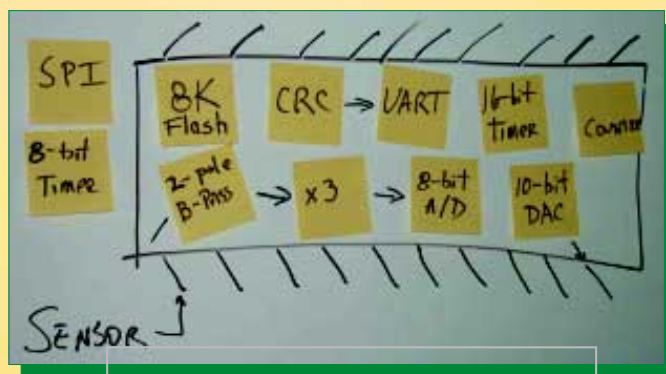


Jesteśmy świadkami kolejnego przełomu w elektronice, który z pewnością zdeterminuje dalszy rozwój technik projektowania nowoczesnych urządzeń elektronicznych. W ostatnich tygodniach roku 2000 firma Cypress Semiconductor wprowadziła bowiem na rynek prawdziwe, programowane „kombajny“ analogowo-cyfrowe, w pełni zasługujące na miano programowanych systemów analogowo-cyfrowych. Nowe układy to znacznie więcej niż mikrokontrolery z wbudowanym przetwornikiem!

# Układy

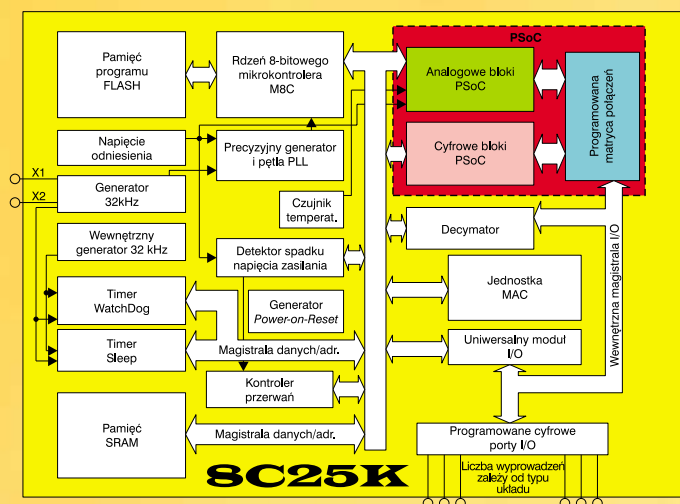
## PROGRAMMABLE SYSTEMS ON CHIP



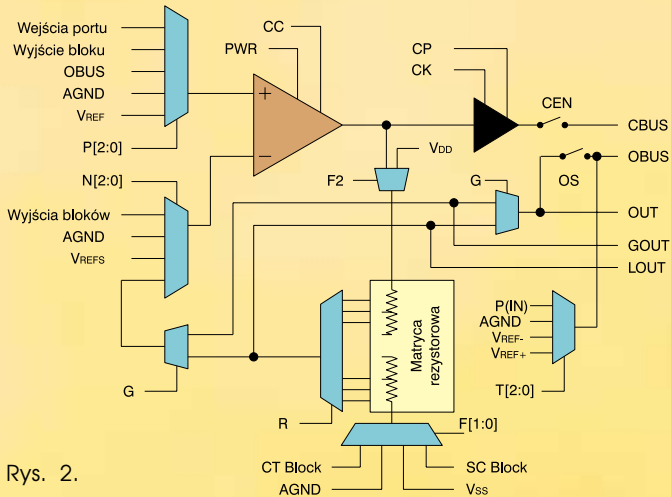
# PSoC

Pierwszym przełomem, istotnym dla dalszego rozwoju systemów cyfrowych - bez wątpienia największym - było opracowanie i wdrożenie do produkcji mikroprocesorów, drugim układów PLD, trzecim - najmniej spektakularnym - wprowadzenie na rynek programowanych układów analogowych. Od wielu lat firmy półprzewodnikowe starały się wdrożyć do produkcji układy łączące

w jednej strukturze moduły analogowe i cyfrowe, czego przykładami mogą być m.in. układy ASIC firm Epson i Philips (VLSI). Ze względu na zaawansowaną technologię przygotowywania projektów dla tego typu struktur, użytkownik nie mógł docenić elastyczności i wynikających z niej ogromnych możliwości struktur SoC. Sytuacja uległa jednak radykalnej zmianie.



Rys. 1.



Rys. 2.

**Propozycja Cypressa - część analogowa**

Układy PSoC firmy Cypress przypominają swoją budową bogato wyposażony w peryferie mikrokontroler z dodatkowym zestawem modułów PSoC (rys. 1). To właśnie w tych modułach tkwi tajemnica potencjalnego sukcesu układów rodziny 8C25/26K. Zaczniemy od omówienia analogowych bloków PSoC.

