

# Płytką demonstracyjną MCB900 dla mikrokontrolerów rodziny LPC900

*Eksperymenty z wykorzystaniem płytek demonstracyjnych oferowanych przez wielu producentów podzespołów elektronicznych są jedną z najlepszych metod poznawania nowości elektronicznych. Jeśli mówimy o mikrokontrolerach, to najczęściej oprócz samych układów możemy zapoznać się z oprogramowaniem narzędziowym opracowanym specjalnie dla nich. W przypadku płytki MCB900 poznajemy mikrokontroler P89LPC839 Philipsa i programowe środowisko uruchomieniowe  $\mu$ Vision<sup>2</sup> LPC Development Studio firmy Keil.*

Produkowany przez Philipsa mikrokontroler P89LPC932 jest przedstawicielem wielkiej rodziny MCS51, choć od pierwowzoru różni się dość znacznie. Na prezentowanej poniżej płytce MCB900 zamontowano wersję układu w obudowie PLCC28 (ozna-

czenie z sufiksem BA). Philips jest znany od wielu lat jako czołowy producent mikrokontrolerów '51. Ta wciąż niezwykle popularna rodzina nie jest jednak jedyną, jaka wychodzi ze znakiem holenderskiego koncernu. Flagowym produktem są mikrokon-



**Tab. 1. Zestawienie parametrów mikrokontrolerów rodziny LPC900**

Typ układu	Pamięć			Timery/liczniki				I/O liczba pinów	Porty szeregowo	Wyposażenie	A/D bit/kanal	Przerwania (wewnętrzne)	Max. częstotliwość (MHz)	Obudowa
	Flash	EEPROM	RAM	#	PWM	CCU	WD							
P89LPC935	8K	512	768	4	+	+	+	26	UART, I <sup>2</sup> C, SPI	2x 4 kan. 8-bit ADC/DAC	8/4 x 2	15(3)	12	TSSOP28, HVQFN28
P89LPC934		8K	256	4	+	-	+	26	UART, I <sup>2</sup> C, SPI	2x 4 kan. 8-bit ADC/DAC	8/4 x 2	15(3)	12	TSSOP28, HVQFN28
P89LPC933		4K	256	4	+	-	+	26	UART, I <sup>2</sup> C, SPI	2x 4 kan. 8-bit ADC/DAC	8/4 x 2	15(3)	12	TSSOP28, HVQFN28
89LPC932	8K	512	768	4	+	+	+	26	UART, I <sup>2</sup> C, SPI	Low power, 3V Flash, $\pm$ 2,5% osc. wewn.	-	15(3)	12	TSSOP28, PLCC28
89LPC931		8K	256	4	+	-	+	26	UART, I <sup>2</sup> C, SPI	Low power, 3V Flash, $\pm$ 2,5% osc. wewn.	-	13(3)	12	HVQFN28
P89LPC930		4K	256	4	+	-	+	26	UART, I <sup>2</sup> C, SPI	Low power, 3V Flash, $\pm$ 2,5% osc. wewn.	-	13(3)	12	HVQFN28
P89LPC922		8K	256	4	+	-	+	18	UART, I <sup>2</sup> C	Low power, 3V Flash, $\pm$ 2,5% osc. wewn.	-	12(3)	12	TSSOP20, DIP20
P89LPC921		4K	256	4	+	-	+	18	UART, I <sup>2</sup> C	Low power, 3V Flash, $\pm$ 2,5% osc. wewn.	-	12(3)	12	TSSOP20, DIP20
P89LPC920		2K	256	4	+	-	+	18	UART, I <sup>2</sup> C	Low power, 3V Flash, $\pm$ 2,5% osc. wewn.	-	12(3)	12	TSSOP20, DIP20

