

Cortex'y od A do R

Nowe mikrokontrolery i mikroprocesory z rdzeniami firmy ARM

TEMAT
NUMERU



Mikrokontrolery z rdzeniami firmy ARM należą do najpopularniejszych 32-bitowych jednostek obliczeniowo-sterujących stosowanych w urządzeniach embedded. Jednym z najnowszych osiągnięć firmy ARM jest niezwykle udana rodzina rdzeni Cortex, na które licencję wykupiła duża liczba firm półprzewodnikowych. Nowe mikrokontrolery i mikroprocesory z tymi rdzeniami pojawiają się praktycznie co miesiąc i jak na razie ich ofensywa jest niezwykle silna. W artykule przedstawiono nowe układy z rdzeniami z rodziny Cortex.

Z doniesień o najnowszych mikrokontrolerach i mikroprocesorach wynika, że rozpoczęta w 2004 roku ekspansja rdzeni ARM nie słabnie. Do układów wyposażonych w popularny rdzeń ARM7TDMI dołączają kolejne, wyposażane głównie w rdzenie z bardzo udanej rodziny Cortex. Konstruktorzy zamierzający użyć w swoich projektach układy z nowymi rdzeniami Cortex (-M0, -M1, -M3 oraz -R i -A) mają do wyboru produkty kilkunastu producentów. W artykule przedstawiono przede wszystkim oferty firm mających w Polsce dystrybutorów (w kolejności alfabetycznej). Zostały opisane zarówno mikrokontrolery jak i mikroprocesory z rdzeniami Cortex.

Mikrokontroler a mikroprocesor

Przy takim rozróżnieniu przyjęto kryterium przeznaczenia i realizowanych zadań. Przyjęto więc, że mikrokontrolerami są jednoukładowe systemy cyfrowe z procesorem, zestawem wbudowanych peryferii oraz pamięcią. Mikrokontrolery są przede wszystkim stosowane tam, gdzie nie jest wymagana duża moc obliczeniowa, a realizują tylko ściśle określone zadania, czyli są używane m.in. w sterownikach sprzętu AGD/RTV, kontrolerach konsol gier, centralach, pilotach zdalnego sterowania, itp. Program sterujący pracą mikrokontrolera jest

więc przygotowany dla konkretnej aplikacji. W grupie mikrokontrolerów znajdują się na przykład układy z rdzeniami Cortex-M.

Mikroprocesory charakteryzują się większą mocą obliczeniową, a także potrzebą dołączania zewnętrznych pamięci. W wielu przypadkach pracują pod kontrolą rozbudowanego systemu operacyjnego, np. z grupy Windows lub Linux. Ich głównym obszarem zastosowań są m.in. telefony komórkowe, palmfony, netbooki, aparaty cyfrowe, urządzenia do odbioru telewizji cyfrowej, routery. Są z reguły taktowane sygnałem zegarowym o częstotliwości większej niż 100...200 MHz. Do grupy mikroprocesorów zaliczane są m.in. układy z rdzeniem Cortex-A8.

Wysyp nowości

Ostatnie miesiące obfitowały w doniesienia o nowych rodzinach mikrokontrolerów i mikroprocesorów z rdzeniami ARM. Przytoczymy skrót takich informacji w zestawieniu alfabetycznym producentów:

Actel – firma ta nie jest producentem mikrokontrolerów, jednak umieściliśmy ją w zestawieniu, gdyż w jej ofercie pojawiły się nowe układy FPGA z rodziny SmartFusion z wbudowanymi rdzeniami Cor-

tex-M3. W układach tej firmy (IGLOO, ProASIC, Fusion, SmartFusion) mogą być również stosowane bloki IP-core Cortex-M1.

Analog Devices oferuje rodzinę „analogowych mikrokontrolerów” wyposażonych w rdzenie ARM7TDMI. Wśród nowości tej firmy znajdują się układy ADUC7122, ADUC7023 i ADUC7029 z 12-bitowymi przetwornikami A/C i C/A oraz AUC706x z podwójnymi przetwornikami A/C typu sigma-delta.

