

# mbed.org

## Kompilator, którego nie zainstalujesz!

*To, co na pierwszy rzut oka przypomina prostą płytę laboratoryjną z mikrokontrolerem jest pomocą dydaktyczną, która radykalnie zmienia sposób poznawania nowych mikrokontrolerów. Jej największą zaletą, i jednocześnie wadą, jest konieczność dostępu do Internetu.*



Producenci mikrokontrolerów i innych złożonych układów cyfrowych prześcigają się w promowaniu swoich coraz to nowszych rozwiązań. Oprócz informacji z firmowych stron internetowych oraz not katalogowych najlepszym sposobem oceny nowego układu jest sprawdzenie jego możliwości funkcjonalnych w działającym urządzeniu. Z tego powodu większości premier mikrokontrolerów towarzyszą zapowiedzi zestawów ewaluacyjnych, dzięki którym można sprawdzić ich działanie w rzeczywistej aplikacji oraz zapoznać się ze sposobem przygotowywania oprogramowania. Często płytki takich zestawów pełnią funkcję projektów referencyjnych dla inżynierów projektujących obwody drukowane (szczególnie dla urządzeń radiowych). Zestawy ewaluacyjne mogą być obudowane zbyt wieloma układami peryferyjnymi, ale mogą też mieć formę dużo prostszą z minimum niezbędnych elementów, takich jak przycisk reset i kilka diod LED. W większości przypadków do zestawu dołączona jest płyta CD lub DVD z oprogramowaniem narzędziowym służącym do przygotowywania programów na dany mikrokontroler w assemblerze lub języku C, zasilacz oraz czasami programator/debugger (niestety często trzeba go dokupić osobno).

Projektanci płytki PCB oraz oprogramowania narzędziowego opisywanego zestawu wybrali drogę prostoty i funkcjonalności.

### Kolejny zestaw ewaluacyjny...

Zestaw ewaluacyjny mbed jest wręcz bardzo ubogi w porównaniu z liczbą zewnętrznych złączy oraz układów interfejsowych. Na niewielkiej płytce PCB znalazło się miejsce jedynie dla mikrokontrolera LPC1768, 4 diod LED, przycisku zerowania, mostka Ethernet PHY oraz złącza USB. „Siła” dydaktyczna tego

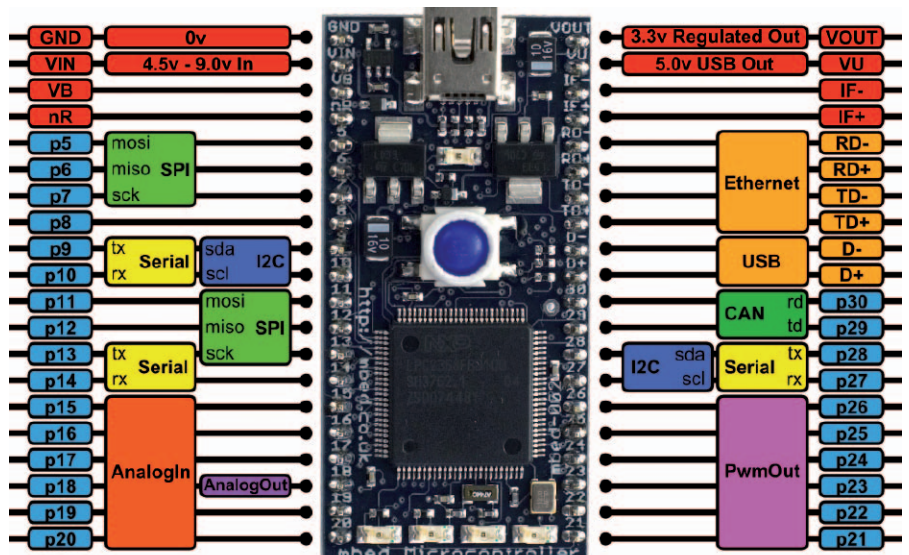
zestawu nie wynika więc z mnogości dostępnych peryferiów, lecz z odmiennego podejścia do procesu poznawania nowego mikrokontrolera oraz sposobu jego programowania. Wykonany jest jako 40-końcówkowy moduł DIP. Można go więc z łatwością użyć we własnym prototypie, czy na płytce uniwersalnej (wymiary płytki 44×26 mm). Na rynku dostępna jest też płytka bazowa firmy Embedded Artist, która jest kompatybilna pod względem wyprowadzeń z zestawem mbed.

