

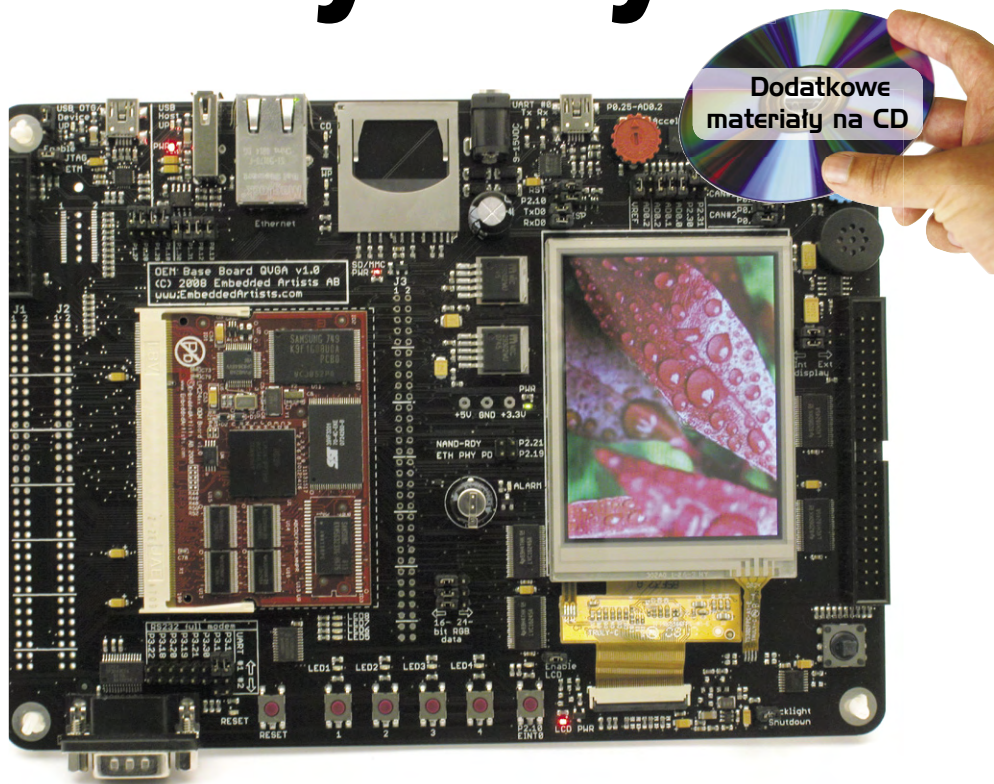
# Starter Kit dla LPC2478 z ekranem dotykowym QVGA

*Embedded Artists jest firmą założoną w 2000 roku w Szwecji. W swojej ofercie ma duży wybór zestawów uruchomieniowych dla urządzeń wbudowanych. Oprócz rozwiązań sprzętowych, m.in. dla nowoczesnych mikrokontrolerów, komunikacji bezprzewodowej ZigBee czy Bluetooth, firma dostarcza również rozwiązań programowych, które ułatwiają szybkie opracowywanie własnych aplikacji.*

*Płytkę LPC2478 QVGA Board, jest oferowana jako zestaw ewaluacyjny dla systemu operacyjnego  $\mu$ CLinux. System  $\mu$ CLinux (wymawiane you-see-linux) jest wersją systemu operacyjnego Linux przystosowanego do pracy bez jednostki ochrony i zarządzania pamięcią MMU, czyli na wszelkiego rodzaju mikrokontrolerach.*

## Co dostajemy w pudełku?

Zestaw jest wyposażony w procesor LPC2478 z rdzeniem ARM7TDMI-S firmy NXP Semiconductors. Składa się z dwóch płytek – płytki z kompletnym systemem mikrokomputerowym o formacie karty SO-DIMM (wymiar



Fot. 2. Płyta bazowa zestawu QVGA Board

66x48 mm) i płyty bazowej. Na fot. 1 widoczny jest właśnie mikrokontroler LPC2478. Do mikrokontrolera dołączone są pamięci Flash: 128 MB (NAND Flash) i 4 MB pamięci (NOR Flash). Do dyspozycji jest także 32 MB pamięci SDRAM jako zewnętrznej pamięci danych z magistralą o szerokości danych, w zależności od wersji płytki: 16-, albo 32-bity. Uzupełnieniem pamięciowej mieszanki na płytce jest też 256 kb pamięć EEPROM z interfejsem I<sup>2</sup>C.

Mikrokontroler LPC2478 jest taktowany sygnałem zegarowym zewnętrznego oscylatora o częstotliwości 12 MHz. Na płytce znajduje się również rezonator kwarcowy dla zegara RTC o częstotliwości 32,768 kHz. Płytkę uzupełnia interfejs Ethernetu 10/100 Mb/s (Ethernet PHY). Za wyjątkiem pinów użytych do dołączenia Ethernetu, wszystkie końcówki procesora LPC2478 są dołączone do wyprowadzeń złącza karty SO-DIMM. Płytkę zasilana napięciem 3,3 V.