Atmel wprowadził do oferty kolejne układy z rodziny SAM3S i SAM3U z rdzeniami Cortex-M3. Rodzina SAM3S charakteryzuje się małymi wymiarami i niskim poborem energii. Układy SAM3U mają dodatkowo wbudowany interfejs USB. Oprócz układów z rdzeniami Cortex-M3 firma Atmel opracowała również układy z rdzeniem ARM926EJ oznaczone symbolem SAM9M10/SAM9GM910, przeznaczone do zastosowań multimedialnych, w szczególności do dekodowania sygnału wideo.

Cypress Semiconductor poszerzył ofertę programowalnych systemów PSoc o układy z rodziny PSoc 5 wyposażone w rdzeń Cortex-M3 oraz blok programowalnych peryferii analogowo-cyfrowych.

Firma **Energy Micro** oferuje nowe mikrokontrolery, o bardzo niskim poborze energii, w rodzinie Gecko (EFM32G8xx i EFM32G2xx) oraz Tiny Gecko (EFM32TG8xx i EFM32TG2xx). Mikrokontrolery EFM32 zawdzięczają swoją energooszczędność zoptymalizowanym pod tym względem peryferiom (UART w trybie odbioru pobiera tylko 100 nA) oraz 5-stopniowemu mechanizmowi oszczędzania energii.

Freescale jest pierwszą i jak na razie jedyną firmą, która ma w ofercie mikrokontrolery DSC z nowym rdzeniem Cortex-M4 przeznaczane do prostych aplikacji DSP.

Firma **Nuvoton** ma w ofercie mikrokontrolery z rdzeniem Cortex-M0, w tym układy z interfejsem USB, CAN, LIN oraz Ethernet MAC.

Firma **NXP** jako jedna z pierwszych oferuje układy z rdzeniem Cortex-M0 (rodzina LPC1100), które mają konkurować, pod względem ceny i wydajności, z mikrokontrolerami 8/16-bitowymi. Mikrokontrolery z rdzeniem Cortex-M3 występują w dwóch rodzinach: LPC1300 – mikrokontrolery ogólnego przeznaczenia z podstawowymi peryferiami i LPC1700, wśród których znalazły się układy taktowane sygnałem zegarowym o częstotliwości 120 MHz. Firma NXP zapowiada również mikrokontrolery sygnałowe (DSC) z rdzeniem Cortex-M4.

Samsung oferuje mikroprocesory przeznaczone do aplikacji wymagających dużej wydajności obliczeniowej. Do nowych układów tej firmy należą S5PC110 i S5PV210 z rdzeniem Cortex-A8 taktowanym sygnałem o częstotliwości 1 GHz i o obniżonym poborze energii. W zapowiedziach Samsung wymienia układy z rdzeniami Cortex-M0 i Cortex-M3, które mają być wyposażone m.in. w sterowniki LCD, wzmacniacze operacyjne, interfejsy CAN, USB, a niektóre mają mieć do 6 interfejsów SPI i do 40 kanałów 10-bitowego przetwornika A/C.

Firma **STMicroelectronics** poszerza ofertę mikrokontrolerów z rdzeniem Cortex-M3 z rodziny STM32 o nowe układy: STM32L o obniżonym poborze energii, z 6-stopniowym mechanizmem jeje oszczędzania oraz STM32W z transceiverem IEEE 802.15.4 (m.in. ZigBee) pracującym w paśmie 2,4 GHz. Do wcześniejszych mikrokontrolerów rodziny STM32F dołączyły układy serii Value Line, które mają konkurować cenowo z mikrokontrolerami 16-bitowymi. Dodatkowo pojawiły się nowe układy Access Line i Performance (STM32F), z przyrostkiem XL z 768 kB lub 1 MB pamięci Flash.