Tab. 2. Zestawienie parametrów mikrokontrolerów rodziny P89LPC90x

Typ układu	Pamięć			Timery/liczniki				I/O liczba pinów	Porty szeregowe	A/D bit/kanal	Przerwania (wewnętrzne)	Max. częstotliwość (MHz)	Obudowa
	Flash	EEPROM	RAM	#	PWM	CCU	WD						
P89LPC901	1K		128	4	+	-	+	6	-	-	6(1)	12	S08, DIP8
P89LPC902	1K		128	4	-	-	+	6	-	-	6(1)	IRC	S08, DIP8
P89LPC903	1K		128	4	-	-	+	6	UART	-	9(1)	IRC	S08
P89LPC904	1K		128	4	-	-	+	6	UART	8/2	9(1)/4	0-12	S08
P89LPC906	1K		128	4	-	-	+	6	-	-	6(1)	12	S08, DIP8
P89LPC907	1K		128	4	+	-	+	6	UART	-	8(1)	IRC	S08
P89LPC908	1K		128	4	-	-	+	6	UART	-	9(1)	IRC	S08

trolery ARM, cechujące się bardzo wydajną, 16/32-bitową jednostką centralną, taktowaną zegarem 60 MHz i zasilaną napięciem 1,8 V. Układy te były już opisywane na łamach naszego miesięcznika i z pewnością znajdują się tu jeszcze nie raz. Oprócz nich Philips wytwarza prawie nieznanne u nas, 16-bitowe mikrokontrolery serii XA (*eXtended Architecture*), dla których po prostej translacji możliwe jest wykorzystanie oprogramowania pisanego dla '51-ek. Stosując te układy, uzyskujemy znaczny wzrost wydajności systemu (od 10 do 100 razy). W dalszej części skupimy się jednak na starej, ale nadal rozwijanej rodzinie '51. Aktualna oferta Philipsa w tym zakresie jest dość bogata. Znajdujemy tu układy o zróżnicowanym wyposażeniu, z pamięciami programu zarówno typu Flash, jak i OTP. Mikrokontrolery są podzielone na kilka grup (podrodzin), wśród których najbardziej będzie nas interesowała rodzina LPC900. Dane techniczne tych układów są przedstawione w tab. 1, poniżej można natomiast zapoznać się z krótką charakterystyką tej i innych grup:

**LPC900** – mikrokontrolery z pamięcią Flash 2-8 kB. Ich CPU wykonuje rozkaz w czasie od 2 do 4 cykli zegarowych, przez co uzyskuje się ok. 6-krotny wzrost szybkości w stosunku do standardu. Poszczególne typy tych układów różnią się między sobą „wyposażeniem” i wielkością obudowy. Możliwość ich zasilania napięciem 3 V sprawia, że mogą być stosowane w urządzeniach z zasilaniem bateryjnym. Niektóre typy posiadają wewnętrzny oscylator oraz układ *supervisora*, dzięki czemu można znacznie ograniczyć liczbę potrzebnych elementów zewnętrznych.

**P89LPC90x** – to okrojona wersja układów LPC900. Są to mikrokontrolery z 1 kB pamięcią Flash, zamknięte w obudowie 8-nóżkowej. Nadają się znakomicie do prostych układów sterowania, gdzie istotna jest minimalizacja zajmowanej powierzchni na płycie drukowanej.

