

## MIKROKONTROLER ALTERNATYWA DLA KOMPUTERÓW KLASY PC

Jerzy Langman

*Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki, Uniwersytet Rolniczy Kraków*

**Streszczenie.** W ostatnich latach można zaobserwować gwałtowny rozwój mikrokontrolerów (komputerów jednoukładowych). Swoimi możliwościami współczesne mikrokontrolery przypominają pierwsze komputery klasy PC, przez co mogą w wielu zastosowaniach zastąpić stosowane powszechnie komputery klasyczne. Zastosowania współczesnych mikrokontrolerów to: sterowniki procesów, urządzenia do akwizycji danych pomiarowych, mikroserwery plików, urządzenia teletechniczne, komputery pokładowe itp. Wraz z pojawianiem się nowych rozwiązań mikrokontrolerów, ich producenci udostępniają oprogramowanie narzędziowe pozwalające na ich programowanie zarówno w językach niskiego jak i wysokiego poziomu. Za stosowaniem mikrokontrolerów przemawia ich niska cena, która jest rzędu od kilku do kilkunastu Euro.

**Słowa kluczowe:** mikrokontroler, programowanie, komputer klasy PC

### Wprowadzenie

Mikrokontrolery, zwane inaczej komputerami jednoukładowymi, są to układy scalone małej, średniej i dużej skali integracji, które w jednej obudowie mieszczą wszystkie podstawowe bloki funkcjonalne komputera. Pozwala on na zbudowanie w pełni funkcjonalnego komputera przy użyciu minimalnej ilości części zewnętrznych dołączanych bezpośrednio do wyprowadzeń układu scalonego. Ponieważ wewnątrz układu scalonego mikrokontrolera znajduje się nieulotna pamięć, pozwala to na zapisanie w niej dowolnego programu realizującego założone przez projektanta funkcje.

Celem pracy jest wykazanie iż w wielu zastosowaniach komputery klasy PC mogą być zastępowane przez komputery jednoukładowe zwane w literaturze mikrokontrolerami.

### Historia mikrokontrolerów i ich rozwój

Pierwszy mikrokontroler został wyprodukowany w 1976 roku przez firmę INTEL, nosił on oznaczenie 8048. Jego architektura została przedstawiona na rys. 1.

Zawiera on wszystkie podstawowe bloki funkcjonalne takie jak:

- mikroprocesor,
- oddzielnie pamięć programu (nieulotną) i pamięć danych (ulotną),
- wewnętrzny układ zegara systemowego, wymagający zewnętrznego rezonatora kwarcowego,

- uniwersalny układ licznikowo – czasowy, konfigurowalny programowo,
- system przerwań sprzętowych,
- programowalne porty wejścia – wyjścia.

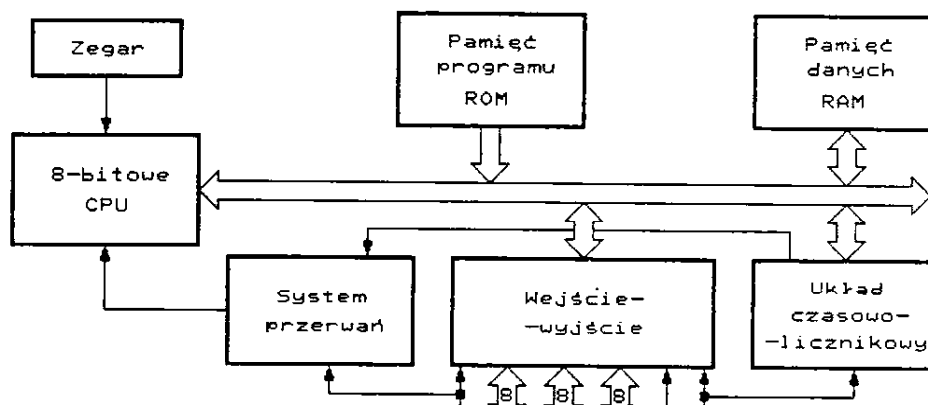
Przyjęta przez Intela w pierwszym mikrokontrolerze architektura harwardzka jest powielana w większości mikrokontrolerów innych producentów produkowanych obecnie.