Karta SO-DIMM z mikrokontrolerem LPC2478 jest montowana w gnieździe na płytce bazowej, jak również może być zainstalowana na innej platformie sprzętowej. Zawiera wiele układów peryferyjnych, które na pewno przydadzą się podczas opracowywania różnych

**LPC2478 – „graficzny”  $\mu$ C**

LPC2478 jest mikrokontrolerem firmy NXP Semiconductors wyposażonym w 32-bitowy rdzeń ARM7TDMI-S. Przeznaczony jest głównie do aplikacji z wyświetlaczami o wysokiej rozdzielczości. Mikrokontrolery LPC2478 mają wbudowany kontroler obsługujący wyświetlacze STN (*Super Twisted Nematic*) i TFT (*Thin Film Transistor*), zarówno kolorowe jak i monochromatyczne, z głębią kolorów (poziomów szarości) od 1 do 24 bitów na piksel. Obsługuje wyświetlacze o standardowej rozdzielczości obrazu 320x240, 640x480, 1024x768, a także dowolnie konfigurowane w zakresie 1...1024 linii, a w każdej linii 1...1024 pikseli.

Układy peryferyjne:

- Komunikacyjne: Ethernet MAC z interfejsem MII/RMII oraz dedykowanym sterownikiem DMA (niezależna AHB), dwuportowy sterownik USB 2.0 *full-speed* z funkcjonalnością device/host/OTG, z wbudowanym interfejsem PHY i dedykowanym kontrolerem DMA, 4xUART z kolejką FIFO (jeden z funkcją modemu, drugi wspomagający IrDA), dwukanałowy interfejs CAN, SPI, 2xSSP, 3xI<sup>2</sup>C, I<sup>2</sup>S.

Ponadto:

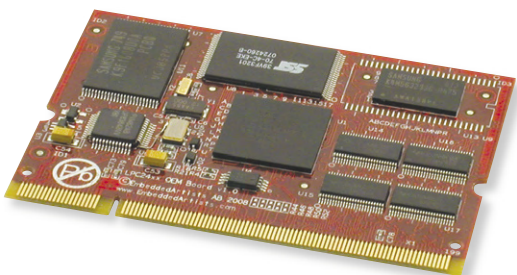
- 4 liczniki oraz dwa generatory sygnału PWM,
- Sterownik kart SD/MMC,
- 160 końcówek GPIO,
- 10-bitowy przetwornik ADC.

Pamięć: 512 kB Flash (ISP), 98 kB SRAM (64 kB dla CPU, po 16 kB dla interfejsu Ethernet i układu DMA lub USB, 2 kB zasilane z baterii układu RTC).

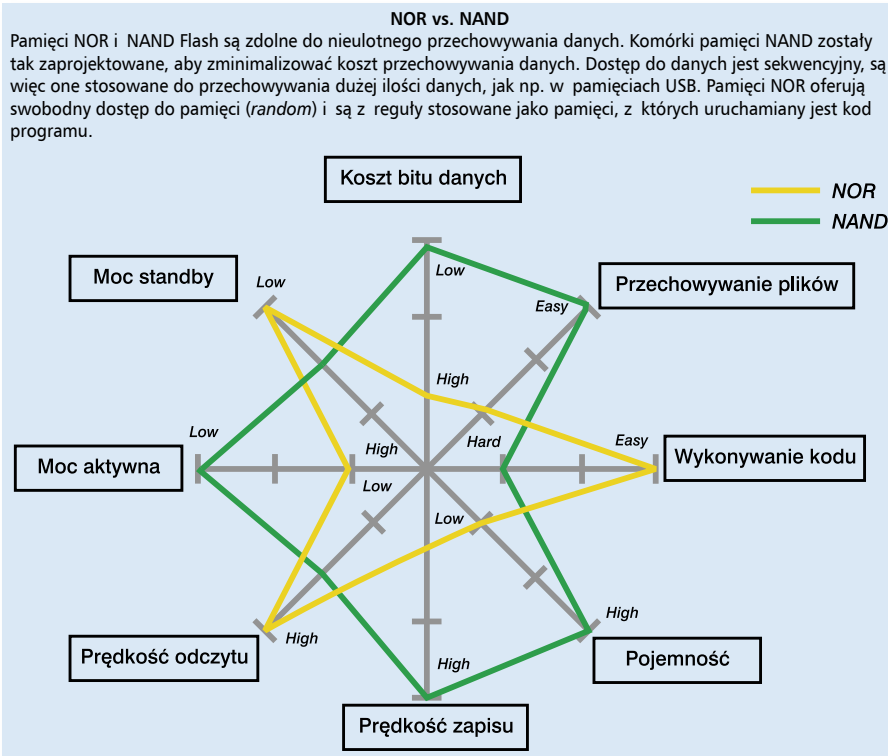
Zasilanie: 3,3 V.