Zestaw może być zasilany z portu USB albo z zasilacza o napięciu 4,5...9 V. W trakcie pracy pobiera mniej niż 200 mA prądu lub <100 mA przy wyłączonym mostku Ethernet PHY. Wejścia cyfrowe są przystosowane do napięcia 3,3 V, a obciążalność ich wyjść wynosi 40 mA (maksymalnie 400 mA dla całego układu).

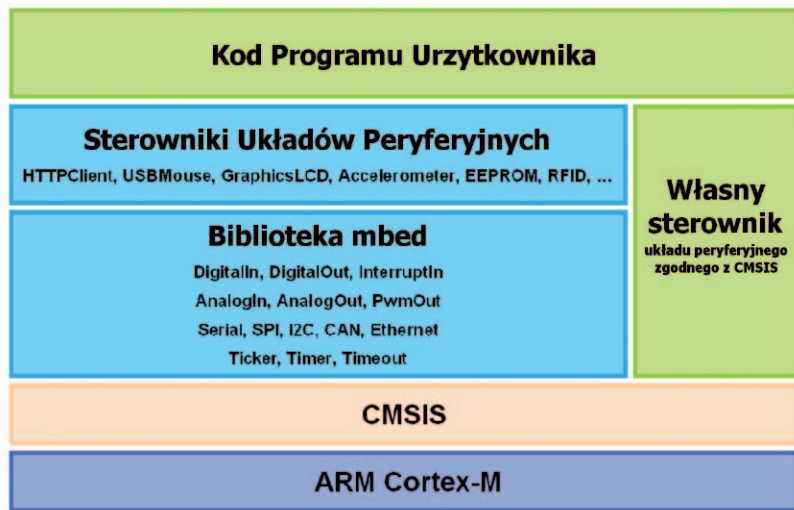
W odróżnieniu od większości zestawów ewaluacyjnych do rozpoczęcia pracy z nowym mikrokontrolerem LPC1768 potrzebujemy wyłącznie wolnego portu USB w komputerze oraz dostępu do Internetu. Nawet najwolniejsze połączenie Internetowe będzie w zupełności wystarczające, gdyż nie trzeba pobierać środowiska programistycznego ze strony producenta, które może mieć często objętość dobrych kilkuset MB.

Kompilator zestawu ewaluacyjnego mbed jest dostępny poprzez przeglądarkę www. Działa więc w dowolnym systemie operacyjnym, pod większością nowoczesnych przeglądarek www z obsługą Javy. Jest to więc prawdopodobnie jedyny kompilator, który potencjalnie będzie działał w systemie operacyjnym Google Chrome OS.

Chrome OS ma służyć do łączenia się aplikacjami webowymi. Przyjęto, że przechowywa-



Rys. 1. Opis wyprowadzeń zestawu mbed



Rys. 2. Model warstwowo oprogramowania mbed

nie plików możliwe jest wyłącznie na zdalnych serwerach, a na komputerze działającym pod tym systemem operacyjnym nie można zapisać żadnych plików. Na tej zasadzie działa już wiele aplikacji sieciowych. Najprostszym przykładem jest poczta email obsługiwana przez przeglądarkę – takie usługi oferuje Gmail, Onet.pl czy Interia.

W duchu *cloud computing*, czyli aplikacji dostępnych w całości na zdalnym serwerze, działa też kompilator mbed. Obsługuje się go przez przeglądarkę www, a wynikowy plik programu zapisuje się bezpośrednio w pamięci Flash mikrokontrolera.

### Możliwości sprzętowe

Sercem zestawu ewaluacyjnego jest mikrokontroler LPC1768, jeden z najnowszych układów firmy NXP opartych na rdzeniu Cortex-M3. LPC1768 jest taktowany sygnałem zegarowym o częstotliwości 100 MHz. Ma 64 kB pamięci SRAM oraz 512 kB pamięci Flash. Potężne wręcz możliwości jednostki sterującej oraz duża pamięć uzupełniona jest bogatym zestawem interfejsów: Ethernet MAC, USB 2.0 OTG, SPI, I<sup>2</sup>C, CAN, UART oraz innych bloków: modulator PWM, przetworniki A/C i C/A. Jak już napisano wyżej, płytka PCB zawiera minimum układów peryferyjnych.

