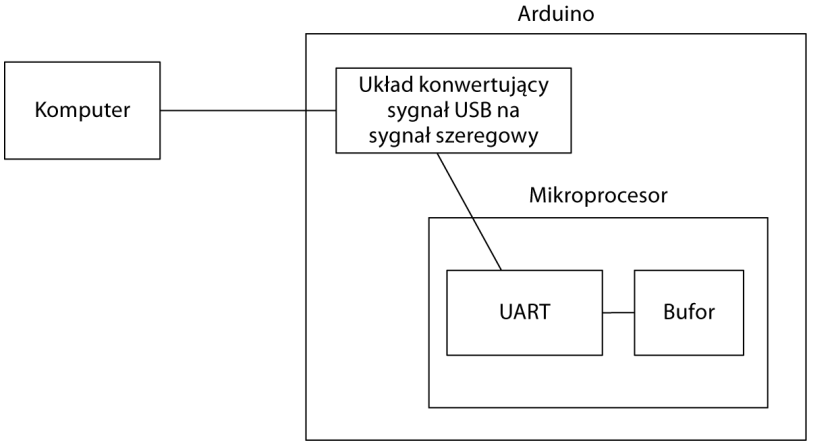
To tyle. Nie powinieneś wybiegać myślami za bardzo do przodu. Algorytm określa to, co chcesz zrobić, lub to, jakie masz **intencje**. Taki styl programowania nosi nazwę **programowania intencyjnego**.

Jeżeli przeniesiesz ten algorytm na język C, to otrzymasz następujący kod:

```
void loop()
{
   char ch;
   if (Serial.available() > 0)
   {
      ch = Serial.read();
      if (ch >= 'a' && ch <= 'z')
      {
         flashSequence(letters[ch - 'a']);
      }
      else if (ch >= 'A' && ch <= 'Z')
      {
         flashSequence(letters[ch - 'A']);
      }
      else if (ch >= '0' && ch <= '9')
      {
         flashSequence(numbers[ch - '0']);
      }
      else if (ch == ' ')
      {
         delay(dotDelay * 4); // odstęp pomiędzy słowami
     }
   }
}
```

Kilka rzeczy ujętych w tym kodzie wymaga wyjaśnienia. Pierwszą rzeczą jest zapis `Serial.available()`. Aby go zrozumieć, musisz posiąść pewną wiedzę dotyczącą komunikacji pomiędzy Arduino a komputerem poprzez złącze USB. Schemat tej komunikacji został przedstawiony na rysunku 5.4.

Dane z monitora portu szeregowego są przesyłane z komputera na płytkę Arduino. Następnie sygnał zgodny ze standardem i protokołem USB jest przetwarzany na sygnał akceptowany przez mikrokontroler znajdujący się na płytce Arduino. Później specjalny układ dokonuje konwersji sygnału. Następnie dane są odbierane przez UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter* — z ang. uniwersalny asynchroniczny nadajnik i odbiornik). Jest to element mikrokontrolera, który umieszcza otrzymane dane w buforze. Bufor jest specjalnym miejscem w pamięci (128 bajtów), gdzie przechowywane są dane, które są usuwane zaraz po ich odczytaniu.



Rysunek 5.4. *Komunikacja komputera z Arduino*

Komunikacja przebiega niezależnie od wykonywanego szkicu. Dane będą dostarczane do bufora, gdzie będą czekać na odczyt, nawet podczas wykonywania operacji migania diodami LED. Pracę bufora możesz sobie wyobrazić jako działanie skrzynki odbiorczej poczty elektronicznej.

Nadejście „nowych wiadomości" sprawdzasz za pomocą funkcji `Serial.available()`. Funkcja ta zwraca liczbę bajtów danych czekających na odczyt w buforze. Jeżeli bufor jest pusty, funkcja zwraca wartość 0. Dlatego zastosowaliśmy instrukcję `if`, która sprawdza, czy do odczytu jest więcej niż 0 bajtów danych. Jeżeli w buforze znajdują się jakieś dane do odczytu, to kolejny dostępny element typu `char` jest odczytywany przy użyciu funkcji `Serial.read()`. Funkcja ta zostaje przypisana do zmiennej lokalnej `ch`.

