

ARM jednak!

Co w ARM-ach piszczy – grudzień 2009

Głoszona na łamach EP od 2004 roku ARM-owa rewolucja zwiększa swój impet, bowiem nowe rdzenie opracowane przez ARM, „opakowane” w krzem przez kolejnych producentów, nieubłagalnie dominują świat elektroniki. Czy to dobrze? Na razie taniej...

Rok 2004 był pierwszym rokiem ARM-owej rewolucji: wtedy to właśnie firma Philips (obecnie NXP) wprowadziła do produkcji mikrokontrolery z serii LPC2000, które – w odróżnieniu od ówczesnych rozwiązań oferowanych m.in. przez firmy: Intel, Conexant, Samsung, OKI, a nawet zazwyczaj przyjaźnie nastawionej do indywidualnych klientów firmy Atmel – mógł kupić i stosować przeciętny zjadacz chleba. Żeby ich używać, nie trzeba było inwestować w drogi sprzęt ani programowanie, wystarczył dostęp do Internetu i nieco cierpliwości, co – wraz z ich dużą wydajnością i bogatym wyposażeniem – szybko przekonało do ich stosowania szerokie grono konstruktorów.

Rok 2007: rewolucja Cortex’owa

Sukces mikrokontrolerów LPC2000 (wyposażonych w rdzeń ARM7TDMI) zachęcił do pójścia tą samą drogą wielu innych producentów, niektórzy – jak STMicroelectronics – zainwestowali nawet w opracowanie mikrokontrolerów wyposażonych w rdzeń z rodziny ARM9 (mikrokontrolery z rodziny STR91x). Dalszy rozwój sytuacji wydawał się oczywisty, aż do połowy roku 2006, kiedy to – z nienacką – pojawiła się na rynku firma LuminaryMicro, ogłaszając, że w niedługim czasie wprowadzi do produkcji i sprzedaży pierwsze na świecie mikrokontrolery z zupełnie nowym rdzeniem firmy ARM – Cortex-M3. Pierwsze mikrokontrolery z rodziny Stellaris (LM3S101 i LM3S102) pojawiły się w sprzedaży już w 2007 roku. Był to kolejny przełomowy moment, bowiem w niedługim czasie śladem Luminary Micro poszła także firma STMicroelectronics ze swoimi STM32, medialnie szybko do tego grona dołączyła firma NXP („prawdziwe” mikrokontrolery trafiły na rynek dopiero w tym roku), niedawno Atmel, Zilog, Toshiba, Actel...

Pośpiech producentów odbił się – niestety – na konstruktorach, którzy doświadczają niezbędności studiowania errat na równi z podstawową dokumentacją dotyczącą mi-

krokontrolerów. Marketingowe prawo mówiące, że na rynku wygrywa ten, kto dostarczy towar szybciej, naruszyło wiele dogmatów konstruktorskich, między innymi ten, że interfejs I²C po wysłaniu ramki danych samoczynnie generuje sekwencję STOP...

Dalszy ciąg rewolucji

W ostatnich dniach roku 2009 konstruktorzy zamierzający wykorzystać w swoich projektach możliwości mikrokontrolerowych rdzeni Cortex (-M0, -M1 i -M3) mogą sięgnąć po mikrokontrolery kilku producentów (w kolejności alfabetycznej, wymieniono firmy mające w Polsce dystrybutorów):

- Atmel – rodzina mikrokontrolerów o nazwie ATSAM3U, wyposażonych w rdzeń Cortex-M3 rev. 2 (do 96 MHz), pamięć Flash o pojemności 64...256 kB, SRAM od 20 do 52 kB, układy są dostępne w obudowach LQFP/BGA100 i 144.
- Cypress – rodzina mikrokontrolerów PSoC5 wyposażonych w rdzeń Cortex-M3 (do 80 MHz) oraz zespoły konfigurowalnych zasobów analogowych i cyfrowych, z których użytkownik może zbudować sobie własny zestaw peryferiów w tym 20-bitowy przetwornik A/C. Mikrokontrolery PSoC5 wyposażono m.in. w pamięć Flash o pojemności od 32 do 256 kB i pamięć SRAM o pojemności od 8 do 64 kB.
- EnergyMicro – rodzina mikrokontrolerów o nazwie EFM32G, wyposażonych w rdzeń Cortex-M3 (do 32 MHz), pamięć Flash o pojemności od 16 do