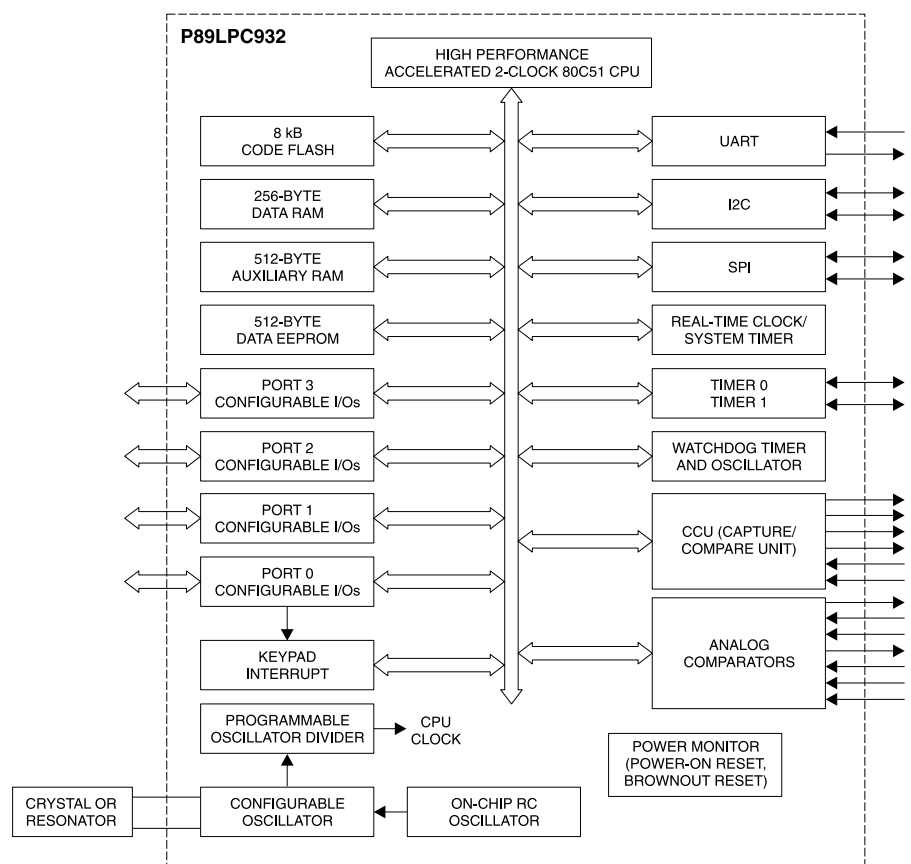
**P89LPC91x** – grupa układów o podobnych parametrach, co P89LPC90x. Nieco większa, 14-nóżkowa obudowa pozwoliła na zastosowanie większej liczby porów I/O.

**51MX** – sufiks MX w oznaczeniu oznacza Memory *eXtension*. Faktycznie, rozszerzenie pamięci programu

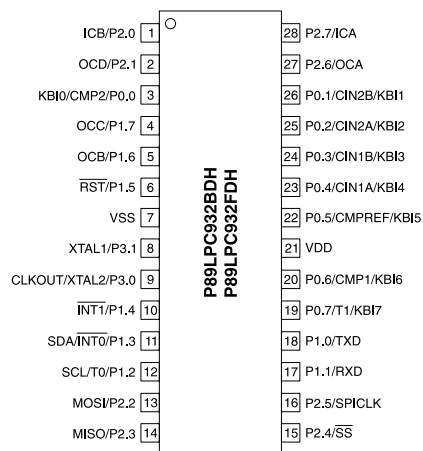
w układach tej grupy jest znaczne, bo aż do 96 kB pamięci Flash lub OTP. Ponadto jednostka centralna tych mikrokontrolerów wykonuje rozkazy w 6, a nie 12 (jak w układzie standardowym) taktach oscylatora. Mikrokontrolery MX posiadają liniową przestrzeń adresową do 8 MB zarówno dla pamięci programu, jak i danych.

**LPC700** – w rodzinie tej, podobnie jak w układach MX, mamy „podrasowane” CPU (6-taktowe). Dzięki temu osiągnięto 2-krotnie większą szybkość pracy niż standardowa '51-ka. Część mikrokontrolerów tej rodziny ma dodatkowo zaimplementowany przetwornik A/D, czego nie miała większość omawianych wcześniej układów.

Oprócz przedstawionych wyżej rodzin, Philips produkuje ponadto całą gamę układów ze standardowym rdzeniem, różniących się zaimplementowanymi komponentami, a także układy z rdzeniem 80C51 o podwyższonej szybkości działania (12/6-taktowym). Ciekawostką jest utrzymywanie produkcji układów z pamięcią OTP, ale wynika to najprawdopodobniej z faktu, że znaczna część wyrobów działu „Philips Semiconductors” jest przeznaczana na potrzeby wewnętrzne tej firmy



Rys. 1. Schemat blokowy jednostki centralnej mikrokontrolera P89LPC932



Rys. 2. Rozkład wyprowadzeń mikrokontrolera P89LPC932 w obudowie TSSOP28

zajmujące się produkcją sprzętu (np. „Philips Electronics”).

