

Układy PSoC firmy Cypress Microsystems

Wybierając mikrokontroler do konkretnej aplikacji, musimy zazwyczaj pogodzić się z wieloma kompromisami wynikającymi z przyjętego przez producentów układów stopnia wyposażenia mikrokontrolerów. Radykalne i niezwykle skuteczne rozwiązanie praktycznie wszystkich problemów tego rodzaju zapewniają mikrokontrolery PSoC firmy CypressMicro.

System w jednym układzie

W wyniku przyjętych kompromisów albo musimy zapłacić za peryferie, z których nie będziemy korzystać, lub „łątać” braki w wyposażeniu mikrokontrolera za pomocą zewnę-

rznych układów. Niezwykle rzadkie są przypadki, w których peryferie zintegrowane w mikrokontrolerze dokładnie pasują do wymogów aplikacji, zwłaszcza jeżeli weźmiemy pod uwagę także „jakość” wszystkich parametrów mikrokontrolera. Do takich, obok m.in. pojemności pamięci i bloków peryferij-

nych, trzeba zaliczyć dostępne rodzaje obudów czy też możliwość zmiany funkcji wyprowadzeń mikrokontrolera.

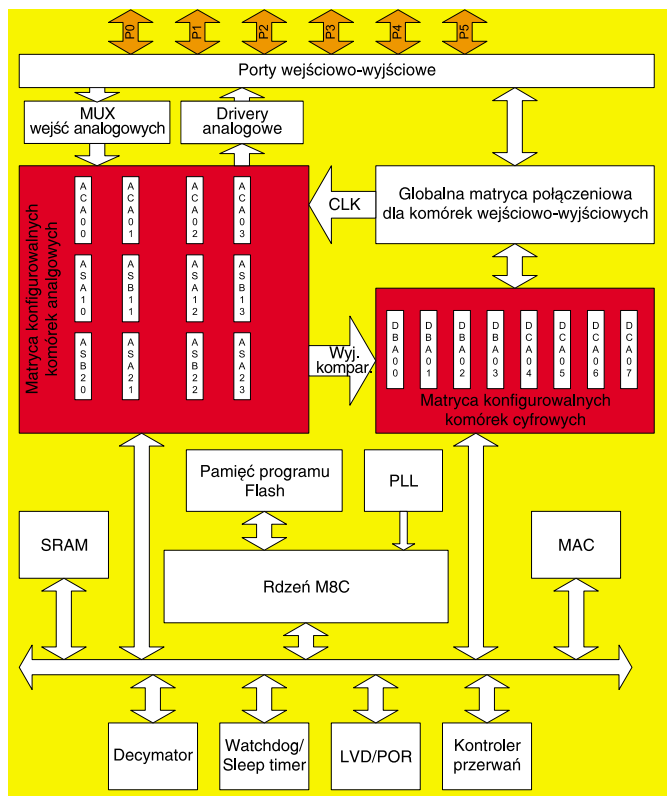
Niestety, w większości nieco bardziej wyrafinowanych przypadków, projektanci muszą godzić się na wybór kompromisowy.

A właściwie do tej pory musieli.

Nowe spojrzenie

Na początku 2000 roku pojawiły się bowiem pierwsze informacje o nowym produkcie firmy Cypress - mikrokontrolerze ze swobodnie rekonfigurowanymi peryferiami. Rzecz niebywała, bowiem każdy projektant wykorzystując wbudowane w taki mikrokontroler konfigurowalne





Rys. 1

zasoby, może zbudować sobie dokładnie takie peryferie, jakie są niezbędne w jego aplikacji.

Mikrokontrolery nowej rodziny opracowała firma Cypress MicroSystems, która należy do dość dobrze znanego na naszym rynku Cypressa. Rodzina składa się zaledwie z czterech mikrokontrolerów (tab. 1) dostępnych w kilku rodzajach obudów, ale dzięki praktycznie nieograniczonym (w rozsądnym zakresie) możliwościom konfiguracji peryferii jest możliwe „wbudowa-

nie“ na drodze programowej, praktycznie dowolnych peryferyjnych modułów analogowych i cyfrowych. Schemat blokowy mikrokontrolerów PSoC pokazano na rys. 1.