Następnie powinniśmy umieścić kolejną instrukcję `if`, która sprawdzi, jaki znak będziesz wyświetlać za pomocą błysków diody LED:

```
if (ch >= 'a' && ch <= 'z')
{
   flashSequence(letters[ch - 'a']);
}
```

Na początku używanie operatorów `<=` i `>=` do porównywania znaków może wydawać się czymś dziwnym. Operatory te możemy jednakże stosować w ten sposób. Każdy znak jest reprezentowany liczbą (kodem ASCII). Jeżeli kod opisuje znaki od *a* do *z* (mieści się w przedziale od 97 do 122), to wiesz, że z komputera została przekazana mała litera. Następnie możesz wywołać nienapisaną jeszcze funkcję `flash.Sequence`. Do tej funkcji przekażemy łańcuch składający się z kropek i kresek. Na przykład w celu wyświetlenia za pomocą błysków diody LED litery *a* przekażemy do tej funkcji w roli argumentu ciąg `.-`.

Przenosisz do tej funkcji całkowitą odpowiedzialność za wykonywanie błysków diodą. Nie próbuj przeprowadzać tej operacji wewnątrz funkcji `loop`. W ten sposób kod będzie bardziej przejrzysty.

Poniżej znajduje się kod określający ciąg kropek i kresek, które następnie będziesz musiał przekazać funkcji `flashSequence`:

```
letters[ch - 'a']
```

Również ten zapis może wydawać się dziwny. Funkcja wydaje się odejmować od siebie znaki. Zapis ten jest jednakże poprawny. W naszym programie odejmujemy wartości będące kodami ASCII.

Pamiętaj o tym, że kody liter przechowujesz w tablicy, a więc pierwszy element tablicy przechowuje ciąg kropek i kresek symbolizujących literę *A*. Drugi element tablicy przechowuje ciąg symbolizujący literę *B* itd. Musisz odnaleźć pozycję w tablicy, której odpowiada litera pobrana z bufora. Pozycja małych liter będzie taka sama jak pozycja liter wielkich. Wystarczy przeprowadzić proste działanie matematyczne polegające na odjęciu wartości kodu symbolizującego literę *a*. Działanie *a*–*a* to tak naprawdę operacja 97–97 = 0. Podobnie *c*–*a* to tak naprawdę 99–97 = 2. Jeżeli w przytoczonym powyżej kodzie zmienna `ch` będzie przechowywała literę *c*, to działanie umieszczone w nawiasie da w wyniku wartość 2, a z tablicy zostanie pobrany element o numerze 2, czyli ciąg `-.-.`.

Podrozdział, który właśnie przeczytałeś, opisuje obsługę małych liter. Musisz także obsłużyć wielkie litery i cyfry. Ich obsługa będzie przebiegała w podobny sposób.

Funkcja flashSequence

Wcześniej zakładaliśmy istnienie funkcji `flashSequence` i stosowaliśmy ją w kodzie programu. Teraz musimy ją napisać. Planowaliśmy, że funkcji tej będziemy przekazywać łańcuch składający się z serii kropek i kresek, a funkcja ta będzie wykonywała odpowiednią liczbę błysków w odpowiednim czasie.

Obmyślając algorytm tej funkcji, możesz podzielić go na dwa etapy:

- Dla każdego elementu łańcucha kresek i kropek (np. `.-.-`)
  - wykonuj odpowiednio długi błysk.

Stosując zasady programowania intencyjnego, postarajmy się, aby funkcja była jak najprostsza.

Kody Morse'a różnych liter mają różną długość. Będziesz wiec musiał zastosować pętlę przeglądającą łańcuch aż do napotkania znaku \0. Będzie Ci również potrzebna zmienna o nazwie `i`, o początkowej wartości 0. Wartość tej zmiennej będzie zwiększana podczas przeglądania kolejnych kropek i kresek:

```
void flashSequence(char* sequence)
{
   int i = 0;
   while (sequence[i] != '\0')
   {
      flashDotOrDash(sequence[i]);
      i++;
   }
   delay(dotDelay * 3); // odstęp pomiędzy literami
}
```

Odpowiedzialność za włączanie i wyłączanie diody LED zostaje przeniesiona na nową funkcję o nazwie `flashDotOrDash`. Gdy program wygeneruje odpowiednie błyski dla wszystkich kropek i kresek, następuje pauza o długości trzech kropek. Zauważ, jak przydatne w tym miejscu okazało się zastosowanie komentarza.