Wbudowana pętla PLL z możliwością syntezy sygnałów o częstotliwości do 72 MHz.

Układ RTC z osobnym układem zasilania baterijnego.



Fot. 1. Moduł SO-DIMM z mikrokontrolerem LPC2478



Wybór przykładu demo – z 12 dostępnych jest dokonywany za pośrednictwem dotykowego ekranu LCD. Trzeba przyznać, że możliwości są imponujące. Wyświetlacz jest bardzo jasny i dobrze odwzorowuje barwy – widać to na przykładzie wyświetlania plików graficznych (fot. 3). Inne przykłady to: trójwymiarowa animacja kostki sześcienniej (z nałożoną teksturą), animacja globu 3D, test połączenia TCP/IP, kilka gier, prezentacja producenta i pokaz slajdów – zdjęć. Do sterowania wykorzystywany jest zarówno joystick, ekran dotykowy, jak i akcelerometr. Niestety producent nie daje kodów źródłowych przykładowych aplikacji.

**Zabieramy się do pracy**

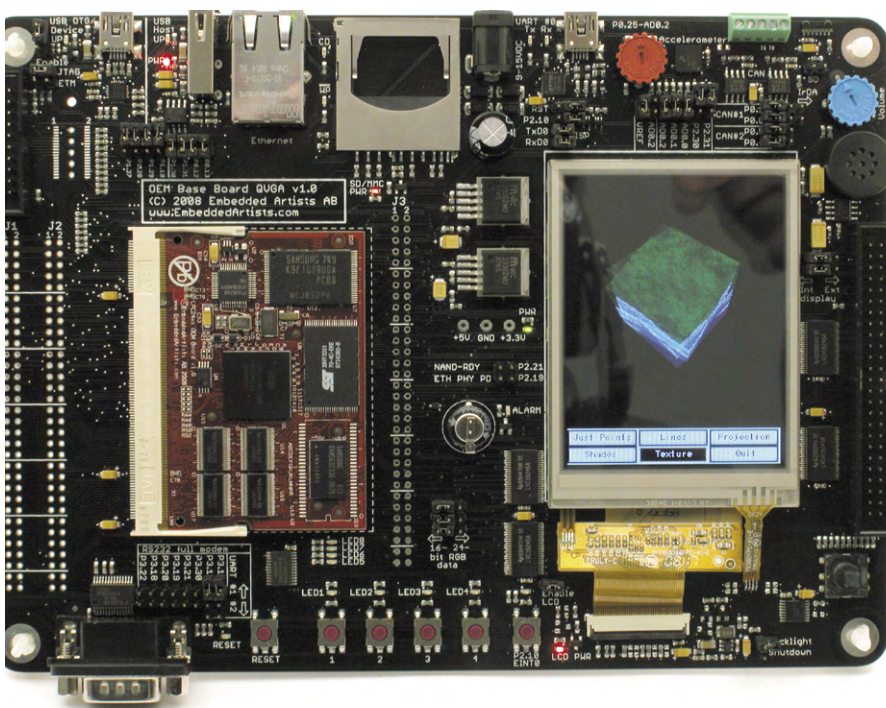
Zabawę, czy też naukę poprzez ciężką pracę, z układami peryferyjnymi płytki ułatwia przygotowane przez producenta środowisko rozwojowe wraz z przykładowymi aplikacjami. Do kompilacji projektów należy posłużyć się zestawem narzędzi projektowych firmy Embedded Artist (które tak naprawdę są narzędziem *cygwin*, udostępniającym komendy linii poleceń Linuxa w standardowej linii komend systemu operacyjnego Windows). Za pomocą takiego zestawu możemy korzystać ze skryptów napisanych dla powłoki systemu UNIX – *bash* oraz plików kompilatora GCC.

Korzystając z przykładowych aplikacji (zwłaszcza kodów źródłowych obsługi niektórych układów peryferyjnych) można w ciągu jednego dnia rozpocząć projektowanie własnych aplikacji. Przykładowe aplikacje zebrane są w jednym katalogu, a ich kompilacja odbywa się po wpisaniu jednego polecenia kompilatora – *make*. Najpierw trzeba uruchomić powłokę

aplikacji. Oglądając płytke zwrócimy z pewnością uwagę na duży, 3,5 calowy, wyświetlacz LCD o rozdzielczości QVGA (240x320 pikseli) z ekranem dotykowym (fot. 2). Na płytce bazowej tego zestawu znajduje się również trójosiowy akcelerometr. Dodatkowo do dyspozycji projektanta jest większość standardowych układów interfejsowych: CAN, RS232, i2C, Ethernet poprzez złącze RJ-45 i USB w trzech wariantach: USB Host, USB OTG/Device i USB ze złączem mini. To ostatnie pełni funkcję wirtualnego portu RS232 (dzięki układowi FT232

firmy FTDI) oraz programatora ISP. Oprócz kilku przycisków oraz ekranu dotykowego LCD, do interakcji z systemem można wykorzystać mini joystick. Na płytce znajdują się także: złącze JTAG, dwa potencjometry, głośniczek, gniazdo kart pamięci DS/MMC oraz diody LED (sterowane przez układ PCA9532 dołączonej do magistrali I<sup>2</sup>C). Płytkę jest zasilana z portu USB, ale ma również opcjonalne wejście zasilania dla napięcia z zakresu 9...15 V.