Układy 8C25/26K wyposażono w trzy grupy modułów analogowych, każda składająca się z 12 analogowych bloków PSoC, które mogą spełniać następujące funkcje (programowane przez użytkownika): przetwornika A/C lub C/A, wzmacniacza o programowanym wzmocnieniu, analogowego komparatora, filtru z kluczowanymi pojemnościami. Struktura bloków PSoC przypomina matrycę składającą się z trzech wierszy i czterech kolumn, do

których dostęp jest możliwy poprzez 2, 3 lub 4 rejestry ulokowane w przestrzeni adresowej mikrokontrolera.

Na rys. 2 przedstawiono schemat analogowego bloku PSoC, który składa się wyłącznie ze standardowych elementów liniowych, tzn. multiplexerów analogowych, programowalnej matrycy rezystorów i wzmacniacza różnicowego z możliwością wykorzystania go jako komparatora. Układy 8C25/26K wyposażono w jedną grupę, składającą się z 12 takich modułów.

Dwie kolejne grupy analogowych bloków PSoC wykonano w postaci modułów z kluczowanymi pojemnościami. Moduły jednej z "kluczowanych" grup (A) zbudowano w sposób pokazany na rys. 3. Na wejściach tych modułów znajdują się kondensatory

o programowalnych wartościach pojemności (CA, CB i CC), a także pojemność opcjonalnie dołączanego kondensatora integrującego (CF) można programować w szerokim zakresie wartości. Symbolami F1 i F2 oznaczono sygnały zegarowe, sterujące kluczowaniem analogowych przełączników. Nieco odmienną budowę mają moduły wchodzące w skład grupy B. Schemat przedstawiający budowę modułów B znajduje się na rys. 4.

Konstrukcja analogowej części układów PSoC jest skomplikowana i dla wielu konstruktorów mało czytelna. Nie należy się tym przerażać, ponieważ Cypress przygotował narzędzie umożliwiające m.in. odpowiednią ich konfigurację

**Propozycja Cypressa - część cyfrowa**

Ze względu na charakter potencjalnych aplikacji układu PSoC, rdzeń mikrokontrolera wyposażono w proste mechanizmy ułatwiające i przyspieszające cyfrową obróbkę sygnałów. Najważniejszym elementem tego typu jest układ mnożący MAC, współpracujący z akumulatorem (rys. 5). Zgodnie z opisem zawartym w dostępnej dokumentacji (Release 1.09), moduł MAC jest asynchroniczny i generuje wynik

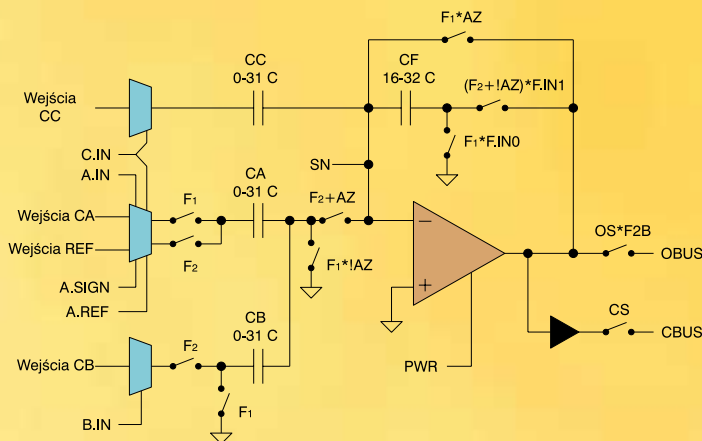
**Możliwe konfiguracje modułów analogowych:**

- ◆ przetworniki A/C Σ-Δ o rozdzielczości do 12 bitów,
- ◆ przetworniki A/C z sukcesywną aproksymacją o rozdzielczości do 10 bitów,
- ◆ przetworniki A/C inkrementalne o rozdzielczości do 14 bitów,
- ◆ przetworniki C/A o rozdzielczości do 10 bitów,
- ◆ wzmacniacze o programowanym wzmocnieniu,
- ◆ układy próbkująco-pamiętające,
- ◆ programowane filtry,
- ◆ komparatory analogowe,
- ◆ możliwość pomiaru temperatury (czujnik wbudowany w strukturę układu).