Texas Instruments kontynuuje rozwój włączonych do swojej oferty mikrokontrolerów Stellaris (dawniej produkowane przez Luminary Micro). W ofercie tej firmy pojawiło się 29 nowych mikrokontrolerów w rodzinach: 1000, 3000, 5000 i 9000. Na uwagę zasługuje układ LM3S9B96, który ma wpisany system operacyjny SafeRTOS do pamięci ROM. Wśród nowości znalazły się również mikroprocesory z rodziny Sitara wyposażone w rdzeń Cortex-A8 lub ARM9, taktowane sygnałem zegarowym od 375 MHz do 1 GHz oraz układy TMS570LS z rdzeniem Cortex-R4F przeznaczone do aplikacji wymagających niezawodności działania.

Toshiba wprowadza do oferty kolejne układy z rdzeniem Cortex-M3. Wśród nich są mikrokontrolery z rodziny TMPM360 (z 2 MB pamięci Flash) oraz TMPM380FY zasilane napięciem 5 V.

Jak można zauważyć, nowości jest więc sporo. Wyraźnym trendem u producentów układów z rdzeniem Cortex-M3 jest zwiększanie pojemności pamięci Flash oraz częstotliwości sygnału zegarowego. Coraz odważniej na rynku zaznaczają swoją obecność inne rdzenie Cortex. Obok układów z rdzeniem Cortex-M3 pojawiają się mikrokontrolery z rdzeniem Cortex-M0, które mają być tanią alternatywą dla mikrokontrolerów 8-/16-bitowych.

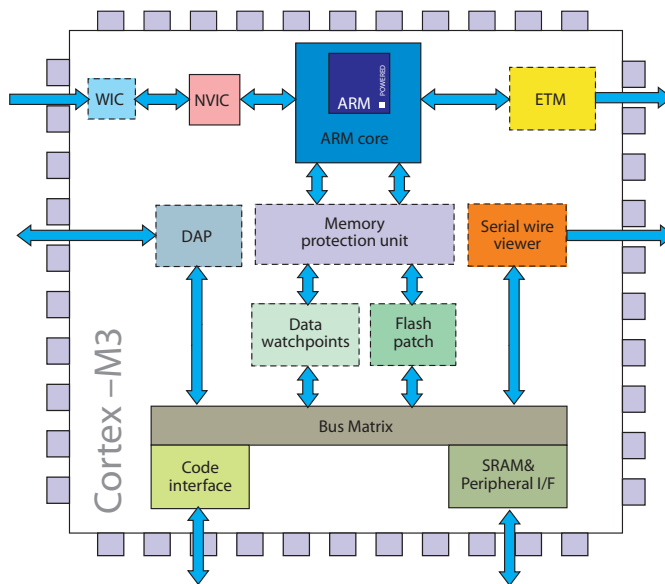
Przegląd Cortex'owych nowości otwierają układy z najpopularniejszym, jak do tej pory, rdzeniem Cortex-M3.

Cortex-M3

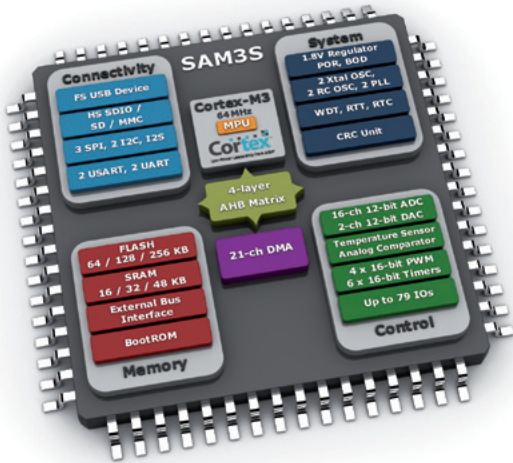
Rdzeń Cortex-M3 (**rysunek 1**) został opracowany jako następcą jednego z najpopularniejszych rdzeni firmy ARM – ARM7TDMI. Główne założenia, jakie przyjęto do jego opracowania, to: zwiększenie prędkości wykonywania programu, zmniejszenie wymaganej pojemności pamięci Flash dla kodu programu, zminimalizowanie powierzchni zajmowanej przez rdzeń w krzemie. Aby osiągnąć zamierzone cele, inżynierowie firmy ARM zastosowali wiele zaawansowanych rozwiązań, takich jak na przykład: 3-poziomowe przetwarzanie potokowe z przewidywaniem rozgałęzień kodu oraz zwiększenie liczby instrukcji wykonywanych w jednym taktie zegarowym. Dla rdzenia Cortex-M3 zastosowano nową listę instrukcji o nazwie Thumb 2. W porównaniu do ARM7TDMI, rdzeń Cortex-M3 jest znacznie szybszy, gdyż osiąga prędkość wykonywania instrukcji do 1,25 DMIPS/MHz (ARM7TDMI tylko 0,96 DMIPS/MHz) i pobiera ok. 35% mniej energii. Kolejną zmianą, w porównaniu do wcześniejszych rdzeni, było zastosowanie kontrolera przerwań NVIC, który charakteryzuje się krótkim i przewidywalnym czasem obsługi przerwań.