Dołączona do zestawu tradycyjna dokumentacja jest uboga, ale pomimo tego przydatna. Między innymi zawiera kartę wielkości karty kredytowej z opisem wyprowadzeń (rys. 1). Pełna dokumentacja jest oczywiście dostępna online.

### Łatwość programowania

Zwykłe o popularności produktu nie świadczy mnogość jego funkcji, czy efektywny design, tylko prostota użytkowania. Twórcy zestawu mbed postawili sobie za cel uproszczenie konfiguracji i programowania mikrokontrolera. Do obsługi jego peryferiów dostarczane są biblioteki programistyczne z łatwym do użycia API (interfejsem programistycznym aplikacji). Biblioteki te korzystają z ujednoliconego interfejsu programistycznego CMSIS firmy ARM. Na rys. 2 przedstawiono model warstwowo aplikacji opracowanych dla zestawu ewaluacyjnego mbed.

Zmieniono również sposób przygotowywania oprogramowania aplikacji dla mikrokontrolerów. Biblioteka jest w języku C++, a nie w C. Wśród zmian, które wnoszą język C++, jest obiektowe podejście do projektowania oprogramowania. Układy peryferyjne, jak np. wejście cyfrowe (portu GPIO) jest

### List. 1. Obsługa portu GPIO

```
#include „mbed.h”
// konfigurowanie portu na wyjście
DigitalOut myled(LED1); //definicja
objektu klasy DigitalOut o nazwie
myled
int main() {
    while(1) {
        myled = 1;
        wait(0.25);
        myled = 0;
        wait(0.25);
    }
}
```

reprezentowane przez obiekt klasy DigitalIn. Dla osób nie mających styczności z projektowaniem zorientowanym obiektowo stwierdzenie to może brzmieć enigmatycznie. Jednak po zapoznaniu się z dokumentacją biblioteki API, korzystanie z nich nie powinno stanowić większego problemu. Na list. 1 przedstawiono konfigurowanie portu GPIO jako cyfrowego wyjścia oraz prostą pętlę while(), w której co 500 ms zmieniany jest jego stan. Port ten służy do sterowania diodą LED. Nazwa LED1 została zdefiniowana w plikach nagłówkowych zestawu.

Dzięki odpowiednio napisanym klasom języka C oraz użyciu możliwości języka C++ (przeladowywanie operatorów) ustawianie poziomu wysokiego lub niskiego na odpowiednim wyjściu jest identyczne do zapisu ustawiania wartości zmiennej. Inne jest jedynie konfigurowanie portów, gdyż zamiast definicji preprocesora (np. #define LED1 PORTB^1) tworzy się obiekt klasy DigitalOut. Jest to proces analogiczny do definiowania zmiennych w języku C, w którym definiuje się zmienną (obiekt) typu int (DigitalOut). Podobnie jak struktury w języku C, obiekty mogą mieć wiele zmiennych składowych, ale mogą mieć też funkcje składowe.

Opcjonalnie, stan portu można ustawić za pomocą funkcji write() obiektu DigitalOut. W ogólnym przypadku funkcje takie wywołuje się na rzecz utworzonego obiektu operatorem '.', np.:

```
myled.write(1);
```

Należy podkreślić, że przykład obsługi portu jest bardzo prostym użyciem techniki

R E K L A M A

**Konwerter USB <-> RS232**  
**AVTMOD09**

[www.sklep.avt.pl](http://www.sklep.avt.pl)

**PŁYTKI DRUKOWANE**  
**SATLAND**  
**PROTOTYPE**

Szukasz profesjonalnego producenta PCB?  
Masz nietypowy projekt, a może zależy Ci na czasie?  
Właśnie znalazłeś najlepsze rozwiązanie!