Zestaw jest sprzedawany z wgranym programem demo, prezentującym jego możliwości.



Fot. 3. Aplikacje demo zestawu QVGA Board

*bash* w systemie Windows poleceniem *bash*. Odpowiada za to odpowiednio napisany skrypt powłoki *bash* oraz pliki *makefile* skojarzone z każdym projektem.

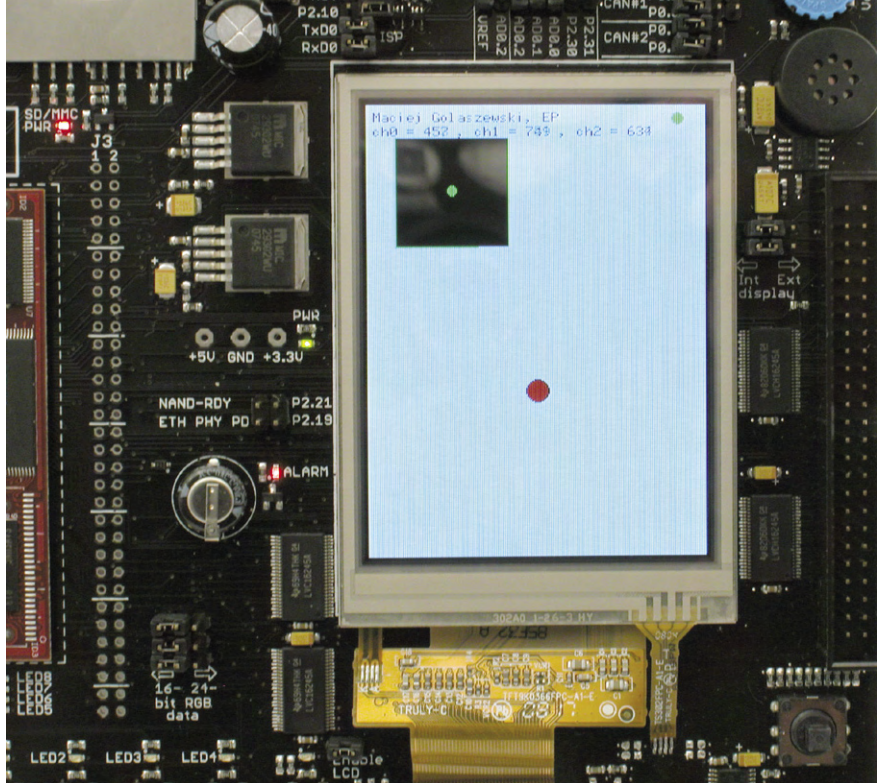
Oczywiście nic nie stoi na przeszkodzie, aby skorzystać z innego środowiska projektowego, np. samego GCC (do którego trzeba napisać własne pliki konfiguracyjne) lub kompletnego środowiska projektowego, jak np. Keil  $\mu$ Vision lub bezpłatnego programu Eclipse w wersji CDT (C/C++ Development Tooling). Firma Embedded Artist udostępnia szczegółową dokumentację do płytki na swojej stronie. Jest to możliwe po rejestracji zakupionego zestawu na stronie [www.embeddedartists.com](http://www.embeddedartists.com).

Przykładowa aplikacja, napisana przez autora, ilustruje możliwości kolorowego wyświetlacza LCD oraz akcelerometru. Jest to symulacja ruchu kulki po ekranie. Kontrolę jej ruchu przeprowadzamy odpowiednim wychyleniem płytki (fot. 4). Im mocniej przechyliłyśmy płytkę, tym szybciej będzie się ona przesuwać po ekranie. Nie jest to być może złożony przykład, jednak dzięki wykorzystaniu bibliotek producenta można było ją stworzyć w ciągu kilkunastu minut. Programowanie mikrokontrolera LPC2478 dokonywane jest poprzez interfejs USB, który emuluje wirtualny port COM. Do komunikacji z bootloaderem LPC2478 jest wykorzystywany program FlashMagic. Okno programu zawierające odpowiednie ustawienie programatora przedstawiono na rys. 5.