Funkcja flashDotOrDash

Ostatnia brakująca funkcja będzie bezpośrednio włączała i wyłączała diodę LED. Funkcja ta przyjmuje pojedynczy argument, który będzie kropką (`.`) lub kreską (`-`).

Funkcja włącza diodę LED i oczekuje określony okres czasu, jeżeli do funkcji została przekazana kropka. Jeżeli do funkcji została przekazana kreska, funkcja odczekuje trzy razy dłuższy okres czasu. Po tym czasie następuje wyłączenie diody LED. Na koniec funkcja musi odczekać czas równy czasowi „wyświetlania" kropki — w ten sposób zaznaczany jest odstęp pomiędzy błyskami.

```
void flashDotOrDash(char dotOrDash)
{
   digitalWrite(ledPin, HIGH);
   if (dotOrDash == '.')
   {
      delay(dotDelay);
   }
   else // jeżeli nie jest kropką, to musi być kreską
   {
      delay(dotDelay * 3);
   }
   digitalWrite(ledPin, LOW);
   delay(dotDelay); // odstęp pomiędzy błyskami
}
```

Składanie całości programu

Cały program zawierający wszystkie funkcje znajduje się w szkicu *05.05*. Załaduj go na płytkę Arduino i uruchom. Pamiętaj, że aby korzystać z tego szkicu, musisz otworzyć monitor portu szeregowego, wpisać jakiś tekst, a następnie kliknąć ikonę *Send*. Wpisany przez Ciebie tekst powinien zostać przekształcony na alfabet Morse'a przy użyciu wbudowanej w Arduino diody LED.

```
// szkic 05.05.
int ledPin = 13;
int dotDelay = 200;

char* letters[] = {
   ".-", "-...", "-.-.", "-..", ".", "..-.", "--.", "....", "..",     // A-I
   ".---", "-.-", ".-..", "--", "-.", "---", ".--.", "--.-", ".-.",  // J-R
   "...", "-", "..-", "...-", ".--", "-..-", "-.--", "--.."          // S-Z
};

char* numbers[] = {
   "-----", ".----", "..---", "...--", "....-", ".....", "-....", "--...", "---..", "----."};
```

```
void setup()
{
   pinMode(ledPin, OUTPUT);
   Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
   char ch;
   if (Serial.available() > 0)
   {
      ch = Serial.read();
      if (ch >= 'a' && ch <= 'z')
      {
         flashSequence(letters[ch - 'a']);
      }
      else if (ch >= 'A' && ch <= 'Z')
      {
         flashSequence(letters[ch - 'A']);
      }
      else if (ch >= '0' && ch <= '9')
      {
         flashSequence(numbers[ch - '0']);
      }
      else if (ch == ' ')
      {
         delay(dotDelay * 4);  // odstęp pomiędzy błyskami
      }
   }
}

void flashSequence(char* sequence)
{
   int i = 0;
   while (sequence[i] != NULL)
   {
      flashDotOrDash(sequence[i]);
      i++;
   }
   delay(dotDelay * 3);     // odstęp pomiędzy literami
}

void flashDotOrDash(char dotOrDash)
{
   digitalWrite(ledPin, HIGH);
   if (dotOrDash == '.')
   {
      delay(dotDelay);
   }
   else // jeżeli nie jest kropką, to musi być kreską
   {
      delay(dotDelay * 3);
   }
   digitalWrite(ledPin, LOW);
   delay(dotDelay); // odstęp pomiędzy błyskami
}
```

W szkicu umieszczono funkcję `loop`, która jest wywoływana automatycznie. Funkcja ta wywołuje napisaną przez Ciebie funkcję `flashSequence`, która to z kolei wywołuje napisaną przez Ciebie funkcję `flashDotOrDash`, a ta wywołuje funkcje `digitalWrite` i `delay`, które to są funkcjami „wbudowanymi" w Arduino.

Tak powinny wyglądać Twoje szkice. Podział szkicu na funkcje pozwala na łatwiejszą implementację kodu. Ułatwia on również powrót do pracy nad szkicem po dłuższej przerwie.