W zestawieniu układów z rdzeniem Cortex-M3 znalazła się firma Actel, która jest znana z produkcji układów programowalnych. W ofercie tej firmy, poza syntezowalnymi rdzeniami Cortex-M1, znajdują się układy FPGA z rodziny SmartFusion z wbudowanym rdzeniem Cortex-M3. Jak do tej pory, jest to jedyny na rynku tego typu układ z rdzeniem Cortex. Układy SmartFusion są wyposażone w blok programowalny z 60, 200 lub 500 tysiącami bramek logicznych oraz 8 lub 24 blokami pamięci po 4608 bitów. Wbudowany rdzeń Cortex-M3 ma do swojej dyspozycji pamięć Flash o pojemności 128, 256 lub 512 kB oraz pamięć SRAM o pojemności 16 lub 64 kB.

Jak można zauważyć na schemacie blokowym (**rysunek 2**), układy te mają typowy dla mikrokontrolerów zestaw peryferii, wśród których znajdują się: jednostka ochrony pamięci (MPU), Ethernet MAC



Rysunek 1. Schemat blokowy rdzenia Cortex-M3

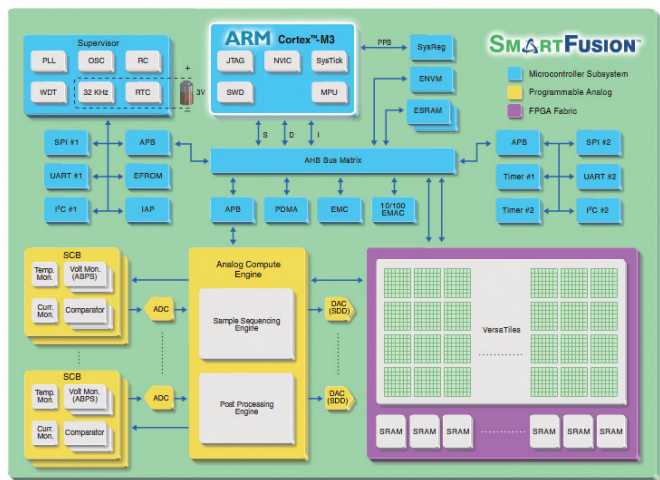


(oprócz A2F060), 8-kanalowe DMA, dwa 32-bitowe liczniki, pętla PLL, oscylatory (32 kHz, 10 MHz RC, główny 20 MHz) oraz interfejsy komunikacyjne: UART, I²C i SPI. Należy też zwrócić uwagę na rozbudowany blok peryferii analogowych: 12-bitowe przetworniki A/C typu SAR, 12-bitowe przetworniki C/A, bloki do kondycjonowania sygnałów, komparatory oraz obwody monitorujące temperaturę i napięcie.