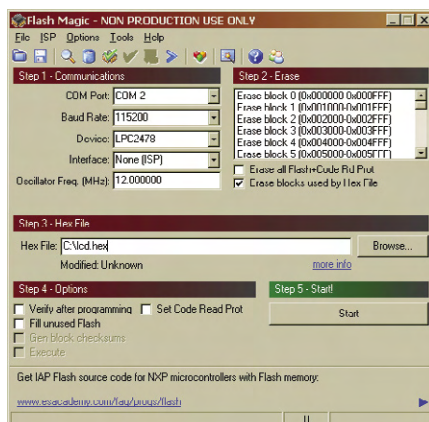
## A teraz coś więcej – Linux dla urządzeń wbudowanych

Opisywana płytka jest oferowana jako podstawa sprzętowa do rozwijania aplikacji w systemie operacyjnym Linux w wersji dla urządzeń mobilnych, czyli  $\mu$ CLinux. Ponieważ przygotowywanie pod Windowsem aplikacji dla systemu operacyjnego Linux jest niemal świętokradztwem (a wskazane jest korzystanie z systemu operacyjnego Linux), Embedded Artist dołącza do zestawu rozwojowego skonfigurowane oprogramowanie projektowe oparte na jednej z dystrybucji Linuxa – Debianie. Nie oznacza to jednak, że trzeba instalować zupełnie nowy system, gdyż to środowisko oferowane jest w postaci wirtualnej maszyny, którą uruchamiamy w używanym systemie operacyjnym za pośrednictwem programu VMware Player. Jest on bezpłatny i dostępny zarówno dla systemów Windows jak i systemów Linux. Okno uruchomionej maszyny wirtualnej przedstawiono na rys. 6.

Aby rozpocząć pisanie programów dla systemu  $\mu$ CLinux, należy skorzystać z dowolnego edytora tekstowego, np. dostępnego w Debianie programu Gedit, który oferuje m.in. kolorowanie słów kluczowych i innych elementów wielu języków programowania. Można też posłużyć się windowsowym notatnikiem – gotowy plik można „przeciagnąć” do wirtualnej maszyny i tam go skompilować. Na rys. 6 można zauważyć również aplikację „hello world”, której zadaniem



Fot. 4. Prosta aplikacja zaprojektowana w redakcji



Rys. 5. Ustawienia programatora FlashMagic

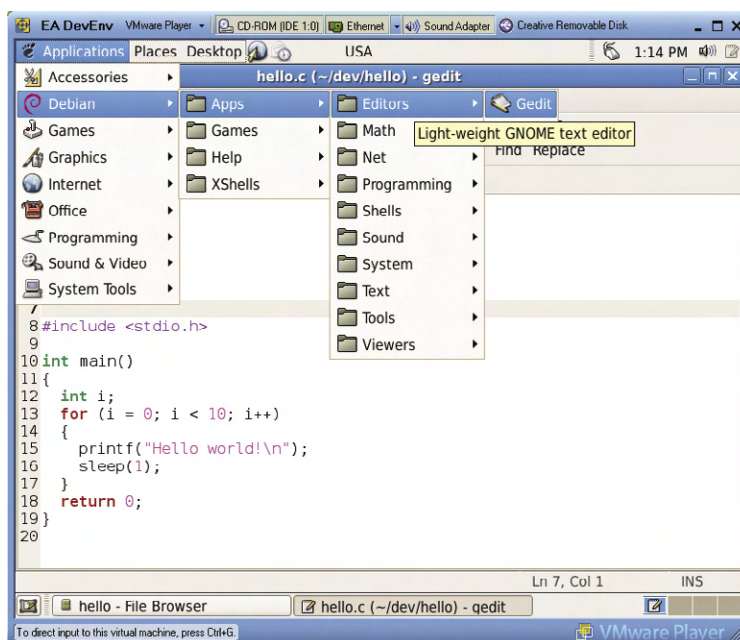
jest wysyłanie na standardowe wyjście (funkcja `printf()`), które jest w przypadku płytki QVGA Board portem RS232, krótkiej wiadomości.

W katalogu zawierającym plik źródłowy programu należy umieścić plik instrukcji kompilatora – *makefile*. Plik ten zawiera instrukcje mówiące o tym, jak i czym skompilować program *hello*. Do kompilacji wykorzystywany jest kompilator `arm-elf-gcc` (kompilator GCC generujący kod binarny dla procesorów ARM) oraz pliki nagłówkowe zawarte w katalogu z dystrybucją  `$\mu$ CLinux uClinux-dist-20070130/tools/ucfront-gcc`.