Rdzeń układów PSoC (*Programmable System-on-a-Chip*) jest minimalnie zmodyfikowany w stosunku do znanego z wcześniejszych opracowań rdzenia M8, na bazie którego Cypress produkuje mikrokontrolery (niegdyś pierwsze na rynku!) zintegrowane z interfejsem USB. Budowę 8-bitowego rdzenia

M8 oparto na architekturze Harvard. Jego lista instrukcji - niezgodnie ze współczesną modą na RISC-i - jest bardzo obszerna i przez to łatwa w stosowaniu. Rdzeń obsługuje 9 trybów adresowania, przy czym korzystanie z nich - dzięki przejrzystemu mnemonikom i uporządkowanej liście instrukcji - jest bardzo łatwe. Mikrokontrolery wyposażono w blok sprzętowego mnożenia 8x8 z 16-bitowym wyjściem, który współpracuje z 32-bitowym

ducent nie ujawnił specyfikacji programowania, co powoduje konieczność korzystania z oryginalnych narzędzi.

Mikrokontrolery PSoC wyposażono także w system priorytetowej obsługi przerw, przy czym przerwanie mogą być generowane także przez cyfrowe bloki konfigurowalne, dzięki czemu dostęp do przerw mają także bloki funkcjonalnie implementowane przez projektanta.

Wszystkie bloki mikrokontrolera są taktowane

Idea PSoC

Twórcy układów prezentowanych w artykule połączyli w jednej obudowie szybki 8-bitowy mikrokontroler ze swobodnie konfigurowalnymi blokami analogowymi i cyfrowymi spełniającymi rolę modyfikowalnych peryferii mikrokontrolera.

wym akumulatorem. Dodatkowym wyposażeniem wszystkich mikrokontrolerów PSoC jest sprzętowy decymator, który służy do konwersji sygnału z 1-bitowego przetwornika A/C $\Sigma-\Delta$ na postać równoległą. Decymator jest automatycznie konfigurowany jako konwerter danych przez oprogramowanie narzędziowe *PSoC Designer*. Pamięć programu we wszystkich mikrokontrolerach PSoC jest typu Flash i można ją wielokrotnie programować, także już po zamontowaniu układów w systemie. Niestety, pro-

sygnałem zegarowym wytwarzanym przez generator wbudowany w mikrokontroler. Częstotliwość jego pracy można ustalić za pomocą zewnętrznego rezonatora kwarcowego, a w przypadku mniejszych wymagań co do dokładności i stabilności częstotliwości, można wykorzystać wewnętrzny generator o programowo ustalonej częstotliwości sygnału.

Cyfrowe bloki konfigurowalne

Peryferie cyfrowe można implementować w zespole ośmiu 8-bitowych cyfrowych bloków konfigurowalnych, z których 4 są blokami zoptymalizowanymi pod kątem transmisji danych. Ich konfigurację najłatwiej jest przeprowadzić za pomocą specjalizowanego programu narzędziowego *PSoC Designer*, który ten dość złożony proces sprowadza do kilku kliknięć, w tym przede wszystkim wyboru rodzaju implementowanego bloku (lewa część okna z rys. 2). Podobnie łatwe jest dołączanie wejść

Tab. 1. Zestawienie najważniejszych parametrów mikrokontrolerów PSoC firmy Cypress

Parametr	CY8C25122	CY8C26233	CY8C26443	CY8C26643
Częstotliwość taktowania	93,7 kHz...24 MHz	93,7 kHz...24 MHz	93,7 kHz...24 MHz	93,7 kHz...24 MHz
Napięcie zasilania	3...5,5 V	3...5,5 V	3...5,5 V	3...5,5 V
Pojemność pamięci danych RAM	256 B	256 B	256 B	256 B
Pojemność pamięci programu Flash	4 kB	8 kB	16 kB	16 kB
Liczba analogowych bloków konfigurowalnych	12	12	12	12
Liczba cyfrowych bloków konfigurowalnych	8	8	8	8
Liczba wyprowadzeń I/O	6	16	24	40/44
Wbudowana przetwornica napięcia zasilającego	Nie	Tak	Tak	Tak
Dostępne obudowy	DIP8	DIP/SOIC/SSOP20	DIP/SOIC/SSOP28	DIP/SSOP48, TQFP44