Siła rdzenia Cortex M3

Główne motywy opracowania przez firmę ARM rdzeni Cortex były następujące:

- zwiększenie prędkości wykonywania programów,
- zmniejszenie pojemności pamięci Flash koniecznej do przechowania programów, przy zachowaniu ich funkcjonalności,
- obniżenie poboru mocy podczas normalnego działania,
- zminimalizowanie powierzchni zajmowanej przez rdzeń w krzemie, przez to obniżenie ceny mikrokontrolerów.

Uzyskanie tych – w niektórych przypadkach sprzecznych – cech, wymagało zastosowania przez inżynierów firmy ARM wielu zaawansowanych rozwiązań (jak np. 3-poziomowe kolejkowanie ze spekulacyjnym mechanizmem przewidywania rozgałęzień działania programów, zwiększenie liczby poleceń wykonywanych w jednym taktie zegara, a także zastosowanie nowej listy instrukcji o nazwie Thumb 2). Zabiegi konstrukcyjne zaowocowały tym, że rdzenie Cortex osiągają prędkość do 1,25 DMIPS/MHz (przy 0,95 DMIPS/MHz w przypadku ARM7TDMI), pobierając jednocześnie podczas pracy ok. 35% mniej energii niż zbliżony pod względem wydajności ARM7TDMI.

Standardowym wyposażeniem rdzeni Cortex M3 jest kontroler przerwań NVIC (Nested Vectored Interrupt Controller), który poza dogodną obsługą od strony programisty charakteryzuje się krótkim, do tego przewidywalnym czasem obsługi przerwań, w tym także zgłaszanych jednocześnie. Opis rdzenia Cortex-M3 jest dostępny pod adresem:

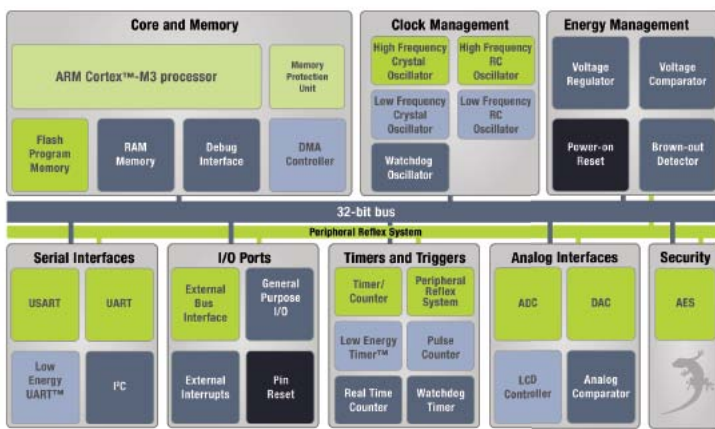
http://www.arm.com/products/CPUs/ARM_Cortex-M3.html

128 kB, pamięć SRAM o pojemności 8 lub 16 kB, układy są dostępne w obudowach QFN32/64, LQFP100 i BGA112. W mikrokontrolerach EFM32 zastosowano bloki peryferyjne o budowie zmodyfikowanej w taki sposób, że można z nich (w różnych konfiguracjach) korzystać w trybach obniżonego poboru mocy (**rys. 1**), których liczba i sposób działania

Szczegółowe informacje o bibliotekach CMSIS są dostępne:

<http://www.arm.com/products/CPUs/CMSIS.html>





Rys. 1. Mikrokontrolery EFM32 swoją energooszczędność zawdzięczają zaawansowanym peryferiom i aż 5-stopniowemu mechanizmowi oszczędzania energii. Kolory bloków peryferyjnych pokazują, które peryferia działają w trybach oszczędnościowych o numerach zaznaczonych na kolorowych pierścieniach

został znacznie zmodyfikowany w stosunku do rozwiązań oferowanych przez innych producentów.