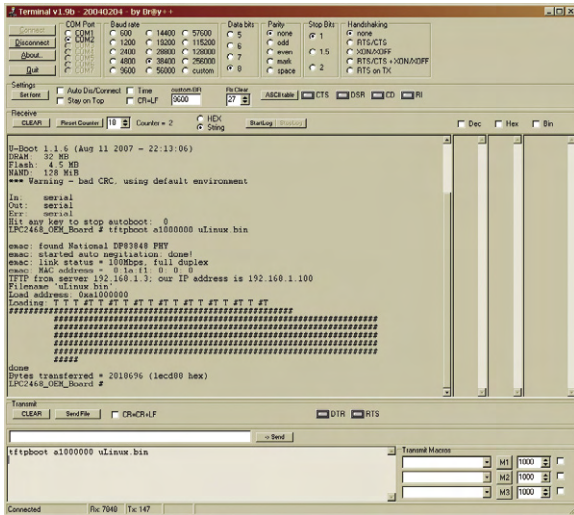
Po poprawnym skompilowaniu programu dostajemy plik wynikowy *hello*, który możemy uruchomić w systemie operacyjnym. Proces ten jest trochę skomplikowany, ale po odpowiednim skonfigurowaniu jest łatwy do opanowania.

## Uruchamianie aplikacji dla systemu operacyjnego $\mu$ CLinux

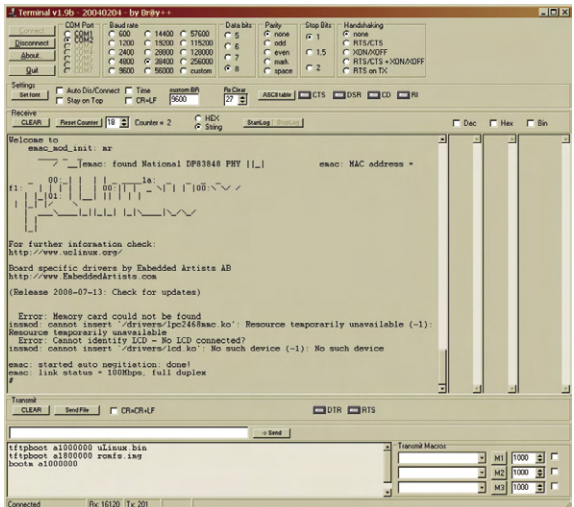
Aby uruchomić system operacyjny  $\mu$ CLinux na płytce QVGA board, należy wgrać bootloader,



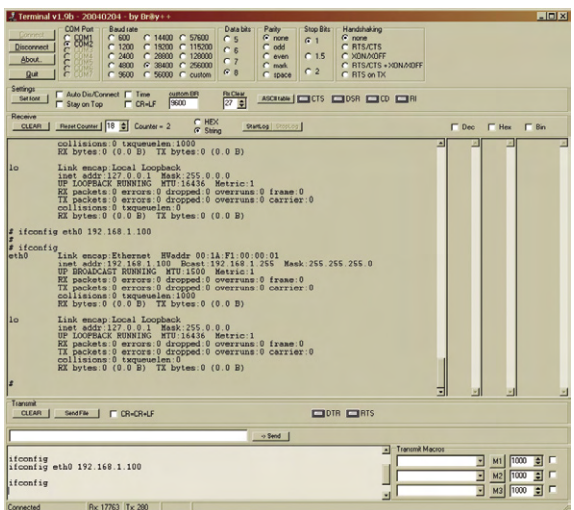
Rys. 6. Maszyna wirtualna VMware z uruchomionym systemem Debian



Rys. 7. Bootloader uruchomiony na mikrokontrolerze LPC2478



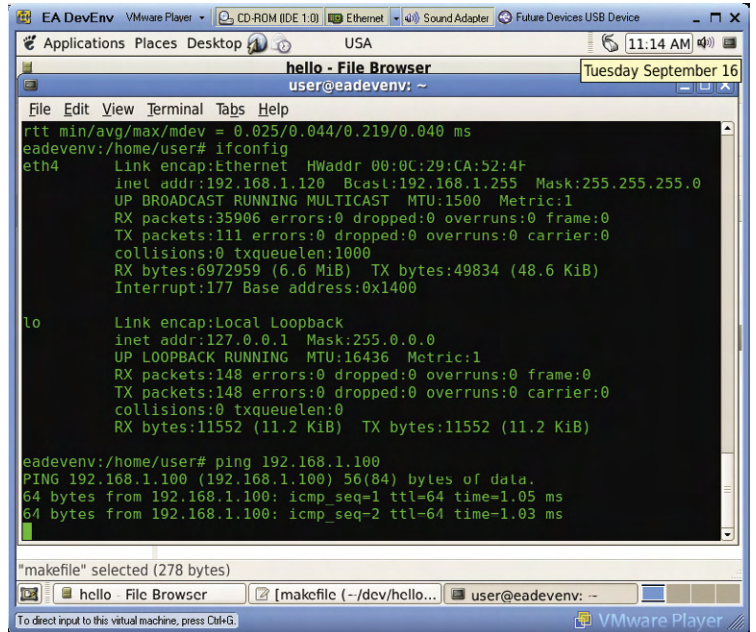
Rys. 8. Widok konsoli po uruchomieniu systemu µLinux