**JESTEŚMY JEDYNĄ W POLSCE FIRMĄ REALIZUJĄCĄ ZAMÓWIENIA W 5 GODZIN!**

**EKSPRESOWO**  
**PROFESJONALNIE**  
**TERMINOWO**  
**KONKURENCYJNE CENY**

Ceny już od 10 zł/dm<sup>2</sup>

[www.prototypy.com](http://www.prototypy.com)  
Siedziba firmy: ul. Sarnia 5, 80-336 Gdańsk tel. (058) 554-07-64



```

List. 2. Obsługa interfejsu UART
#include „mbed.h”
//utworzenie dwóch obiektów klasy
Serial
Serial pc(USBTX, USBRX); // tx, rx
Serial device(p9, p10); // tx, rx

int main() {
    while(1) {
        if(pc.readable()) {
            device.putc(pc.getc());
        }
        if(device.readable()) {
            pc.putc(device.getc());
        }
    }
}
    
```

```

List. 3. Konfigurowanie interfejsu UART
#include „mbed.h”

Serial device(p9, p10); // tx, rx

int main() {
    //konfigurowanie interfejsu UART
    device.baud(19200);
    device.format(5, Serial::None,
2);
    //przesłanie wiadomości
    device.printf(„Pozdrowienia od
EP!\n”);
}
    
```

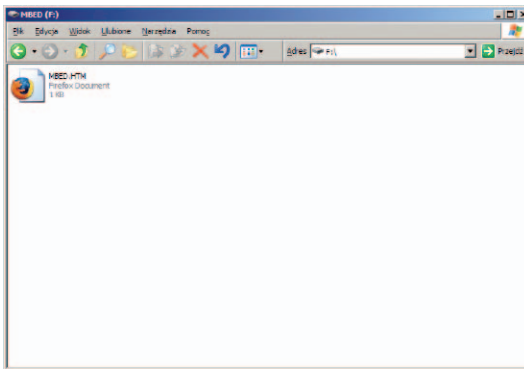
programowania zorientowanego obiektowo. Programowanie orientowane obiektowo nie sprowadza się wyłącznie do tak prostego użycia obiektów. Jednym z potężniejszych narzędzi języków obiektowych jest m.in. możliwość dziedziczenia zmiennych i funkcji składowych z innych obiektów. Ponieważ temat programowania zorientowanego obiektowo wykracza znacznie poza opis możliwości zestawu ewaluacyjnego mbed zachęcamy czytelników do zapoznania się tą tematyką we własnym zakresie.

Bardziej interesująca jest obsługa złożonych peryferiów, jak np. portu SPI lub UART. Na płycie mbed jest możliwość komunikacji przez interfejs szeregowy RS lub przez USB (sterownik USB na płycie). Przykładowa aplikacja przesyłania komend pomiędzy komputerem PC a zewnętrznym interfejsem UART została przedstawiona na **list. 2**. Funkcja `pc.readable()` sprawdza czy w buforze są dane do odczytania. Funkcje składowe `Serial.getc()` i `Serial.putc()` służą odpowiednio do odczytywania i zapisywania pojedynczego znaku do bufora interfejsu.

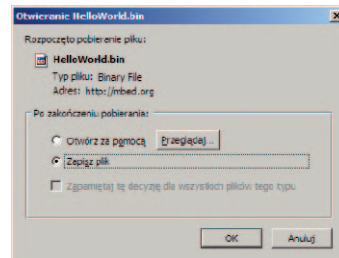
Domyślnie port UART jest konfigurowany do pracy z przepływnością 9600 baud, w formacie: 8 bitów danych, bez bitu parzystości oraz z jednym bitem stopu, co można zapisać skrótowo 9600 8N1. Konfigurowanie portu o innych parametrach (19200 5N2) została przedstawiona na **list. 3**.