- NXP – dwie rodziny mikrokontrolerów wyposażonych w rdzeń Cortex-M3 rev. 2: LPC1300 i LPC1700.

Rodzina LPC1300 to mikrokontrolery przeznaczone do zastosowań, w których wystarczają podstawowe peryferia (brak w nich m.in. CAN, USB-OTG i Ethernet MAC), a maksymalna częstotliwość taktowania rdzenia nie przekracza 70 MHz. Pojemność wbudowanej w nie pamięci Flash mieści się w przedziale od 8 do 32 kB, pamięci SRAM od 2 do 8 kB, układy są dostępne w miniaturowych obudowach HVQFN33 oraz LQFP48.

Rodzina LPC1700 to mikrokontrolery przeznaczone do nieco większych zastosowań, wyposażone w pamięci Flash o pojemności od 32 do 512 kB, pamięci SRAM od 8 do 64 kB i bogaty zestaw interfejsów peryferyjnych. Rdzeń mikrokontrolerów LPC1700 może być taktowany sygnałem zegarowym o częstotliwości do 100 MHz. Mikrokontrolery są dostępne w miniaturowych obudowach LQFP80 i LQFP100.

W zapowiedziach firmy NXP jest jeszcze jedna rodzina mikrokontrolerów – LPC1100 – wyposażonych w rdzeń Cortex-M0. Z zapowiedzi wynika, że maksymalna pojemność pamięci Flash będzie wynosić 128 kB, pamięci SRAM 16 kB, układy są dostępne w miniaturowych obudowach HVQFN33 oraz LQFP48.

Rdzeń zastosowany w mikrokontrolerach LPC1100 należy do najprostszych w rodzinie Cortex-M (m.in. dzięki rezygnacji z implementowania wraz z rdzeniem bloku MPU – *Memory Protection Unit*), do jego implementacji wystarczy 12000 bramek przeliczeniowych. Pozwoliło to ograniczyć pobór energii przez mikrokontrolery, ale nie pozbawiło ich ważnej zalety: wbudowanego kontrolera przebrań NVIC. Maksymalna częstotliwość taktowania rdzenia będzie wynosić 50 MHz.

- STMicroelectronics – rodzina mikrokontrolerów STM32, w ramach której są oferowane dwie grupy: STM32F (klasyczne mikrokontrolery z bogatym wyposażeniem) i STM32W (kompletne transceivery radiowe IEEE802.15.4 zintegrowane z rdzeniem Cortex-M3, oferowane także w wersjach z gotowymi stosami ZigBee). W ramach rodziny STM32 producent oferuje mikrokontrolery wyposażone w pamięci Flash o pojemności od 16 do 512 kB, pamięci SRAM o pojemności od 4 do 64 kB, a także bogate wyposażenie w bloki peryferyjne, w tym m.in. USB-OTG, Ethernet MAC, wielokanałowe PWM itp. Układy są dostępne w obudowach QFN36, LQFP48, LQFP/BGA64, LQFP/BGA100 i LQFP/BGA144.
- Texas Instruments – po przejściu firmy Luminary Micro mikrokontrolery Stellaris zostały włączone do standardowej oferty TI. Producent oferuje mikrokontrolery o pojemnościach pamięci Flash

Biblioteka ARM-owca



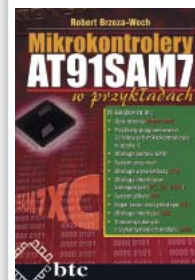
Lucjan Bryndza
„Mikrokontrolery z rdzeniem ARM9 w przykładach”
KS-290101



Lucjan Bryndza
„LPC2000 – Mikrokontrolery z rdzeniem ARM7”
KS-271005



Krzysztof Paprocki
„Mikrokontrolery STM32 w praktyce”
KS-290905



Robert Brzoza-Woch
„Mikrokontrolery AT91SAM7 w praktyce”
KS-290600
www.sklep.avt.pl

od 8 do 256 kB, pamięci SRAM od 2 do 96 kB i maksymalnych częstotliwościach taktowania rdzenia od 20 do 100 MHz. TI po ostatnim rozszerzeniu oferty mają łącznie ponad 140 modeli mikrokontrolerów Stellaris, wśród których znajduje się jedyny na rynku mikrokontroler wyposażony w kompletny interfejs Ethernet – w obudowie mikrokontrolera – poza blokiem MAC – zintegrowano także kompletny blok PHY. Mikrokontrolery Stellaris są dostępne w obudowach LQFP/QFN48, LQFP64 i LQFP100.