Wprawdzie układy SmartFusion są droższe od standardowych mikrokontrolerów z rdzeniem Cortex-M3, jednakże cena poniżej 50 euro za układ typu system-on-chip z programowalnym blokiem analogowym, mikrokontrolerem oraz układem FPGA nie jest wygórowana.

Od jakiegoś czasu Atmel promuje swoje rozwiązania mikrokontrolerów z rdzeniem od ARM. Najwcześniejszej w ofercie tej firmy pojawiły się mikrokontrolery z rdzeniem ARM7TDMI oraz mikroprocesory z wysoko wydajnymi rdzeniami ARM9. Obecnie Atmel oferuje nową rodzinę SAM3 z rdzeniem Cortex-M3. W tej rodzinie dostępne są dwie grupy produktów: SAM3S charakteryzujące się małymi wymiarami obudowy i małym poborem energii oraz SAM3U, w których zastosowano interfejs HighSpeed USB (wraz z warstwą sprzętową PHY).

Układy SAM3S są mikrokontrolerami ogólnego przeznaczenia, inspirowanymi wcześniejszymi mikrokontrolerami SAM7S z rdzeniem ARM7TDMI. Mikrokontrolery SAM3S mają taki sam rozkład funkcji wyprowadzeń jak układy SAM7S (wersje 48- i 64-końcówkowe).



Rysunek 2. Schemat blokowy układów SmartFusion firmy Actel

Mogą być taktowane sygnałem zegarowym o maksymalnej częstotliwości 64 MHz. Mają 64, 128 lub 256 kB pamięci Flash oraz 16, 32 lub 48 kB pamięci SRAM (obecnie dostępne są jedynie wersje z 256 kB Flash i 48 kB SRAM). Układy SAM3S mają również kontroler interfejsu USB, ale w odróżnieniu od układów SAM3U może on pracować wyłącznie w trybie FullSpeed (12 Mb/s). W projekcie mikrokontrolerów SAM3S główny nacisk położono na obniżenie poboru mocy, tak aby mogły jak najdłużej pracować przy zasilaniu bateryjnym. Mogą być zasilane napięciem z przedziału 1,62...3,6 V, jednakże przy napięciu mniejszym od 2,4 V nie można używać przetworników A/C i C/A, a przy mniejszym od 3 V interfejsu USB. Układy mają oddzielne wyprowadzenia zasilania dla przetworników A/C i C/A, kontrolera USB oraz rdzenia. Dostępnych jest kilka trybów obniżonego poboru energii, przy czym w trybie *backup* (przy wyłączonym rdzeniu i większości peryferii) pobiera prąd o natężeniu około 1,6 μ A. Producent podaje, że podczas normalnej pracy mikrokontroler pobiera około 1,45 mW mocy w przeliczeniu na 1 MHz.

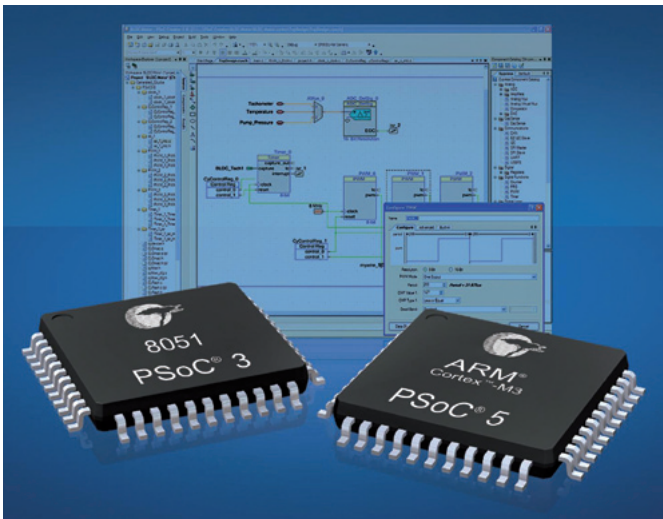
Układy SAM3U mają podobny zestaw peryferii jak układy SAM3S. Dodatkowo mają wbudowany kontroler interfejsu USB, który może pracować w trybie HighSpeed (transfer 480 Mb/s). W SAM3U jest też więcej o 4 kB pamięci SRAM, czyli 20, 36 lub 52 kB. Obie rodziny układów, SAM3S i SAM3U, są w zależności od modelu wyposażone w interfejsy komunikacyjne: USART (SAM3S do 4, a SAM3U do 5), SPI (SAM2S do 3, a SAM3U do 5), do 2 \times TWI, 1 \times I²S oraz interfejs HSMCI do obsługi kart SDIO/SD/MMC. Obie rodziny mają 12-bitowe przetworniki A/C i C/A o częstotliwości próbkowania 1 MS/s, 16-bitowe timery i 16-bitowe modulatory PWM.

