

# MSP430

Rodzina procesorów MSP430 znalazła już sporą grupę zwolenników, szczególnie wśród projektantów urządzeń pomiarowych i inteligentnych przetworników wielkości. U podstaw wprowadzenia tych procesorów na rynek leżała idea układu sterownika zorientowanego na zastosowania pomiarowe, w których przewiduje się bardzo długie okresy między wymianą baterii lub nie wymienia się jej przez cały okres eksploatacji urządzeń.

## Główne cechy procesorów

Dla porządku przypomnijmy podstawowe parametry techniczne rodziny i wynikające z tego główne korzyści.

✓ 16-bitowa architektura procesora typu RISC.

✓ Zwarta i bardzo efektywna lista rozkazów (27 podstawowych instrukcji + 24 dodatkowe, emulowane przez instrukcje podstawowe) znacznie ułatwia opanowanie programowania.

✓ 7 wydajnych trybów adresacji, dostępnych dla wszystkich rozkazów, z jednoczesnym równorzędnym

**Liczba nowych mikrokontrolerów w rodzinie MSP430, po początkowym okresie zastoju, uległa szybkiemu zwiększeniu, co stało się dla nas pretekstem do ich przypomnienia.**

nym dostępem do każdego z 16-bitowych rejestrów procesora (PC, SP, SR, CG + 12 rejestrów ogólnego przeznaczenia). Stworza to bardzo dogodne warunki zarówno dla programowania w asemblerze, jak i dla efektywnego kompilatora języka C.

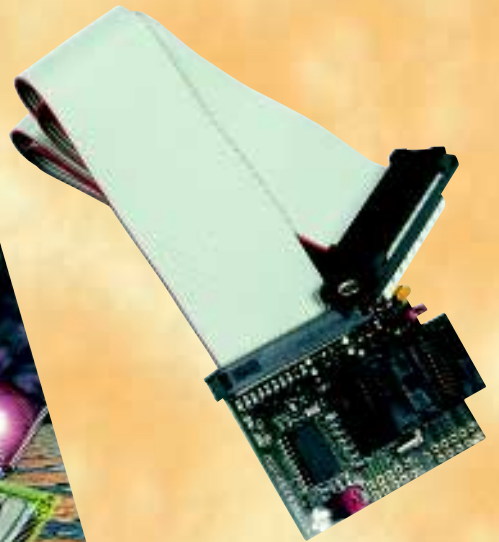
✓ Sprawne narzędzia obsługi (na poziomie języka C) zapewniające wygodne opracowywanie i uruchamianie nowych projektów.

✓ Rozbudowany system zabezpieczeń programu i prawidłowości jego wykonywania, poczynając od wbudowanego układu WatchDog.

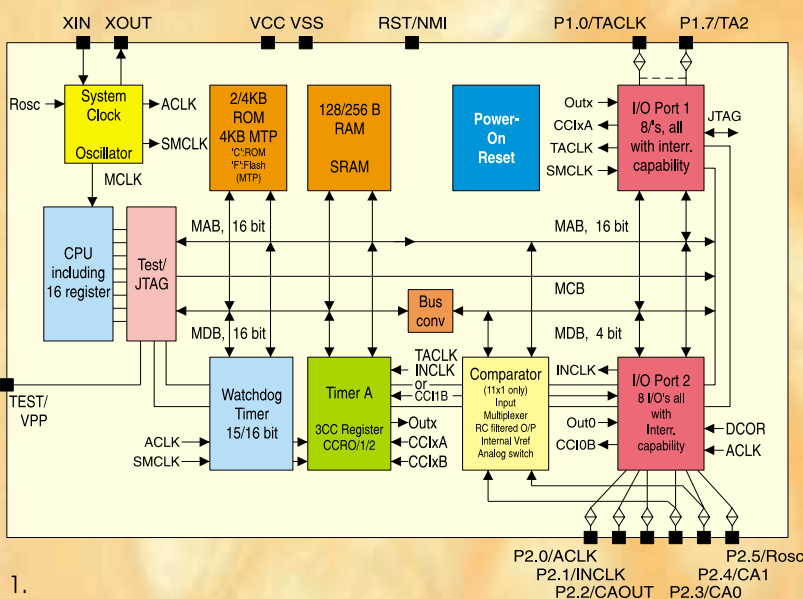
✓ Szeroka gama bloków peryferyjnych, łącznie z wielowyjściowymi przetwornikami A/C (do 12 bitów rozdzielczości), układem mnożącym, portami, wyjściami PWM itp. Predystynuje to procesory MSP do bardzo szerokiej gamy zastosowań, od urządzeń pomiarowych, po sterowanie napędami.

✓ Wbudowane sterowane źródło prądowe do współpracy z popularnymi przetwornikami rezystancyjnymi.