Tab. 2. Możliwe konfiguracje cyfrowych modułów peryferyjnych

Nazwa bloku	Wykorzystywane zasoby
Licznik 8-bitowy	1 moduł cyfrowy
Licznik 16-bitowy	2 moduły cyfrowe
Licznik 24-bitowy	3 moduły cyfrowe
Licznik 32-bitowy	4 moduły cyfrowe
8-bitowy generator sekwencji pseudolosowych	1 moduł cyfrowy
16-bitowy generator sekwencji pseudolosowych	2 moduły cyfrowe
24-bitowy generator sekwencji pseudolosowych	3 moduły cyfrowe
32-bitowy generator sekwencji pseudolosowych	4 moduły cyfrowe
PWM 8-bitowy	1 moduł cyfrowy
PWM 16-bitowy	2 moduły cyfrowe
8-bitowy PWM z czasem martwym	2 moduły cyfrowe
16-bitowy PWM z czasem martwym	3 moduły cyfrowe
Timer 8-bitowy	1 moduł cyfrowy
Timer 16-bitowy	2 moduły cyfrowe
Timer 24-bitowy	3 moduły cyfrowe
Timer 32-bitowy	4 moduły cyfrowe
Generator CRC16	2 moduły cyfrowe
Inwerter	1 moduł cyfrowy
EEPROM	-
UART	2 moduły komunikacyjne
Odbiornik IrDA	3 moduły cyfrowe
Nadajnik IrDA	2 moduły cyfrowe
Obsługa LCD	-
Odbiornik szeregowy	1 moduł komunikacyjny
Nadajnik szeregowy	1 moduł komunikacyjny
Programowy interfejs I ² C Master	-
Programowy interfejs I ² C Slave	-
SPI Master	1 moduł komunikacyjny
SPI Slave	1 moduł komunikacyjny

i wyjść implementowanych peryferii do wyprowadzeń mikrokontrolera.

W **tab. 2** zestawiono peryferie możliwe do zaimplementowania w cyfrowych blokach konfigurowalnych za pomocą ostatnio udostępnionych wersji oprogramowania (3.x).

Analogowe bloki konfigurowalne

Podobnie przebiega konfigurowanie bloków analogowych, których w mikrokontrolerach PSoC zawar-

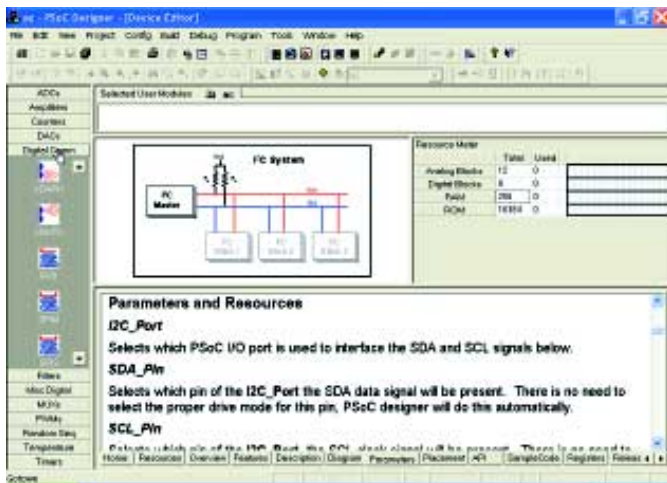
to aż 12. Budowa czterech z nich jest oparta na klasycznych wzmacniaczach operacyjnych. W pozostałych ośmiu zastosowano przełączane kondensatory. Bloki te są także podzielone na dwie grupy po cztery bloki, różniące się nieco budową wewnętrzną, ale zasada ich działania jest identyczna. W **tab. 3** zamieszczono zestawienie obecnie dostępnych (w wersji *PSoC Designer* 3.x) konfiguracji bloków analogowych.

Łatwe w stosowaniu

Wszystkie mikrokontrolery PSoC mają identyczną budowę wewnętrzną (łącznie z rozmieszczeniem rejestrów), różnią się jedynie rozmiarem pamięci programu i liczbą portów dołączonych do wyprowadzeń obudowy.

PSoC a PLD

Korzystanie z układów PSoC firmy Cypress MicroSystems przypomina korzystanie z systemu zbudowanego z mikrokontrolera z dołączonymi programowalnymi układami analogowymi (jak np. ispPAC firmy Lattice), w których można umieścić własne peryferie analogowe, i układami CPLD, w których można umieścić własne peryferie cyfrowe.