Podsumowanie

W tym rozdziale poznałeś podstawowe wiadomości dotyczące łańcuchów i tablic. Napisałeś dość złożony szkic tłumaczący wprowadzany tekst na alfabet Morse'a. Mam nadzieję, że dzięki temu szkicowi zrozumiałeś, jak ważny jest podział programu na funkcje.

W kolejnym rozdziale opiszemy zagadnienia związane z wejściami i wyjściami. Omówimy wprowadzanie do Arduino, a także wyprowadzanie z niego, sygnałów analogowych i cyfrowych.

Skorowidz

A

adres MAC, 124
akapit, 123
alfabet Morse'a, 67, 71, 73, 107
algorytm, 67, 75
antena, 85
Arduino
  aplikacja, 33
  dokumentacja, 19
  historia, 19
  uruchamianie, 27

B

Banz Massimo, 19
biblioteka, 91
  Bounce, 91, 92
  Ethernet, 126
  funkcji matematycznych, 99
  nieoficjalna, 108
  obsługująca wyświetlacze LCD, 116, 134
  pgmspace, 108
  Processing, 97
  PROGMEM, 108
  tworzenie, 134
  Wiring, 97
bit, 99
Boole George, 60
bufor, 75

C

camelCase, 42
CPU, 18
Cuartielles David, 19

D

dane
  kompresja, 112, 113
  struktura, 67
  typ, Patrz: zmienna typ
  zapis
    do pamięci EEPROM, 109, 110, 111, 112
    do pamięci flash, 108
    unia, 110
  zapisywanie, 107
debugowanie, 56
dioda LED, Patrz: LED
dyrektywa
  #define, 52, 56
  #include, 92
  PROGMEM, 107, 108, 112

E

EEPROM, 15, 18, 109
  wymazywanie, 112
  zapis danych, 109, 110, 111, 112
Ethernet, 121

F

formularz, 126
funkcja, 53, 58
  abs, 100
  argument, 36, 58
  bitRead, 101
  bitWrite, 102
  client.connected, 126
  client.stop, 126
  constrain, 100
  cos, 100
  definiowanie, 40
  delay, 39, 51
  digitalWrite, 36, 39, 88
  EEPROM.write, 109
  highByte, 110
  interrupts, 104
  log, 100
  loop, 38, 39, 40, 41, 75
  lowByte, 110
  map, 100
  matematyczna, 47, 99
  max, 100
  millis, 126
  min, 100
  noTone, 103
  pageNameIs, 130
  parametr, 127
  parametry, 54, 55
  pgm_read_word, 108
  pinMode, 40, 83

funkcja
pow, 100
random, 98
readHeader, 130
Serial.available, 75, 76
Serial.println, 45
server.available, 126
setup, 38, 39, 40, 44, 74
setValuesFromParams, 130
shiftOut, 103
sin, 100
sqrt, 100
tan, 100
tone, 102
trygonometryczna, 100
typu int, 58
typu void, 58
valueOfParam, 130
wartość zwracana, 58
wejścia, 102
writeHTMLforPin, 130
wyjścia, 102
wywołanie, 36
wywoływanie, 40

G

generator
alfabetu Morse'a, 71
drgań, 19
liczb losowych, 97, 99
osadzanie, 99
sprzętowy, 99

H

hermetyzacja, 56, 133
HTML, 122
znacznik, Patrz: znacznik

I

interfejs, 15
USB, 19, 45, 97
interferencja
elektromagnetyczna, 87

J

jednostka centralna, Patrz: CPU
język
C, 35
funkcja wbudowana, 36
nazwa, 36
składnia, 36, 42
C++, 93, 133
hipertekstowego znakowania informacji, Patrz: HTML
Java, 97

K

klasa, 133
LiquidCrystal, 134
kod, Patrz też: szkic
ASCII, 71, 76
blok, 40
HTML, Patrz: HTML
testowanie, 44
wcięcia, 62
zapis, 62
komentarz, 64
komunikat błędu, 37
konstruktor, 135, 136
kontroler Bluetooth, 23

L

LED, 78
liczba
całkowita, 42
losowa, 97
mapowanie, 100
ograniczenie, 100
pseudolosowa, 98
w systemie dwójkowym, Patrz: bit
zmiennoprzecinkowa, 59
licznik, 50
literał łańcuchowy, 71