W początku lat osiemdziesiątych XX wieku firma INTEL przedstawiła nowy mikrokontroler o oznaczeniu 80X51, który oprócz znacznego rozszerzenia funkcjonalności istniejących dotychczas bloków wprowadziła nowy moduł UART pozwalający na wymianę danych pomiędzy mikrokontrolerem a otoczeniem.

W początku lat dziewięćdziesiątych XX wieku do grona producentów mikrokontrolerów dołączyły takie firmy jak Atmel, Microchip, Simens tworząc własne opracowania struktur mikrokontrolerów wzorując się na architekturze mikrokontrolera 80X51.

Mikrokontrolery o rdzeniu '51

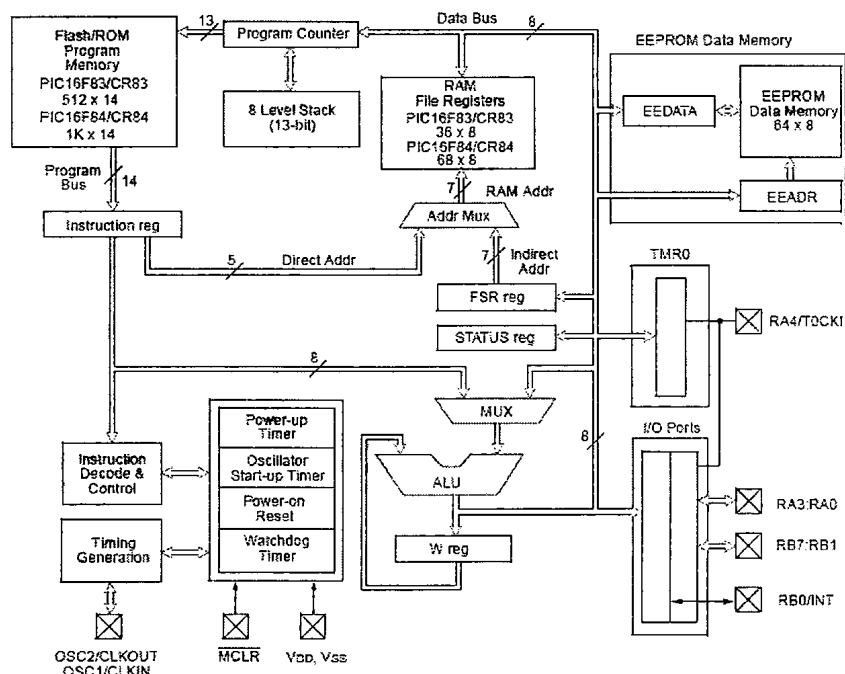
- posiadają architekturę typu Harvard
- magistrale i ALU 8 bitowe
- lista rozkazów CISC
- poszczególne rozkazy wykonywane w kilku taktach zegara
- konieczność stosowania zewnętrznego rezonatora kwarcowego



Rys. 1. Architektura mikrokontrolera 8048 [Rydzewski 1992]

Fig. 1. Architecture of the 8048 microcontroller

W drugiej połowie lat dziewięćdziesiątych XX wieku na rynku pojawiły się mikrokontrolery o większej wydajności obliczeniowej i rozszerzonej funkcjonalności poszczególnych bloków składowych mimo zachowania harwardzkiej architektury, co można zauważyć analizując rys. 2.



Rys. 2. Architektura mikrokontrolera PIC16F8X [Krzyżanowski 2007]  
 Fig. 2. Architecture of the PIC16F8X microcontroller

Najistotniejsze różnice to:

- ALU 8, 16 i 32 bitowe,
- lista rozkazów RISC,
- rozkazy wykonywane w 1 takcie zegara (większość),
- pamięć programu typu FLASH o pojemnościach dochodzących 128 kB,
- wbudowana pamięć EEPROM obsługiwana programowo,
- wbudowany wewnętrzny generator przebiegów zegarowych (możliwy też zewnętrzny),
- rozbudowane bloki wewnętrzne urządzeń peryferyjnych,
- wbudowane przetworniki ADC 8 – 12 bitowe,
- programowanie ISP przez interface SPI.