### P89LPC932 od środka

Z mikrokontrolerami rodziny LPC900 zapoznamy się na przykładzie układu P89LPC932 (rys. 1, 2 i 3), jako że jest on zastosowany na płycie demonstracyjnej MCB900. Jak już wiemy, dla typowego rezonatora 12 MHz CPU potrzebuje do wykonania rozkazu (poza mnożeniem i dzieleniem) od 2 do 4 cykli zegarowych, co przekłada się na czas od 167 do 333 ns. Zaakceptowanie standardowych osiągnięć 51-ki pozwala na zmniejszenie częstotliwości oscylatora, a co za tym idzie, na zredukowanie emisji zakłóceń EMI i zapotrzebowania na energię. Jeśli aplikacja, w której ma pracować mikrokontroler, nie wymaga stosowania dokładnych zależności czasowych, projektant może się zdecydować na użycie wewnętrznego oscylatora RC. Takie rozwiązanie dodatkowo może zmniejszyć emisję zakłóceń, a ponadto upraszcza projekt obwodu drukowanego. W najbardziej uproszczonym przypadku, do mikrokontrolera niezbędne jest dołączenie jedynie napięcia zasilającego i masy. Oscylator RC może pracować już od 20 kHz, aż do częstotliwości maksymalnej (12 MHz). Mikrokontrolery P89LPC932 dobrze się nadają do budowy urządzeń zasilanych bateryjnie, mogą pracować przy napięciu zasilającym od 2,4 do 3,6 V, przy czym wejścia i wyjścia tolerują napięcie do 5,5 V (mogą być bezpiecznie podciągane do tej wartości). Tworzenie aplikacji od strony programowej ułatwia wbudowana 512-bajtowa, rozszerzona pamięć RAM (oprócz standardowych 256 bajtów wewnętrznego RAM-u).

Także 512-bajtowa pamięć EEPROM będzie z pewnością często wykorzystywana do zapamiętywania parametrów, które muszą być niewrażliwe na zanik napięcia zasilającego. 8 kB pamięci programu typu Flash powinno wystarczyć do większości aplikacji, do jakich został pomyślany ten mikrokontroler. Tworzenie procedur opartych na zależnościach czasowych może być oparte na dwóch 16-bitowych timerach/licznikach, umożliwiających generowanie przebiegów PWM, a także wykorzystujących funkcje przechwytywania i porównywania znanych z mikrokontrolerów '52. Wewnętrzny układ RTC pozwala budować zegary czasu astronomicznego, jednak w strukturze mikrokontrolera nie ma bloku realizującego buforowe zasilanie RTC. Projektant chcący zapewnić ciągłą pracę zegara musi samodzielnie zrealizować układ awaryjnego, baterijnego zasilania całego mikrokontrolera, potrafiącego, co najważniejsze, prawidłowo przełączyć się w razie wystąpienia awarii zasilania głównego.

Trudno sobie wyobrazić, aby mikrokontroler Philipsa nie był wyposażony w interfejs PC. P89LPC932 oczywiście go posiada, dzięki czemu możliwa jest komunikacja z różnorodnymi układami zewnętrznymi. Dopuszczalna częstotliwość zegara to 400 kHz. Wymiana danych może być realizowana także za pomocą typowego UART-u i portu SPI.

Pewność działania mikrokontrolera zapewniają wbudowane układy zerowania (niskim poziomem) i watchdoga, dla którego można dobrać jedną z ośmiu częstotliwości taktowania. Watchdog jest wyposażony w autonomiczny oscylator (nie korzysta z oscylatora CPU). W strukturze zaimplementowano również tzw. układ *Brownout detector*, pozwalający bezpiecznie wyłączyć system lub wygenerować odpowiednie przerwanie w razie wykrycia niebezpiecznego spadku napięcia zasilającego.