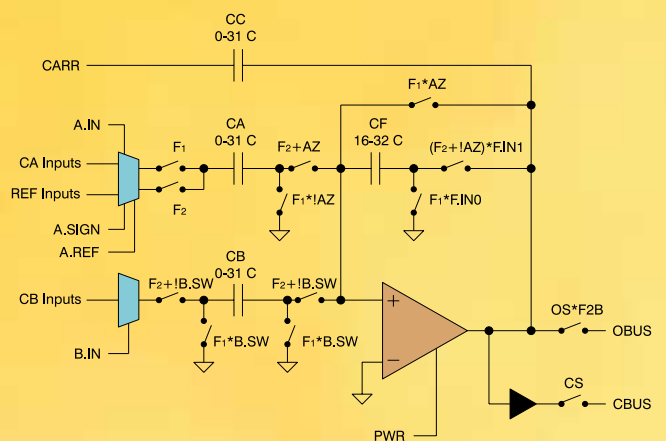
operacji po ok. 7..10ns od wpisu danej do dowolnego rejestru wejściowego MUL\_X lub MUL\_Y.

Kolejnym interesującym modułem zintegrowanym w strukturze oferowanego przez Cypressa układu PSoC jest decymator, który odpowiada za konwersję 1-bitowego sygnału z wyjścia przetwornika Σ-Δ. Współczynnik decymacji może zostać określony przez projektanta za pomocą liczby 8-bitowej.

Prezentowane układy wyposażono w bardzo elastyczne, programowane porty I/O z możliwością ich współpracy z systemem przerwań. Moduł zarządzający obsługą przerwań (przychodzących także z torów analogowych) można wykorzystać do „budzenia” procesora ze stanów uśpienia, dzięki którym można zmniejszyć ilość pobieranej przez układ energii.



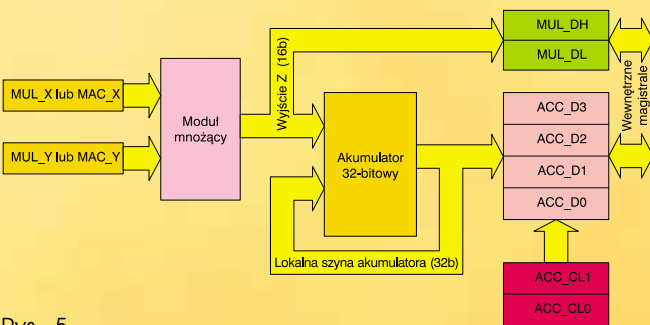
Rys. 3.



Rys. 4.

**Tab. 1. Dostępne wersje układów PSoC i ich wyposażenie.**

Oznaczenie	Liczba pinów I/O	Pojemn. pamięci Flash [kB]	Pojemn. pamięci SRAM [B]	Liczba analogowych bloków PSoC	Liczba cyfrowych bloków PSoC	Wbudowany sterownik przetwornicy napięcia	Inne	Częstotliwość pracy [MHz]	Napięcie zasilania [V]	Typ obudowy	Temperatura pracy [°C]
CY8C25122-24PI	6	4	128	12	8	Nie	POR, Vref, Temp, LVD, IntC, WDT	94kHz..24MHz	2,7V..5,5V	8 PDIP	Ind. -40..+85
CY8C26233-24PI	16	8	256	12	8	Tak	POR, Vref, Temp, LVD, IntC, WDT	94kHz..24MHz	2,7V..5,5V	20 PDIP	Ind. -40..+85
CY8C26233-24SI	16	8	256	12	8	Tak	POR, Vref, Temp, LVD, IntC, WDT	94kHz..24MHz	2,7V..5,5V	20 SOIC	Ind. -40..+85
CY8C26233-24OI	16	8	256	12	8	Tak	POR, Vref, Temp, LVD, IntC, WDT	94kHz..24MHz	2,7V..5,5V	20 SSOP	Ind. -40..+85
CY8C26443-24PI	24	16	256	12	8	Tak	POR, Vref, Temp, LVD, IntC, WDT	94kHz..24MHz	2,7V..5,5V	28 PDIP	Ind. -40..+85
CY8C26443-24SI	24	16	256	12	8	Tak	POR, Vref, Temp, LVD, IntC, WDT	94kHz..24MHz	2,7V..5,5V	28 SOIC	Ind. -40..+85
CY8C26443-24OI	24	16	256	12	8	Tak	POR, Vref, Temp, LVD, IntC, WDT	94kHz..24MHz	2,7V..5,5V	28 SSOP	Ind. -40..+85
CY8C26643-24PI	44	16	256	12	8	Tak	POR, Vref, Temp, LVD, IntC, WDT	94kHz..24MHz	2,7V..5,5V	48 PDIP	Ind. -40..+85
CY8C26643-24OI	44	16	256	12	8	Tak	POR, Vref, Temp, LVD, IntC, WDT	94kHz..24MHz	2,7V..5,5V	48 SSOP	Ind. -40..+85
CY8C26643-24AI	40	16	256	12	8	Tak	POR, Vref, Temp, LVD, IntC, WDT	94kHz..24MHz	2,7V..5,5V	44 TQFP	Ind. -40..+85



Rys. 5.