M

mechanizm obiektowy, 133
metoda, 133, 135
Flasher, 135
prywatna, 133
publiczna, 133
mikrokontroler
ATmega1280, 22
ATmega168, 21
ATmega328, 16, 18, 21
bufor, Patrz: bufor
PIC, 25
wymiana, 22
modem USB, 29
modulacja czasu trwania impulsu, Patrz: PWM
moduł wyświetlacza LCD, Patrz: wyświetlacz LCD
monitor portu szeregowego, 44, 83, 85
multimetr, 81

N

nagłówek, 123, 130
numer IP, 124

O

obiekt bouncer, 93
operacja
dodawania, 47
dzielenia, 47
iloczynu logicznego, 60
logiczna, 60
matematyczna, 97, 99
kolejność, 47
mnożenia, 47
na bitach, 97
odejmowania, 47
porównywania, 60
sumy logicznej, 60
operator porównywania, 48
opóźnienie, 91
oprogramowania
instalowanie, 28

P

pamięć, 70
flash, 18, 107
zapis danych, 108
o dostępie bezpośrednim, Patrz: RAM
operacyjna, 19
robocza, 18
stała programowalna, Patrz: EEPROM

pętla
for, 49
argumenty, 50
while, 51
pierwiastek, 100
pin, Patrz: złącze
plik
.cpp, 134, 136
.h, 134
implementacji, 134, 136
LiquidCrystal.h, 134
nagłówkowy, 134, 136
płyta
Arduino, 17, 24, 25
nieoficjalna, 25
zasilanie, Patrz: zasilanie
złącze analogowe, Patrz: złącze analogowe
złącze cyfrowe, Patrz: złącze cyfrowe
Arduino Bluetooth, 23
Arduino Lilypad, 24
Arduino Mega, 22
Arduino Nano, 22
Arduino Uno, 21, 22, 29
Chipkit, 25
Diecimila, 21
Duemilanove, 21
Femtoduino, 25
Freeduino, 25
Roboduino, 25
rozwojowa, 16
Ruggeduino, 25
Seeeduino, 25
stykowa, 20, 22
Ethernet, Patrz: Ethernet
Host USB, Patrz: Host USB
Motor, Patrz: Motor
Teensy, 25
wyświetlacza LCD, Patrz: wyświetlacz LCD
polecenie, 47
if, 47, 48, 49
warunek, Patrz: warunek
include, 134
int, 113
return, 58
port
COM3, 29
szeregowy, 19, 29
monitor, Patrz: monitor portu szeregowego
program, Patrz: szkic
programator zewnętrzny, 24
programowanie intencyjne, 75
protokół
DHCP, 124
HTTP, 122
przeglądarka, 126
przekaźnik, 20
przełącznik, 85
dotykowy, 88
typu klik, 88
przerwanie, 103
CHANGE, 104
FALLING, 104
RISING, 104
przypisanie, 45, 49
Pulse Width Modulation, Patrz: PWM
PWM, 93, 95

R

RAM, 15, 18, 107
regulator
napięcia, 17
rezystor
podwyższający, 85, 89
wewnętrzny, 88
rzutowanie, 113

S

serwer
sieci Web, 123
wyszukiwarki Google, 123
shield, Patrz: płyta stykowa
silnik elektryczny, 18, 20
słowo kluczowe
int, 58
PROGMEM, 108
static, 57
void, 39, 40
stała, 56, 109
standard ASCII, Patrz: kod ASCII
stuki, 89
redukcja, 91
sygnał przerwania, 104
system
dwójkowy, 99
heksadecymalny, Patrz: system szesnastkowy
szesnastkowy, 101
szkic, 18, Patrz też: kod
Blink, 27
kompilacja, 32, 37, 39
ładowanie, 28, 32, 37
wbudowany, 33
wykonywanie, 32
szkicownik, 33

T

tablica, 67
element, 68, 70
typu char, 71
indeks, 67
łańcuchów, 71
tablic, 74
znaków, 108
temperatura, 45

U

UART, 75
układ
ENC28J60, 122
HD44780, 115
regulatora napięcia, Patrz: regulator napięcia
rejestru przesuwnego, 103
unia, 110
Universal Asynchronous Receiver/Transmitter, Patrz: UART
urządzenie sieciowe, 124

W

wartość logiczna, 60
wejście, Patrz: złącze:wejściowe
Wirth Niklaus, 67
wyjście, Patrz: złącze:wyjściowe
wyświetlacz LCD, 115, 116