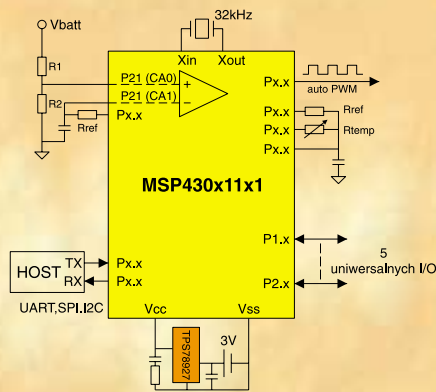
✓ Do dwóch układów UART w jednym procesorze, wydawnie upra-



## Energoooszczędne mikrokontrolery



Rys. 1.



Rys. 2.

szczających komunikację z innymi procesorami.

- ✓ Rejestry pozwalające na komparację i przechwyt stanu liczników czasu (nawet do 7 w procesorach grupy F14x), dzięki czemu liczne wyjścia PWM można zastosować do przetwarzania A/C jak i, na przykład, do sterowania uzwojeniami silników.
- ✓ Komparator analogowy pozwalający również na organizację przetwornika A/C z zachowaniem rozdzielczości 8, a nawet 10 bitów.
- ✓ Ultraniiski pobór mocy (250mA w stanie przetwarzania + prąd źródła prądowego).
- ✓ Rozbudowana lista stanów uśpienia - pracy energooszczędnej o poborach prądu od 0,1mA do 6mA.
- ✓ Stały czas budzenia procesora równy 6 ms.
- ✓ Swoboda doboru źródła i częstotliwości zegara taktującego. Daje znaczny wpływ na wielkość mocy pobieranej przez procesor (np. przy zastosowaniu kwarcu 32kHz dla utrzymania pracy zegara czasu rzeczywistego, wskaźnika LCD i wrażliwości na klawiaturę, wystarczy prąd 0,8mA z 3V zasilania).
- ✓ Rozbudowany system przerw wewnętrznych i zewnętrznych (do 15 przerw) z możliwościami indywidualnego ich maskowania.
- ✓ Program „bootstrap loader“, pozwalający na łatwe ładowanie wewnętrznej pamięci flash.
- ✓ Do sześciu 8-bitowych, równoległych portów We/Wy.

W tab. 1 zebrano główne cechy poszczególnych procesorów rodziny MSP430.

Jednak, jak zwykle w mikrokontrolerach o rozbudowanych funkcjach i obudowach o ograniczonej

liczbie wyprowadzeń, nie wszystkie możliwości i peryferia są dostępne w każdym z procesorów rodziny. Prawdopodobnie powyższą potwierdza przytoczona tabela. Trafny dobór procesora do zastosowania staje się więc często kluczowym elementem, zapewniającym powodzenie konstrukcyjne.

**Pamięć programowalna w procesorach rodziny**

Dotychczas, dla potrzeb uruchomieniowych i prototypowych prac, dostępne były jedynie dość kosztowne układy wyposażone w kasowane promieniowaniem UV pamięci typu EPROM.

Dopracowanie technologii programowalnych pamięci o bardzo

małym poborze mocy znacznie uatrakcyjniło ofertę procesorów MSP430. Zaowocowało to pojawieniem się procesorów MSP430Fxxxx, wyposażonych w pamięć Flash. Pierwsze z nich to układy MSP430F11x1, dla których producent deklaruje bardzo niskie ceny, ale przy atrakcyjnych właściwościach użytkowych. Inne dysponują już znacznie bogatszymi zasobami układów peryferyjnych i związonymi z tym bogatszymi możliwościami zastosowań.

**Przykładowy kontroler ładowarki akumulatorów**

Schemat blokowy najmniejszych procesorów wyposażonych w pamięć Flash przedstawiono na

**Tab.1. Porównanie własności mikrokontrolerów rodziny MSP430**

Układ	OTP	flash	ROM	RAM	Peryferie	Obudowy
MSP430P112*	4KB			256B	15-bit Watchdog/Timer	20SOP
MSP430C111			2KB	128B	16-bit Timer_A, 3 rejestry CC	20SOP
MSP430C112			4KB	256B	We/Wy port P1 i P2	20SOP
MSP430F1101		1KB		128B	15-bit Watchdog/Timer	20SOP, TSSOP
MSP430F1121		4KB		256B	16-bit Timer_A, 3 rejestry CC	20SOP, TSSOP
MSP430C1111			2KB	128B	Komparator analogowy, źr. odniesienia	20SOP, TSSOP
MSP430C1121			4KB	256B	We/Wy port P1 i P2	20SOP, TSSOP
MSP430F133		8KB		256B	15-bit Watchdog/Timer	64QFP
MSP430F135		16KB		512B	16-bit Timer_A, 3 rejestry CC 16-bit Timer_B, 3 rejestry CC/S komparator analogowy, źr. odniesienia,	64QFP
MSP430F147		32KB		1KB	15-bit Watchdog/Timer	64QFP
MSP430F148		48KB		2KB	16-bit Timer_A, 3 rejestry CC	64QFP
MSP430F149		60KB		2KB	16-bit Timer_B, 7 rejestrów CC/S komparator analogowy, źr. odniesienia,	64QFP
MSP430P315*	16KB			512B	15-bit Watchdog/Timer	56 SSOP
MSP430P315S*	16KB			512B	8/16-bitowy Timer_Port	48 SSOP
MSP430P311S			2KB	128B	sterownik LCD 64- lub 92-segm.	48 SSOP
MSP430P312			4KB	256B	HW UART małej mocy,	56 SSOP
MSP430P313			8KB	256B	We/Wy port P0	56 SSOP
MSP430P314			12KB	512B		56 SSOP
MSP430P315			16KB	512B		56 SSOP
MSP430P325A*	16KB			512B	15-bit Watchdog/Timer	64QFP, PLCC
MSP430C323			8KB	256B	8/16-bitowy Timer_Port	64QFP, PLCC
MSP430C325			16KB	512B	sterownik LCD 84-segm. HW UART małej mocy,	64QFP, PLCC
MSP430P337A*	32KB			1KB	15-bit Watchdog/Timer	100 QFP
MSP430C336			24KB	1KB	8/16-bitowy Timer_Port	100 QFP
MSP430C337			32KB	1KB	sterownik LCD 120-segm. HW USART, UART/zgodny z SPI,	100 QFP