W 2009 roku dołączyły, do znanych wielu elektronikom programalnych systemów cyfrowych PSoC z rdzeniem M8C, dwie nowe rodziny PSoC 3 z rdzeniem 8051 i PSoC 5 z rdzeniem Cortex-M3. W ramach rodziny PSoC 5 oferowane są 4 typy układów: CY8C52, CY8C53, CY8C54 i CY8C55. Różnią się one liczbą wbudowanych przetworników A/C i C/A oraz liczbą dostępnych bloków analogowych (tabela 1). Układy CY8C52...52 mają 12-bitowe przetworniki A/C typu SAR (1 MS/s), natomiast układy CY8C55 mają jeden 12-bitowy przetwornik A/C typu SAR oraz jeden 20-bitowy typu delta-sigma (180 S/s). Cechą wspólną tych układów jest pojemność wbudowanej pamięci Flash (32...256 kB), pamięci SRAM (8...64 kB) oraz EEPROM (0,5...2 kB). Z pozostałych peryferii do dyspozycji użytkownika są interfejsy LIN, CAN, I²C, SPI, UART i USB (FullSpeed – 12 Mb/s), sterownik wyświetlacza LCD, kontroler klawiatury dotykowej CapSense oraz 24-kanalowy kontroler DMA. W blokach analogowych znajdują się przetworniki A/C i C/A, komparatory oraz wzmacniacze operacyjne.

Układy PSoC 5 są zasilane napięciem 0,5...5 V. Uzyskanie tak małego napięcia zasilania jest możliwe dzięki użyciu wbudowanej przetwornicy DC-DC podwyższającej napięcie, której napięcie wyjściowe wynosi 1,8...5 V. Układy PSoC 5 mają cztery tryby pracy: *active*, *alternative active*, *sleep* i *hibernate*. W alternatywnym trybie pracy (*alternative active*) możliwe jest wyłączenie zasilania rdzenia oraz pamięci Flash przy pozostawieniu aktywnych peryferii. W normalnym trybie pracy (*active*) układy PSoC pobierają prąd o natężeniu 2 mA (rdzeń taktowany sygnałem o częstotliwości 6 MHz, peryferie wyłączone), natomiast w trybie uśpienia (*sleep*) i hibernacji (*hibernate*) odpowiednio 2 μ A i 300 nA.

Do konfigurowania mikrokontrolerów PSoC 5 służy program PSoC Creator, który umożliwia wprowadzenie ustawień konfiguracyjnych w edytorze graficznym. Wybór peryferii dostępny jest poprzez