Rys. 9. Konfiguracja adresu IP w systemie µLinux

który umożliwi wgranie obrazu systemu operacyjnego do pamięci mikrokontrolera (rys. 7). Jest to skompilowana wersja bootloadera U-Boot. Po uruchomieniu, można wybrać sposób bootowania systemu lub wgrać skompilowany kod programu, na przykład przez port szeregowy lub sieć Ethernet. Autor podczas eksperymentów zastosował drugi sposób. Na komputerze PC należy uruchomić serwer TFTP (na przykład TFTP32), który umożliwi pobranie plików potrzebnych do uruchomienia systemu operacyjnego na mikrokontrolerze LPC2478 (rys. 8). W tym celu należy wpisać dwie komendy tftpbboot a1000000 uLinux.bin oraz tftpbboot a1800000 romfs.img, które służą do pobrania skompilowanego systemu operacyjnego i systemu plików (tylko do odczytu) z serwera TFTP.

Komenda bootm a1000000 służy do uruchomienia kodu programu od podanego adresu pamięci. Następnie uruchamia się system operacyjny µLinux (rys. 9) i można uruchomić skompilowaną wcześniej aplikację „hello world” w dowolny sposób. Pierwszy polega na przegraniu pliku na kartę pamięci SD, a następnie przełożenie jej do gniazda na płytce ewaluacyjnej. Takie podejście jest jednak czasochłonne i dosyć uciążliwe, zwłaszcza przy częstych zmianach kodu programu. Szybszym sposobem na uruchamianie aplikacji testowych,



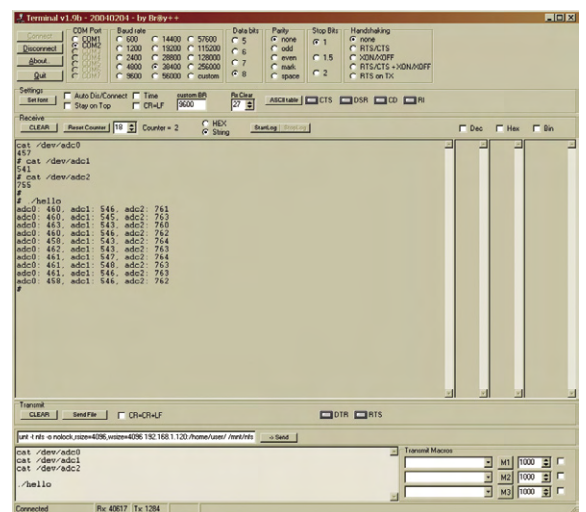
Rys. 10. Sprawdzenie poprawności połączenia TCP/IP w systemie Debian

regowy lub sieć Ethernet. Autor podczas eksperymentów zastosował drugi sposób. Na komputerze PC należy uruchomić serwer TFTP (na przykład TFTP32), który umożliwi pobranie plików potrzebnych do uruchomienia systemu operacyjnego na mikrokontrolerze LPC2478 (rys. 8). W tym celu należy wpisać dwie komendy tftpbboot a1000000 uLinux.bin oraz tftpbboot a1800000 romfs.img, które służą do pobrania skompilowanego systemu operacyjnego i systemu plików (tylko do odczytu) z serwera TFTP.

Komenda bootm a1000000 służy do uruchomienia kodu programu od podanego adresu pamięci. Następnie uruchamia się system operacyjny µLinux (rys. 9) i można uruchomić skompilowaną wcześniej aplikację „hello world” w dowolny sposób. Pierwszy polega na przegraniu pliku na kartę pamięci SD, a następnie przełożenie jej do gniazda na płytce ewaluacyjnej. Takie podejście jest jednak czasochłonne i dosyć uciążliwe, zwłaszcza przy częstych zmianach kodu programu. Szybszym sposobem na uruchamianie aplikacji testowych,

kompileowanych na naszym komputerze PC, jest udostępnienie części plików poprzez połączenie sieciowe. Operacja ta wymaga odpowiedniego ustawienia adresów sieciowych, zarówno dla komputera PC, jak i dla płytki QVGA board.