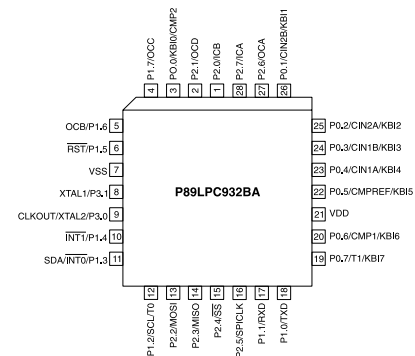
Mikrokontroler P89LPC932 charakteryzuje się dość dużą (23) liczbą linii I/O, zgrupowanych w 3 porty. Porty mogą być konfigurowane programowo w jeden z czterech trybów: quasi-dwukierunkowy (standardowy dla '51), *push-pull*, *open-drain* i wejściowy (tylko). Należy pamiętać o tym, że porty oprócz zastosowań ogólnych pełnią również funkcje specjalne, tak jak w standardowych układach rodziny MCS-51. Wszystkie

mają obciążalność zezwalającą na bezpośrednie sterowanie diodami LED (do 20 mA), lecz jak zwykle należy pamiętać o zachowaniu dopuszczalnej mocy strat dla całego układu. Wartość ta jest różna dla poszczególnych układów rodziny LPC900. Wejściami są wyposażone w bramki Schmitta. Układ powinien więc prawidłowo pracować nawet z przebiegami o łagodnych zboczach (długie czasy narastania i opadania). Konstruktorzy stosujący mikrokontrolery rodziny LPC900 mają ułatwione zadanie z obsługą klawiatur. Przewidziano w nich bowiem generowanie przerwania w przypadku osiągnięcia określonego stanu poszczególnych linii portu P0.

Pamięć programu Flash może być zapisywana w aplikacji (*In-application Programming*). Ta cecha umożliwia zmianę programu w trakcie działania aplikacji. Procesor może być wprowadzony w kilka stanów uśpienia. Są to: *Idle* i dwa różne stany *Power-down*. W najgłębszym śnie układ pobiera prąd o natężeniu 1  $\mu$ A.

### Płytki demonstracyjnej MCB900

W skład testowanego zestawu wchodzi: płytka demonstracyjna MCB900, CD-ROM z dokumentacją i oprogramowaniem narzędziowym oraz kilka próbek układów. Niestety nie ma ani zasilacza, ani przewodu sygnałowego RS232. Na płycie zamontowano 8 diod świecących, które można wykorzystać w swoich programach. Są one dołączone do portu P2. Mimo wystarczającej do ich wystęrowania obciążalności wyjść układu, zdecydowano się na zastosowanie bufora 74LVC244. Dzięki temu nie ma obaw co do możliwości przekroczenia dopuszczalnej, całkowitej mocy strat, można więc eksperymentować z LED-ami w sposób całkowicie dowolny. Elektronika płytki demonstracyjnej jest



Rys. 3. Rozkład wyprowadzeń mikrokontrolera P89LPC932 w obudowie PLCC28



Rys. 4. Okno robocze kompilatora „Development Studio”

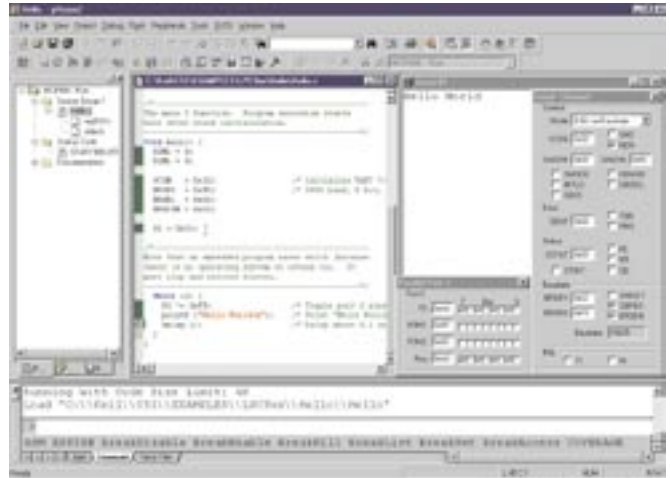
zasilana napięciem 3,3 V. Uwzględniono na niej odpowiedni stabilizator, co pozwala doprowadzić do gniazda zasilającego napięcie z zakresu od 5 do 9 V. Płytką oryginalna, poza diodami LED w zasadzie nie zawiera innych elementów do „zabawy”. Jest za to niewielki obszar do montażu prototypowego.