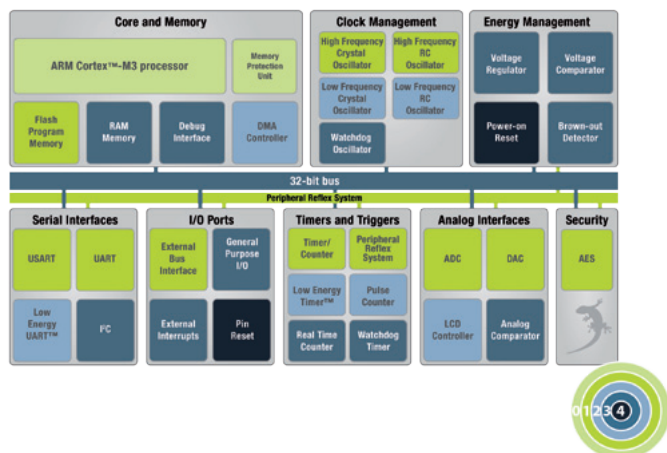
Tabela 1. Porównanie parametrów układów PSoC 5	Taktowanie [MHz]	Flash [kB]	SRAM [kB]	A/C	D/C	Bloki analogowe	Bloki cyfrowe
CY8C52	80	32...256	8...64	1	1	0	20...24
CY8C53	80	32...256	8...64	1	2	2	20...24
CY8C54	80	32...256	8...64	2	4	4	20...24
CY8C55	80	32...256	8...64	2	4	4	20...24



bibliotekę kilkudziesięciu komponentów. Program umożliwia też migrację projektu między różnymi układami PSoc. Do kompilowania kodu programu dla mikrokontrolera PSoc można użyć bezpłatnego kompilatora GCC lub kompilatora komercyjnego.

Kolejnym producentem mikrokontrolerów z rdzeniem Cortex-M3 jest firma Energy Micro, powstała na przełomie 2007 i 2008 roku. Jej główną działalnością jest projektowanie i produkcja energooszczędnych mikrokontrolerów. Firma wybrała rdzeń Cortex-M3 firmy ARM do swoich mikrokontrolerów Gecko (EFM32G8xx i EFM32G2xx) i TinyGecko (EFM32TG8xx i EFM32TG2xx). Obie rodziny mikrokontrolerów EFM32 bazują na tej samej technologii redukcji pobieranego przez układ prądu. Zastosowane w nich peryferie są zoptymalizowane pod względem poboru prądu. Mikrokontrolery te mają 5-stopniowy mechanizm oszczędzania energii (rysunek 3). W zależności od trybu pracy, tylko wybrane peryferie pozostają zasilane:

- EM0 – tryb aktywny, w którym zasilany jest rdzeń Cortex-M3 oraz wybrane przez użytkownika peryferie,
- EM1 – wyłączony jest rdzeń oraz zasilanie pamięci Flash, a pozostałe układy peryferyjne, w tym kontroler DMA, mogą pozostać włączone i przetwarzać dane,
- EM2 – w tym trybie mikrokontroler jest taktowany sygnałem zegarowym o częstotliwości 32 kHz i dostępne są tylko wybrane peryferie o obniżonym poborze mocy: kontroler LCD, zegar RTC, timer LETIMER, licznik impulsów, watchdog, UART (LEUART o poborze prądu ok. 100 nA), GPIO, komparator analogowy oraz kontroler DMA – pobór prądu wynosi ok. 0,9 μA,
- EM3 – w tym trybie dostępne są tylko: komparator analogowy, watchdog, GPIO,



Rysunek 3. 5-stopniowy mechanizm oszczędzania energii w mikrokontrolerach EFM32

- EM4 – w trybie uśpienia wszystkie źródła sygnału zegarowego są wyłączone, pamięć RAM i zawartość rejestrów nie jest podtrzymywana, wybudzenie z tego trybu następuje wyłącznie po wystąpieniu zerowania (*reset*).

Mikrokontrolery Gecko EFM32Gxxx mają od 16...128 kB pamięci Flash, 8 lub 16 kB pamięci SRAM, natomiast mikrokontrolery TinyGecko EFM32TGxxx mają od 4...32 kB pamięci Flash oraz 1,2 lub 4 kB pamięci SRAM. TinyGecko nie mają jednostki ochrony pamięci MPU. Wśród pozostałych peryferii obu rodzin należy wymienić jednostkę szyfrującą AES (klucz o długości 128/256-bitów), kontroler DMA, 12-bitowy przetwornik A/C (1 MS/s), 12-bitowy przetwornik C/A (500 kS/S), 16-bitowy układ licznika/timera, timer o obniżonym poborze prądu LETIMER, zegar RTC, licznik impulsów, komparatory analogowe oraz interfejsy komunikacyjne: USART (z trybem pracy SPI do 16 Mb/s), LEUART, I²C. Mikrokontrolery oznaczone symbolem EFM32G8xx i EFM32TG82xx są wyposażone w sterownik wyświetlacza LCD 4×24 lub 4×40 segmentów (TinyGecko – EFM32TG tylko 4×24).