Przykładem jednej z nowszych konstrukcji może być mikrokontroler firmy Atmel AT91SAM9260/(AT91SAM9G20) o następującej charakterystyce:

- 32-bitowy rdzeń ARM926EJ pracujący z częstotliwością do 210MHz (400MHz)
- instrukcje DSP oraz akceleracja JAVA
- Jednostka zarządzająca pamięcią (MMU) umożliwia uruchomienie systemów operacyjnych takich jak Linux lub Windows CE
- 8kB (32kB) pamięci Cache dla danych oraz 8kB (32kB) dla rozkazów
- 4kB (16kB) wewnętrznej pamięci SRAM pracującej z pełną prędkością procesora

- Zewnętrzna magistrala EBI umożliwiająca podłączenie pamięci SDRAM, NAND Flash i innych
- Port USB 2.0 Full Speed (12 Mbps) Device
- Dwa porty USB 2.0 Full Speed (12 Mbps) Host
- Ethernet MAC 10/100 Base T
- Interfejs czujnika obrazu
- Kontroler Resetu
- Zaawansowany kontroler przerwań
- Zegar RTC z podtrzymaniem baterijnym
- Periodic Interval Timer, Watchdog Timer, Real-time Timer
- 10-bitowy przetwornik A/C
- Kontroler DMA
- Kontroler MultiMedia Card/SDCard/SDIO
- Synchroniczny interfejs szeregowy (wsparcie m. in dla I2C)
- 6 portów USART + 1 port DBGU
- 2 interfejsy SPI
- Dwa 3-kanalowe Liczniki/Timery z możliwością generowania PWM oraz Input Capture
- Interfejs TWI
- Interfejs JTAG

Jak wynika z powyższej specyfikacji za pomocą tego mikrokontrolera można realizować zaawansowane funkcje, które dostępne były dotychczas tylko w komputerach klasy PC.

### **Oprogramowanie narzędziowe i przykłady zastosowań**

Zastosowanie mikrokontrolerów w wielu dziedzinach życia nie byłoby możliwe bez dedykowanego oprogramowania narzędziowego umożliwiającego napisanie odpowiedniego oprogramowania działającego wg potrzeb użytkownika mikrokontrolera. Zasadniczo każda firma produkująca mikrokontrolery udostępnia użytkownikom odpowiednie dedykowane oprogramowanie narzędziowe służące do pisania, uruchamiania aplikacji na mikrokontrolerze w wielu przypadkach jako bezpłatne do celów edukacyjnych. Oprogramowanie to jest oprogramowaniem dedykowanym, gdyż odwołuje się do budowy i architektury wewnętrznej danego mikrokontrolera. Oprogramowanie narzędziowe uruchamiane jest na komputerze klasy PC po napisaniu aplikacji jest kompilowane, debugowane oraz za pomocą odpowiedniego programatora podłączanego najczęściej obecnie do portu USB, umożliwia zaprogramowanie mikrokontrolera bezpośrednio w układzie (ISP).

Również nie bez znaczenia jest fakt, iż producenci mikrokontrolerów i inne firmy opracowały i sprzedają kompletne zestawy ewaluacyjne dla poszczególnych typów mikrokontrolerów umożliwiające realizację sprzętową i programową zaplanowanego projektu bez konieczności wykonywania płytek drukowanych na etapie wstępnym realizacji zaplanowanego zadania.

Mikrokontrolery można stosować do:

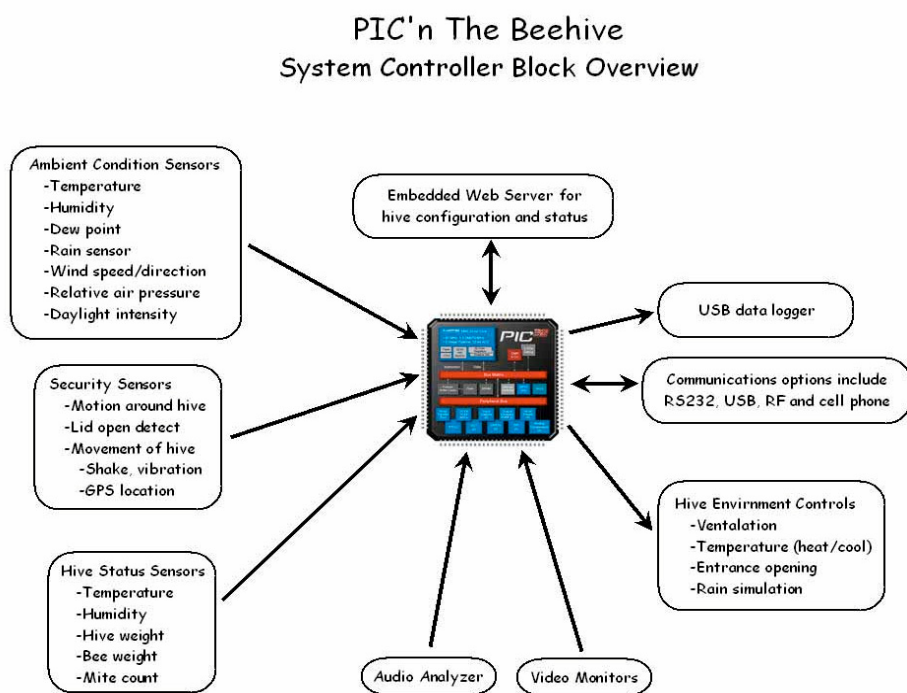
- sterowania urządzeniami pomiarowymi,
- sterowania procesami technologicznymi,
- sterowania urządzeniami mechanicznymi,
- jako komputery pokładowe,

## Mikrokontroler...

- urządzeniach diagnostycznych,
- jako mikroserwery stron WWW,
- samodzielne układy pomiarowe.

Jednym ze zrealizowanym przykładem zastosowania mikrokontrolerów serii PIC może być system kontroli i nadzoru uli w pasiece. Na rys. 3 przedstawiono schemat blokowy zrealizowanego systemu.

Na zewnątrz ula mierzone są temperatura, wilgotność, opady, prędkość i kierunek wiatru, ciśnienie powietrza oraz nasłonecznienie. Wewnątrz ula zapewniona jest regulacja temperatury oraz wentylacja poprzez układy mechatroniczne. Możliwość symulacji deszczu pozwala na sztuczne przytrzymanie pszczoł w ulu. Specjalne komory wejściowe do środka służą do zliczania ilości pszczoł oraz do określenia masy ciała każdej z nich. Cały ul znajduje się na wadze, co pomaga w określeniu aktualnej ilości miodu. Stały nadzór kamery, odbiornik GPS oraz telefon komórkowy pomagają w określeniu pozycji ula w przypadku kradzieży. Sercem projektu jest PIC32, który to zbiera oraz przetwarza pobrane dane. Całość monitorowana oraz zarządzana jest przez wbudowany serwer WWW.

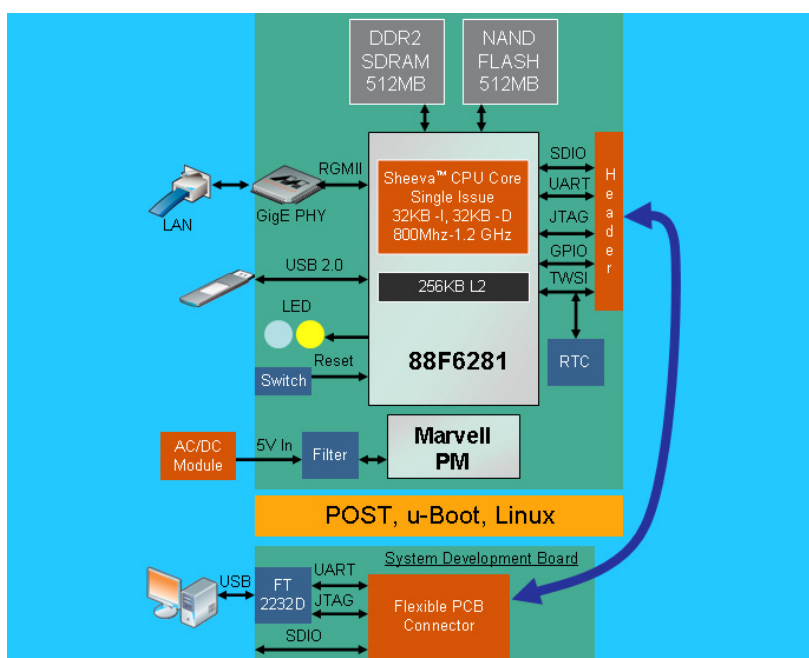


Rys. 3. Schemat blokowy systemu nadzoru uli w pasiece  
Fig. 3. Block diagram showing control system for beehives in an apiary

Bazując na jednym mikrokontrolerze serii PIC zostały zrealizowane funkcje pomiarowe, sterujące, diagnostyczne oraz komunikacyjne z wykorzystaniem łączności bezprzewodowej.