Układy 8C25/26K wyposażono w wewnętrzną pamięć programu typu Flash, której pojemność jest zależna od typu układu. W tab. 1 zestawiono najważniejsze parametry pierwszych dostępnych układów PSoC.

**Narzędzie projektowe**

Dla konstruktorów chcących stosować w swoich opracowaniach układy PSoC Cypress przygotował zintegrowane narzędzie *PSoCDesigner*, które składa się z trzech podstawowych modułów:

- edytora układu (rys. 6), za pomocą którego użytkownik ma dostęp do wszystkich wewnętrznych modułów, które może konfigurować w dowolny sposób (rys. 7),
- edytora aplikacji, który odpowiada za przygotowanie programu (assembler lub C) dla wbudowanego w PSoC mikrokontrolera,
- debuggera, który może współpracować z emulatorem sprzętowym.

W chwili przygotowywania artykułu dostępna była

tylko  $\beta$ -wersja pakietu narzędziowego PSoCDesigner. Jest szansa, że w chwili ukazania się tego wydania EP w kioskach, producent udostępni pierwszą wersję rynkową, przy czym warto zwrócić uwagę na to, że program jest udostępniany bezpłatnie!

**Podsumowanie**

Moim zdaniem nowe układy firmy Cypress mają szansę szybko zadomowić się na rynku, ponieważ jako jedyne dają możliwość zintegrowania kompletnych systemów akwizycji i obróbki danych w jednej strukturze. Pewnym niedopatrzeniem jest zastosowanie w układach PSoC mikrokontrolera z nowym rdzeniem, co niestety zmusza konstruktorów do znacznego wysiłku i nauki, a to kosztuje. Pewną rekompensatą tych niedociągnięć może być różnorodność dostęp-

nych wersji układów PSoC - najmniej z nich ma zaledwie 8 wyprowadzeń!

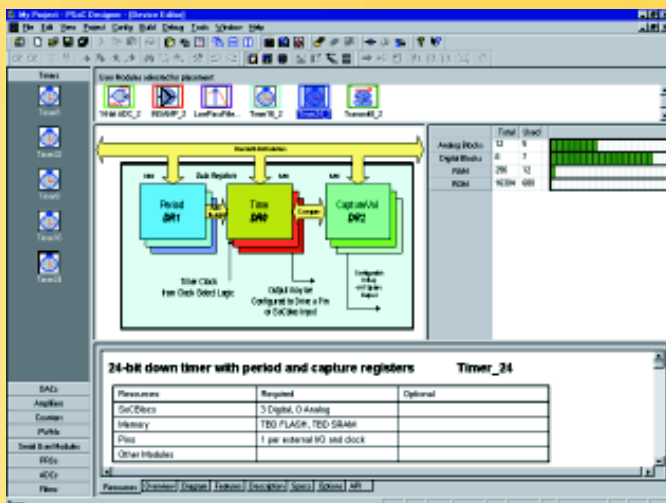
**Piotr Zbysiński, AVT**  
piotr.zbysinski@ep.com.pl

Informacje na temat układów PSoC firmy Cypress są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.cypressmicro.com> oraz na płycie CD-EP01/2001B w katalogu \PSOC.

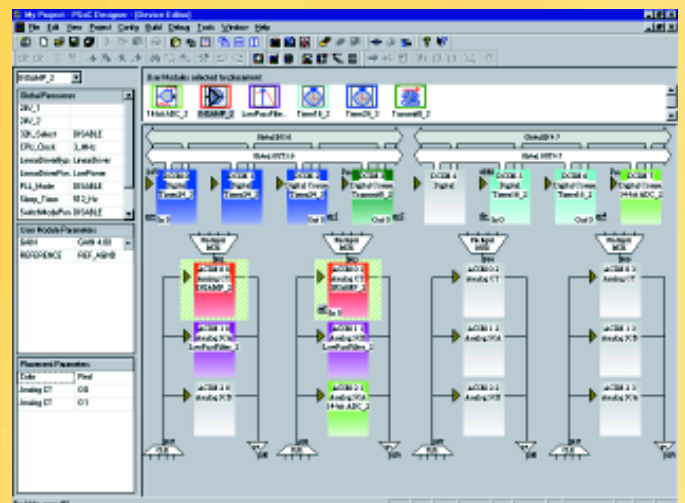
Artykuł powstał dzięki uprzejmości firmy Future (tel. (0-22) 618-92-02, [www.future.com.pl](http://www.future.com.pl)), dystrybutora Cypressa w Polsce.

**Możliwe konfiguracje modułów cyfrowych:**

- ✓ wielozadaniowe, uniwersalne timery,
- ✓ generatory CRC,
- ✓ dwukierunkowe UART-y,
- ✓ interfejsy SPI,
- ✓ programowane generatory zegarowe.



Rys. 6.



Rys. 7.