Płytką może pracować w jednym z trzech trybów: *Flash-Magic*, *m>Vision2/ISD51* i *User Run*. Pierwszy z nich umożliwia programowanie pamięci Flash mikrokontrolera umieszczonego w podstawie przy użyciu specjalnego *ISP Flash Loadera*. Drugi tryb jest wykorzystywany podczas debugowania programu w systemie (*In-System Debugging*), wykorzystując do tego standardowy UART 51-ki. Ostatni tryb natomiast pozwala uruchomić program użytkownika zapisany w wewnętrznym Flashu mikrokontrolera. Program jest wykonywany w tym przypadku tak, jakby odbywało się to w układzie docelowym. Wyboru powyższych trybów dokonuje się odpowiednimi kombinacjami ustawień zwork na płytce, oznaczonych: „RUN”, „RESET” i „PROG”.

### Oprogramowanie narzędziowe

Do tworzenia i uruchamiania oprogramowania aplikacyjnego służy łatwe w opanowaniu środowisko uruchomieniowe „Keil  $\mu$ Vision2 LPC Development Studio”, znane zapewne

również użytkownikom innych mikrokontrolerów (oczywiście w odpowiednich wersjach). Program dodawany do płytki ewaluacyjnej jest w wersji *lite*, co oznacza, że nałożono ograniczenie na maksymalną długość kodu wynikowego do 4 kB. Wraz z programem dostajemy przykładowy projekt, który pozwoli zaznajomić się ze środowiskiem i ułatwi wykonanie pierwszych kroków w dziedzinie tworzenia aplikacji pod mikrokontrolery LPC900. Wprawdzie tworzony program jest jednomodułowy – zawiera tylko jeden plik źródłowy napisany w języku C, ale i tak powinno to w zupełności wystarczyć do nauczenia się edycji, kompilacji i linkowania projektów. Przykładowy ekran roboczy środowiska uruchomieniowego podczas kompilacji jest przedstawiony na rys. 4, a na rys. 5 widać okno debugera. Poprawnie skompilowany program może być załadowany do pamięci mikrokontrolera poprzez interfejs RS232, a następnie uruchamiany w układzie docelowym. „Development Studio” umożliwia również pracę w trybie symulatora, wtedy nie jest nam potrzebny fizycznie zmontowany układ. Ładowanie programu może się odbywać poprzez polecenie *Download* debugera lub za pomocą specjalnie przygotowanej dla Philipsa aplikacji „FlashMagic”. „FlashMagic” umożliwia wygodne programowanie mikrokontrolerów



Rys. 5. Okno robocze debugera „Development Studio”

Philipsa w trybie ISP. Przykładowa aplikacja o wdzięcznej nazwie „Hello” powoduje przesłanie poprzez port szeregowy znanego dobrze wszystkim początkującym pozdrowienia „Hello World”. Tekst można najprościej odebrać w komputerze, w którym uruchomiono HyperTerminal.

### Czy warto?

Mikrokontrolery LPC900 mogą stanowić dość ciekawą alternatywę dla małych, atmelowskich 51-ek. Jak widać, na tym rdzeniu nadal buduje się urządzenia, co więcej, ciągle powstają nowe odmiany układów. Opinia o tym, że rdzeń 51-ki nadaje się już tylko do muzeum, jest więc chyba wyssana z palca. Oczywiście w pewnych zastosowaniach trzeba sięgać po bardziej wydajne mikrokontrolery, ale jeśli nie jest to potrzebne, to po co? Jak to kiedyś w pewnej reklamie było: „Jeśli efekt ten sam, to po co przepłacać?”

Więcej o rodzinie LPC900 i innych można się dowiedzieć ze stron internetowych Philipsa, np.: [http://www.semiconductors.philips.com/markets/mms/products/microcontrollers/key\\_solutions/80c51/index.html#lpc900](http://www.semiconductors.philips.com/markets/mms/products/microcontrollers/key_solutions/80c51/index.html#lpc900)

**Jarosław Doliński**  
jaroslaw.dolinski@ep.com.pl

### Dodatkowe informacje

Zestaw prezentowany w artykule udostępniła firma: Eurodis sp. z o.o., tel. (71) 783-12-69, [www.eurodis.com](http://www.eurodis.com).