Analizując powyższy schemat można dojść do wniosku iż współczesne mikrokontrolery posiadają wystarczające zasoby mocy obliczeniowej niezbędnej do realizacji zaawansowanych funkcji w czasie rzeczywistym.

Na rysunku 4. przedstawiono schemat blokowy kompletnego komputera zrealizowanego na mikrokontrolerze PIC pracującego pod kontrolą systemu operacyjnego Linux, a mieszczącego się w powiększonej obudowie wtyczki sieciowej (wymiary 110x69,5x48,5 mm). Posiadając bardzo rozbudowane urządzenia wejścia – wyjścia predystynuje go do zastosowań gdzie wymagana jest intensywna wymiana danych z otaczającym światem wykorzystując do tego zaawansowane technologie komunikacyjne jak też do akwizycji i archiwizacji dużej ilości danych.



Rys. 4. Schemat blokowy miniaturowego komputera pracującego pod kontrolą systemu Linux  
Fig. 4. Block diagram showing a miniature computer working under Linux system control

## Podsumowanie

Rozwój mikroelektroniki zaowocował produkcją mikrokontrolerów o dużych wydajnościach obliczeniowych, wyposażone są one w rozbudowane układy wejścia – wyjścia, co w znacznym stopniu ułatwia ich komunikację z otoczeniem, zaś wyposażenie ich w wbudowane przetworniki analogowo – cyfrowe w znacznym stopniu realizację sprzętową danego projektu.

Mikrokontrolery bazujące na rdzeniu typu ARM charakteryzują się krótkim czasem wykonywania instrukcji przez co mogą być użyte do przetwarzania informacji w czasie rzeczywistym co umożliwi ich zastosowanie w układach pomiarowych szybkozmiennych przebiegów oraz w sterowaniu procesami technologicznymi.

Wobec takich cech można sformułować stwierdzenie, iż współczesne mikrokontrolery w wielu sytuacjach mogą zastąpić klasyczne komputery klasy PC.

## Bibliografia

**Krzyżanowski R. 2007.** Układy mikroprocesorowe. Wydawnictwo Naukowe PWN SA Warszawa. ISBN 978-83-01-15078-5.

**Rydzewski A. 1992.** Mikrokontrolery jednocukładowe rodziny MCS-48. Wydawnictwa Naukowo – Techniczne Warszawa. ISBN 83-204-1400-8.

Projekt ciągłego nadzoru ula w pasiece [on line]. [dostęp 20.04.2009]. Dostępny w Internecie: <http://mypic32.com/web/guest/contestantsprofiles?profileID=40796>

Zestawy ewaluacyjne mikrokontrolerów [on line]. [dostęp 20.04.2009]. Dostępny w Internecie: <http://www.sklep.propox.com/index.php>

Miniaturowy komputer pracujący pod kontrolą systemu Linux [on line]. [dostęp 20.04.2009]. Dostępny w Internecie: [http://www.globalscaletechnologies.com/t-sheevaplugdetails.aspx#hw\\_block](http://www.globalscaletechnologies.com/t-sheevaplugdetails.aspx#hw_block)

## MICROCONTROLLER AS AN ALTERNATIVE FOR PC COMPUTERS

**Abstract.** In recent years we may observe rapid development of microcontrollers (single-system computers). As regards their potential, modern microcontrollers resemble first PC computers, owing to which they may substitute commonly used conventional computers in numerous applications. Applications for modern microcontrollers include: process controllers, equipment for measurement data acquisition, file micro-servers, telecommunication equipment, on-board computers, etc. As new microcontroller solutions appear, their manufacturers give access to tool software allowing to program them using both low- and high-level languages. Low price of microcontrollers, ranging from a few to a dozen or so Euro, argues for using them.

**Key words:** microcontroller, programming, PC computer

### Adres do korespondencji:

Jerzy Langman; e-mail: [rclangma@cyf-kr.edu.pl](mailto:rclangma@cyf-kr.edu.pl)  
Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
ul. Balicka 120  
30-149 Kraków