\* istnieją wersje EPROM kasowane UV dla układów prototypowych PMS430E112, PMS430E315, PMS430E325A, PMS430E337A

**rys. 1.** Zwróćmy uwagę na zawarte w procesorze układy peryferyjne, ukierunkowujące go do stosowania w prostych układach z wyjściami analogowymi czy do sterowania silnikami lub do podobnych celów. Dostępny w jednej z odmian komparator napięcia pozwala na budowę przetwornika A/C w oparciu o pomiar czasu rozładowania kondensatora o znanej pojemności. Ideę tę wykorzystano w prostym sterowniku do ładowarki akumulatorów, którego schemat przedstawiono na **rys. 2.**

Należy zwrócić uwagę na korzystne dla użytkowników posunięcie producenta - Texas Instruments - który wkrótce po zaproponowaniu najprostszyc procesorów Flash rozpoczął oferowanie układów o maksymalnych zasobach pamięci i peryferii. Dzięki temu do rąk użytkowników trafił procesor, na którym można przetestować również rozwiązania przewidziane dla uproszczonych wersji układu.

Wyposażenie najprostszyc procesorów w możliwość obsługi wyjść PWM oraz komparator napięcia stwarza wyjątkowo dogodne warunki do jego masowego zastosowania w sterowaniu małymi silniczkami czy też inteligentnymi ładowarkami do akumula-

torów, przy znikomym poborze prądu przez procesor. Na rysunku obok zamieszczony został układ połączeń takiego kontrolera. Może on dostosowywać prąd ładowania nie tylko do wartości napięcia na baterii, ale uwzględnić jego charakterystykę zmian w czasie, dostarczony już ładunek czy zmiany oporności wewnętrznej itp. Wszystkie te opcje są możliwe do uzyskania przy poborze prądu przez procesor na poziomie 1,6mA.

Niska cena układu, prawie pomijalna w stosunku do kosztu akumulatora, wobec poprawy warunków eksploatacji i wydłużeniu jego czasu użytkowania może być zachętą do tego rodzaju zastosowań. Odpowiednio szersze możliwości mają bardziej rozbudowane procesory tej rodziny.

#### **Narzędzia uruchomieniowe**

Procesory z rodziny MSP430, wyposażone w pamięć Flash, otwierają również spore możliwości przed projektantami nie dysponującymi znacznymi środkami inwestycyjnymi. Wynika to z wyjątkowo korzystnej oferty pakietów testowych typu „starter kit“. Dla najmniejszych procesorów rolę taką spełnia zestaw MSP-FET430x110, wyposażony w działające na komputerach PC kompletne narzędzia

do generowania kodu i jego uruchamiania (poziom kosztów bez VAT i kosztów granicznych poniżej \$50). Dostępny w pakiecie kompilator języka C (zresztą bardzo efektywny) ma ograniczenie objętości generowanego i ładowanego do modułu testowego kodu na poziomie 1k(słowa). Pakiet ten umożliwia również programowanie pamięci flash procesora osadzonego w podstawie (**fol. 1**).

Analogiczny zestaw dla procesora F149 jest już nieco droższy. W przypadku tego pakietu ograniczenie objętości kodu generowanego przez kompilator C jest już nieco bardziej dotkliwie i zapewnienie pełnego wykorzystania walorów tego języka wymaga jednak wyposażenia się w pełną wersję narzędzi oferowanych przez firmę IAR. Bliższe dane i szczegóły o poruszonych tutaj procesorach, ich narzędziach uruchomieniowych i przykładach zastosowań znajdzie Czytelnik na załączonym krążku CD-ROM. Zawiera on wybrane fragmenty materiałów zawartych na serwerze internetowym firmy Texas Instruments, a dostępnych również na dostarczonym przez producenta i dystrybutorów dysku CD-ROM „MSA430 August 2000“ o oznaczeniu firmowym SLAC001B.

**Krzysztof Kardach, TI**