Z

zasilanie, 122
złącze, 17
zegar, 103

złącze
analogowe, 18
cyfrowe, 18
D2, 104
D3, 104
GND, 85
sterowanie, 130
zasilające, 17
USB, 21, 23, 24, 75
wejściowe, 40, 85
analogowe, 81
cyfrowe, 81, 84
pływające, 85, 99
włączanie, 126
wyjściowe, 40
13, 35
analogowe, 81, 93
cyfrowe, 81, 95
wyłączanie, 126
zmienna, 42, 45
boolean, 60, 61
byte, 61
char, 61, 71
deklarowanie, 46
double, 61
float, 59, 61, 112
globalna, 55, 56, 74
int, 42, 46, 59, 61, 100, 112
lokalna, 56
inicjalizowanie, 56, 57
long, 61
łańcuchowa, 72, 111
nazwa, 42
składowa, 133
tablicowa, 68, 70
typ, 61
konwersja, 113
unsigned int, 61
unsigned long, 61
wartość początkowa, 46
znacznik
body, 123, 126
h1, 123, 126
html, 123, 126
otwierający, 123
p, 123, 126
zamykający, 123
znak
!=, 48
&, 130
&&, 60
*/, 64
/*, 64
//, 64
?, 130
||, 60
<, 48, 123
<=, 48
=, 49, 52
==, 48, 49
>, 48, 123
>=, 48
biały, 63
cudzysłowu podwójnego, 71
gwiazdki, 47
końca łańcucha, 72
kreski ukośnej, 47
nawiasu, 40, 47
nawiasu klamrowego, 40, 63, 68
nawiasu kwadratowego, 68
nowego wiersza, 63
null, 72
przecinka, 36, 50
równości, 45
separatora dziesiętnego, 59
spacji, 62, 63
średnika, 36, 40, 50, 52
tabulacji, 62, 63
większości, 48

Ż

żądanie, 127

Lektura obowiązkowa każdego adepta platformy Arduino!

Jeśli nie po drodze Ci z lutownicą i trawieniem płytek, a Twoją pasją jest elektronika, Arduino to platforma dla Ciebie! Dzięki niej rozwiniesz skrzydła i zrealizujesz swoje wymarzone projekty. Do rynkowego sukcesu Arduino z pewnością przyczyniły się świetna dokumentacja, obszerne źródła informacji oraz środowisko przeznaczone specjalnie do tworzenia oprogramowania. Obecnie dzięki tej platformie oraz dodatkowym akcesoriom jesteś w stanie zbudować praktycznie dowolny projekt — nieważne, czy jest to licznik Geigera, czy sterownik oświetlenia LED.

W tej książce główny nacisk został położony na aspekty związane z programowaniem Arduino. W trakcie lektury opanujesz podstawy języka C, a poza tym nauczysz się używać struktur danych oraz korzystać z analogowych i cyfrowych złączy znajdujących się na płytce Arduino. Ponadto poznasz możliwości standardowej biblioteki Arduino, sposoby zapisywania programu oraz techniki wyświetlania informacji na ekranach LCD. Na koniec dowiesz się, jak podpiąć płytkę Arduino do sieci, a następnie zaprogramować aplikację sieci Ethernet. Książka ta jest doskonałym podręcznikiem dla wszystkich pasjonatów elektroniki chcących lepiej poznać platformę Arduino.

Dzięki tej książce:

- zaznajomisz się z konstrukcją płytki Arduino
- poznasz podstawy języka C wymagane do programowania Arduino
- odbierzesz i wyślesz dane przez interfejs wejścia-wyjścia
- rozpoczniesz przygodę z platformą Arduino

helion.pl księgarnia internetowa

Nr katalogowy: 17859

Księgarnia internetowa: http://helion.pl

Zamówienia telefoniczne: 0 801 339900 0 601 339900

Helion

Sprawdź najnowsze promocje: http://helion.pl/promocje
Książki najchętniej czytane: http://helion.pl/bestsellery
Zamów informacje o nowościach: http://helion.pl/nowosci

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

Informatyka w najlepszym wydaniu

sięgnij po WIĘCEJ
KOD KORZYŚCI

ISBN 978-83-246-8707-7

cena: 29,90 zł