Rodzina Cortex składa się z trzech wersji rdzeni:

- Cortex R – przeznaczonych do stosowania w systemach czasu rzeczywistego,
- Cortex A – przeznaczonych do stosowania w dużych systemach z zaimplementowanymi systemami operacyjnymi, mają wbudowaną m.in. jednostkę MMU,
- Cortex M – rdzenie zoptymalizowane cenowo, przeznaczone dla aplikacji mikrokontrolerowych.

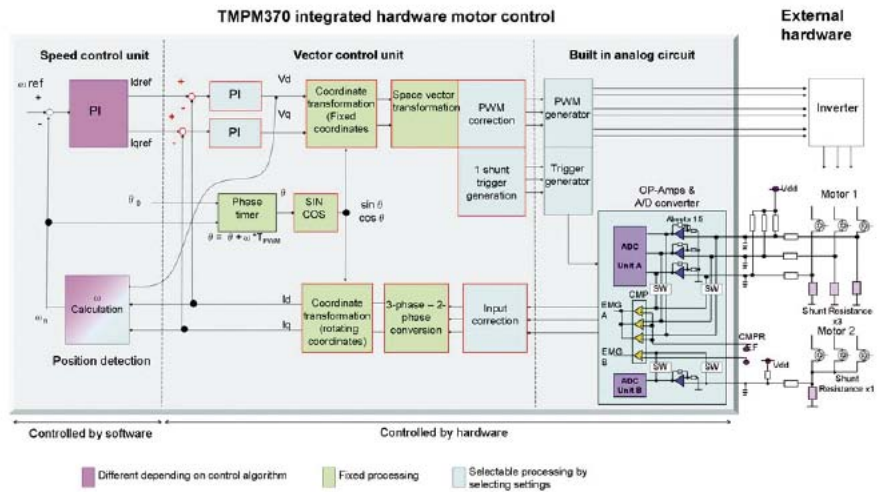
- Toshiba – przygodę z Cortexami firma rozpoczęła od mikrokontrolerów TMPM-330Fxxx oraz TMPM370Fxxx (obydwie serie należą do rodziny TX03), które wyposażono w pamięć Flash o pojemności od 128 do 512 kB (jest to nowatorska pamięć NANO Flash, łącząca zalety pamięci NAND Flash i NOR Flash), SRAM o pojemności od 8 do 32 kB i rdzeń Cortex-M3 rev. 2 taktowany sygnałem zegarowym o maksymalnej częstotliwości 32 MHz (80 MHz w przypadku TMPM-370Fxxx, które wyposażono dodatkowo w zaawansowany blok wspomagający sterowanie silników elektrycznych VE – *Vector Engine* – rys. 2). Ciekawostką jest fakt, że mikrokontrolery TMPM-370Fxxx są przystosowane do zasilania napięciem o wartości 4,5...5,5 V – obecnie jest to jedyna taka rodzina na rynku.

Mikrokontrolery TMPM-330Fxxx i TMPM370Fxxx są dostępne w wygodnych w montażu obudowach LQFP100.