**Pisanie programów online**

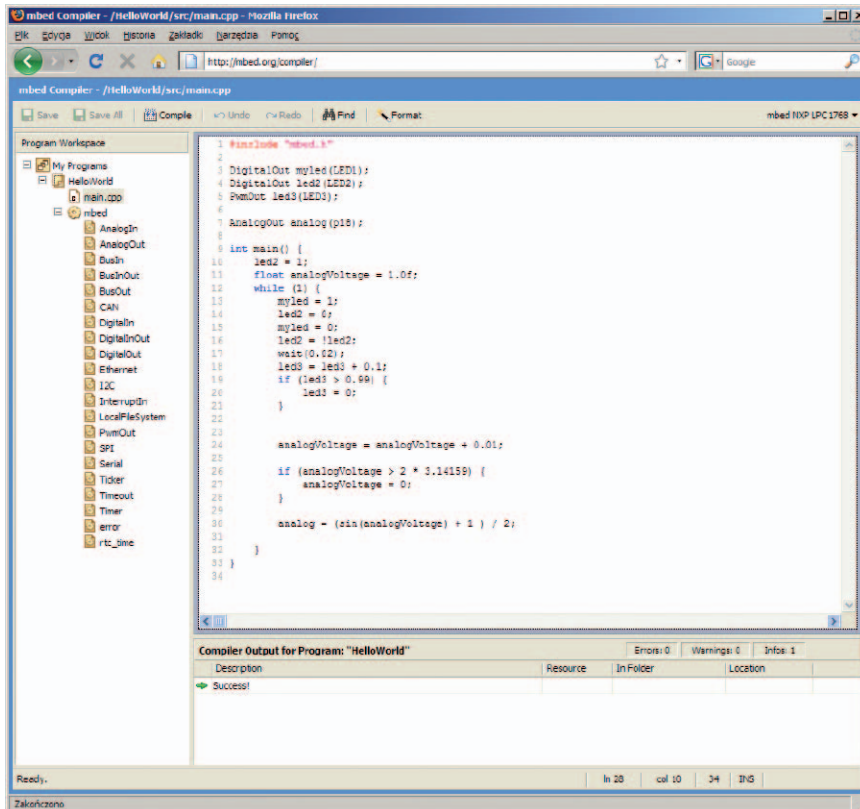
Jak wspomniano, kod programu dla zestawu mbed jest pisany w edytorze kompilatora uruchamianego przez przeglądarkę WWW. Może być jednak przygotowany w dowolnym edytorze tekstowym i zaimportowany do kompilatora. Aby uruchomić kompilator należy zalogować się na stronie [www.mbed.org](http://www.mbed.org). Do utworzenia konta na stronie mbed niezbędne jest posiadanie zestawu ewaluacyjnego oraz jego numeru seryjnego.



**Rys. 3. Zawartość pamięci kontrolera widoczna w systemie Windows**



**Rys. 5. Pobieranie pliku wynikowego z kompilatora online**



**Rys. 4. Kompilator online**

Po podłączeniu zestawu mbed do portu USB w komputerze PC będzie on widoczny jako pamięć USB. Przy pierwszym uruchomieniu w pamięci zapisana jest jedynie strona internetowa, która po uruchomieniu w przeglądarce [www](http://www.mbed.org) automatycznie przekierowuje na stronę [mbed.org](http://www.mbed.org) (**rys. 3**).

Na **rys. 4** przedstawiono widok okna przeglądarki Firefox z uruchomionym kompilatorem online. Interfejs kompilatora jest przejrzysty. Nie ma w nim mnogości ustawień czy przycisków. W prawej części okna znajduje się eksplorator projektów. Pliki i foldery w obrębie projektu można dowolnie tworzyć, kopiować i przenosić. Projekt lub pojedynczy plik można pobrać i zapisać na dysku twardym komputera. Podobnie do projektu można zaimportować pliki źródłowe (również jako archiwum .zip) lub pliki biblioteczne mbed z rozszerzeniem .lib.

Po pomyślnym skompilowaniu projektu pojawi się monit o pobranie pliku wynikowego

(**rys. 5**). Plik ten należy zapisać na płycie mbed tak jak zapisuje się pliki w pamięci USB. Zestaw samoczynnie uruchomi najpóźniej zapisany plik binarny (w pamięci można zapisać wiele plików).

**Podsumowanie**

Zestaw ewaluacyjny mbed prezentuje nowatorskie podejście do problemu przygotowania oprogramowania dla mikrokontrolerów. Niewątpliwą zaletą jest możliwość pracy nad projektem w dowolnym zakątku świata, w którym jest dostęp do sieci Internet. Ponieważ nie ma potrzeby instalowania środowiska programistycznego czy sterowników, zestaw jest gotowy do pracy zaraz po wyjęciu z pudełka i podłączenia do komputera PC. Nie wszystkim jednak może przypaść do gustu taki sposób programowania mikrokontrolera.

**Maciej Gołaszewski, EP**  
[maciej.golaszewski@ep.com.pl](mailto:maciej.golaszewski@ep.com.pl)