Ponieważ komputer był dołączony bezpośrednio do zestawu ewaluacyjnego, to zarówno adresy płytki, jak i interfejsów sieciowych na maszynie wirtualnej musiały być z tej samej podsiatki (w przykładzie była to sieć 192.168.1.0/24). Konfigurowanie adresów pod linuxem nie jest skomplikowane. Należy w linii poleceń (terminalu) wpisać komendę w postaci: ifconfig nazwa\_interfejsu nowy\_adres. Na płycie rozwojowej ustawiono adres 192.168.1.100 dla interfejsu eth0 komendą ifconfig eth0 192.168.1.100 (rys. 6). Na komputerze PC należy ustawić również adres z tej samej sieci, jednak inny niż ustawiony był w maszynie wirtualnej. Program Vmware będzie się zajmował przesyłaniem pakietów pomiędzy maszyną wirtualną a systemem operacyjnym naszego kom-



Rys. 11. Uruchomiona aplikacja w systemie µLinux

List. 1. Aplikacja odczytująca dane z przetwornika A/C mikrokontrolera LPC2478

```
#include <stdio.h>
int main()
{
    int i;
    int err, adc0, adc1, adc2;
    FILE * f;
    for (i = 0; i < 10; i++)
    {
        err = -1;
        while(err == -1) {
            f=fopen(„/dev/adc0“,„r“);
            err = fscanf(f, „%d“, &adc0);
            fclose(f);
        }
        err = -1;
        while(err == -1) {
            f=fopen(„/dev/adc1“,„r“);
            err = fscanf(f, „%d“, &adc1);
            fclose(f);
        }
        err = -1;
        while(err == -1) {
            f=fopen(„/dev/adc2“,„r“);
            err = fscanf(f, „%d“, &adc2);
            fclose(f);
        }
        printf(„adc0: %d, adc1: %d, adc2: %d\n“, adc0, adc1, adc2);
        sleep(1);
    }
    return 0;
}
```

putera. Uruchomienie komendy ping dla adresu sieciowego 192.168.1.100 (płytki QVGA Board) umożliwia potwierdzenie prawidłowego połączenia (rys. 11).

Aby udostępnić system plików dla innego urządzenia, należy postąpić się sieciowym systemem plików NFS (Network File System). W tym celu na maszynie wirtualnej należy w pliku /etc/exports dodać linięk wskazującą na folder, który chcemy udostępnić (np. /home/user/katalog/, z opcjami: 192.168.0.0/255.255.0.0(ro,sync,all\_squash,no\_subtree\_check,anonuid=1000,anong

id=100) - 192.168.0.0/255.255.0.0 - jest adresem naszej sieci - oraz uruchomić NFS komendą exportfs -ra. Następnie należy utworzyć zdalny katalog w systemie µCLinux komendą mount -t nfs -o nolock,rsi ze=4096,wsize=4096 192.168.1.120:/home/user/katalog/ /mnt/nfs, gdzie /mnt/nfs jest ścieżką dostępu do tego katalogu w systemie. Po wejściu do katalogu, w którym umieściliśmy skompilowaną aplikację „hello world”, możemy ją uruchomić komendą /hello, gdzie hello jest nazwą wynikowego pliku programu.

Po uruchomieniu tej prostej aplikacji można już śmiało zasiać do przygotowywania bardziej zaawansowanych programów. Firma Embedded Artist udostępnia płytke ze sterownikami do niektórych urządzeń - na przykład do przetworników A/C mikrokontrolera LPC2478. Dostęp do nich uzyskujemy odczytując dane z pliku /dev/adcx, gdzie x jest numerem przetwornika adc (list. 1). Aplikacja odczytuje dane z wyjść analogowych akcelerometru.

**Podsumowanie**

Prezentowana płytka QVGA Board LPC2478 zainteresuje szczególnie tych, którzy potrzebują gotowego rozwiązania sprzętowego do rozwijania aplikacji dla urządzeń wbudowanych opartych na systemie operacyjnym µCLinux. Stanowi też doskonałą okazję do zapoznania się z mikrokontrolerami LPC2478. Bogate wyposażenie płytki ewaluacyjnej jest z pewnością wystarczające, aby zacząć projektowanie własnych, zaawansowanych aplikacji.

Maciej Gołaszewski, EP  
maciej.golaszewski@ep.com.pl

**Dodatkowe informacje**

- Mikrokontroler LPC2478 - na płycie i na stronie [www.standardics.nxp.com/products/lpc2000/lpc24xx](http://www.standardics.nxp.com/products/lpc2000/lpc24xx)
- System operacyjny µCLinux - [www.uclinux.org](http://www.uclinux.org)
- Bootloader u-boot - [www.denx.de/wiki/U-Boot](http://www.denx.de/wiki/U-Boot)
- Sieciowy system plików NFS - [nfs.sourceforge.net](http://nfs.sourceforge.net)

R E K L A M A

# AVT2250

## Mikrokomputer edukacyjny z 8051

**AVT2250/1 - płytka główna**  
 A - płytka drukowana: 18zł  
 B - komplet elementów: 80zł  
 C - układ zmontowany: 150zł

**AVT2250/2 - wyświetlacz i klawiatura**  
 A - płytka drukowana: 18zł  
 B - komplet elementów: 84zł  
 C - układ zmontowany: 160zł

**AVT-Korporacja Sp. z o.o.**  
 03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11  
 tel: 022-257 84 50, fax 022-257 84 55,  
 e-mail: handlowy@avt.pl

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