Rys. 2

Narzędzia

Ze względu na relatywnie małą popularność rdzenia M8C i związany z tym brak narzędzi na rynku, Cypress MicroSystems opracował własny system projektowy dla układów PSoC - nosi on nazwę *PSoC Designer*. Program ten jest kompletnym, zintegrowany środowiskiem programisty (IDE), które w wersji bezpłatnej udostępnia wszystkie możliwości pakietu poza kompilatorem C (którego cena nie jest oszałamiająca -

wynosi bowiem ok. 145 USD). Za pomocą *PSoC Designera* można łatwo konfigurować moduły peryferyjne, dołączać ich wejścia i wyjścia do wyprowadzeń układu, debugować program, programować układy itp. Użytkownicy niechętnie wydający pieniądze na narzędzia otrzymują pełnowartościowy pakiet narzędziowy praktycznie za darmo, co nadal nie jest powszechne.

Producent przygotował także jeden zestaw ewaluacyjny (CY3205DK - fot.



Fot. 3

Tab. 3. Możliwe konfiguracje analogowych modułów peryferyjnych

Nazwa bloku	Wykorzystywane zasoby
Multiplexer analogowy 4->1	-
2-biegunowy filtr dolnoprzepustowy	2 moduły z kluczowanymi pojemnościami
2-biegunowy filtr pasmowo-przepustowy	2 moduły z kluczowanymi pojemnościami
6-bitowy przetwornik C/A	1 moduł z kluczowanymi pojemnościami
8-bitowy przetwornik C/A	2 moduły z kluczowanymi pojemnościami
8-bitowy przetwornik A/C Δ - Σ	1 moduł z kluczowanymi pojemnościami/1 moduł cyfrowy
11-bitowy przetwornik A/C Δ - Σ	1 moduł z kluczowanymi pojemnościami/1 moduł cyfrowy
6-bitowy przetwornik A/C SAR	1 moduł z kluczowanymi pojemnościami
8-bitowy przetwornik A/C SAR	2 moduły z kluczowanymi pojemnościami/1 moduł liniowy
Przetwornik A/C o modyfikowanej rozdzielczości 7...13 bitów	1 moduł z kluczowanymi pojemnościami/3 moduły cyfrowe
12-bitowy inkrementacyjny przetwornik A/C	1 moduł z kluczowanymi pojemnościami/2 moduły cyfrowe
2-biegunowy filtr górno-przepustowy	2 moduły z kluczowanymi pojemnościami
2-biegunowy filtr pasmowo-zaporowy	2 moduły z kluczowanymi pojemnościami
Komparator analogowy	2 moduły z kluczowanymi pojemnościami
Generator DTMF	1 moduł z kluczowanymi pojemnościami/1 moduł cyfrowy
Pomiar temperatury	1 moduł z kluczowanymi pojemnościami
Wzmacniacz pomiarowy	2 moduły liniowe
Wzmacniacz odwracający	1 moduł liniowy
Wzmacniacz o programowanym wzmacnieniu	1 moduł liniowy
Multiplexer napięć referencyjnych	1 moduł liniowy
Komparator z programowanym progrem	1 moduł liniowy

3), w ramach którego otrzymujemy emulator ICE i programator (standardowo dla mikrokontrolerów w obudowach DIP do 28 wyprowadzeń), dwie próbki mikrokontrolerów CY8C26443, zasilacz sieciowy, CD-ROM z oprogramowaniem narzędziowym i dokumentacją, a także niewielką płytkę ewaluacyjną, na której można testować proste aplikacje.

bardzo wiele na to wskazywało. Teraz, po prawie trzech latach od chwili ich premiery, wiadomo już, że PSoC-e zdobywają świat. Także my przedstawimy wkrótce na łamach EP projekty realizowane na tych nowoczesnych układach, które łączą w sobie wszystkie nowoczesne trendy projektowe.
Piotr Zbysiński, AVT
piotr.zbysinski@ep.com.pl

Podsumowanie

Kiedy po raz pierwszy pisaliśmy o układach PSoC firmy Cypress MicroSystems, trudno było wyrokować, czy przyjmą się one na rynku, chociaż

Dodatkowe informacje

Artykuł powstał na podstawie materiałów udostępnionych przez firmę Future Electronics (tel. (22) 618-92-02, www.futureelectronics.com), która jest autoryzowanym dystrybutorem firmy Cypress MicroSystems, w tym zestawu CY3205DK.