Cortex-M w FPGA

Twórcy rodziny rdzeni Cortex-M przygotowali także „miękką” wersję rdzenia, przystosowaną do implementacji w układach FPGA – Cortex-M1. Dwie firmy należące do światowej czołówki producentów układów FPGA: Actel i Altera, przygotowały preimplementowane we własnych architekturach, łatwe w konfiguracji wersje rdzeni Cortex-M0. Actel oferuje kilka wyspecjalizowanych układów, specjalnie przygotowanych do implementacji w nich rdzeni Cortex-M1 (m.in.: IGLOO (M1AGL), ProASIC3 (M1A3P/M1A3PE), ProASIC3L (M1A3PL) oraz Fusion (M1AFS)), natomiast Altera oferuje wersję rdzenia możliwą do zaimplementowania m.in. w układach FPGA z serii Cyclone. Implementacje w układach firmy Actel mogą być taktowane z częstotliwością dochodzącą do 60 MHz, natomiast w produkowanych



Rys. 2. Blok Vector Engine, zaimplementowany w mikrokontrolerach TMPM370Fxxx, wspomaga sterowanie pracą silników elektrycznych. Rozwiązanie Toshiba nie ma równie zaawansowanego odpowiednika na rynku

przez Alterę układach Cyclone III (z sufiksem -6) częstotliwość taktowania może dochodzić do 100 MHz.

Nowości także dla bardzo wymagających

Jak zapewne Czytelnicy EP pamiętają, w rodzinie Cortex występują także inne wersje rdzeni niż często prezentowana na łamach EP wersja „M” (patrz ramka).

Rdzenie Cortex-A8 stosuje od dłuższego czasu w jedno- i dwurdzeniowych procesorach z serii OMAP35xx firma Texas Instruments. Także na tych rdzeniach będzie oparta nowa rodzina procesorów o nazwie Sitara (AM35xx i A37xx), co wskazuje na stopniowe odchodzienie TI od stosowanych dotychczas w procesorach rdzeni ARM926.

Także firma Freescale rozpoczęła produkcję procesorów z rdzeniem Cortex-A8, wdrażając rodzinę i.MX51 – maksymalna częstotliwość taktowania ich rdzeni wynosi 600 lub 800 MHz, częstotliwość taktowania magistrali pamięci 200 MHz, wszystkie procesory wyposażono w sieciowe interfejsy MAC.

Także Samsung Semiconductor rozpoczął inwestowanie w rozwój nowych rodzin procesorów, wyposażonych w rdzenie Cortex-A8 i Cortex-A9. W masowej produkcji znajduje się obecnie jeden taki układ: S5PC100, wyposażony m.in. w akcelerator grafiki 3D. W niedługim czasie do produkcji trafią dwa kolejne procesory z tej serii: S5PC110 oraz S5PV210, obydwa przystosowane do taktowania rdzenia sygnałem o częstotliwości 1 GHz i mogące pracować przy napięciu zasilania 1 V.

Intensywne próby wykorzystania w nowych procesorach rdzeni Cortex-A i -R prowadzą także firmy Zilog (wykorzystujące rdzenie ARM922 procesory z serii Zatara

zostały sprzedane firmie Maxim), Triad Semiconductor, Toshiba, Melfas, Nuvoton oraz NEC. Są także firmy (jak choćby Ember czy Conexant), które opracowały i produkują własne rodziny mikrokontrolerów z nowymi rdzeniami wyłącznie na własne potrzeby, dostarczają je także na rynek OEM w postaci preprogramowanej lub na modułach.

Podsumowanie

Do obecności na rynku mikrokontrolerów i procesorów z rdzeniami ARM zdążyliśmy się już przyzwyczaić. Czas rdzeni ARM7 i jego pochodnych bezpowrotnie minął, co jednak nie powstrzymuje niektórych producentów półprzewodników (jak np. firmy NXP czy Atmel) od rozwijania dotychczas produkowanych rodzin (jak LPC2000, LPC3000 czy AT91SAM9G45).

Siłę nowego rynkowego standardu wzmacniają, trzeba przyznać – bardzo sensowne – prace nad biblioteką API dla mikrokontrolerów Cortex-M (CMSIS – *Microcontroller Software Interface Standard*), dzięki czemu przenośność oprogramowania pomiędzy różnymi rodzinami mikrokontrolerów przestanie być wyłącznie teorią. Podobne działania są planowane także w odniesieniu do „większych” Cortex’ów, których panowanie na rynku nieuchronnie nadchodzi...

Piotr Zbysiński, EP
piotr.zbysinski@ep.com.pl