Firma NXP oferuje dwie rodziny mikrokontrolerów z rdzeniem Cortex-M3: LPC1300 i LPC1700. LPC1300 są mikrokontrolerami o małym poborze energii i niskiej cenie. Według danych producenta, w trybie aktywnym pobierają prąd o natężeniu ok. 17 mA (3,3 V i 72 MHz, peryferie wyłączone) lub 4 mA przy mniejszej częstotliwości sygnału zegarowego (3,3 V i 12 MHz). Mają one 8...16 kB pamięci Flash oraz 2...8 kB pamięci SRAM, interfejsy komunikacyjne UART, I²C FM+, SSP oraz 10-bitowy przetwornik A/C (8 kanałów). Układy oznaczone symbolem LPC134x mają dodatkowo interfejs USB Full-Speed Device (z warstwą PHY). Należy dodać, że mikrokontrolery LPC134x mają dodatkowo pamięć ROM ze sterownikami programowymi USB, z obsługą urządzeń klasy HID (interfejs użytkownika, np. mysz) i MSC (pamięć masowa).



Mikrokontrolery LPC1700 mają, w porównaniu do LPC1300, większą pojemność pamięci (32...256 kB Flash i 8...64 SRAM) oraz mogą być taktowane sygnałem zegarowym o częstotliwości do 100 MHz (120 MHz dla układów LPC1759 i LPC1769). W zależności od wersji mogą być wyposażone w dodatkowe interfejsy komunikacyjne: Ethernet, USB Device/Host/OTG, CAN 2.0B, I²S oraz w 10-bitowy przetwornik C/A.

Mikrokontrolery STM32 są dobrze znane konstruktorom, gdyż były to jedne z pierwszych układów z rdzeniem Cortex-M3 dostępnych w sprzedaży detalicznej na szeroką skalę. Układy STM32 są oferowane w 3 rodzinach. Do klasycznych mikrokontrolerów z bogatym wyposażeniem z rodziny STM32F dołączyły dwie nowe: STM32W (kompletny transceiver radiowy z rdzeniem Cortex-M3) oraz STM32L – obniżone napięcie zasilania.

Mikrokontrolery STM32W są wyposażone w transceiver IEEE802.15.4 pracujący w paśmie 2,4 GHz. Oprócz transceivera radiowego mają wbudowany MAC (warstwa sprzętowa) oraz jednostkę implementującą algorytm AES (klucz 128-bitowy). Rdzeń Cortex-M3 ma do swojej dyspozycji



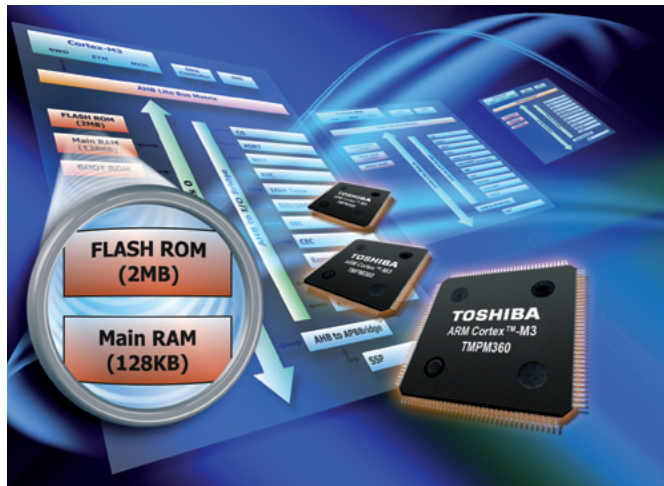
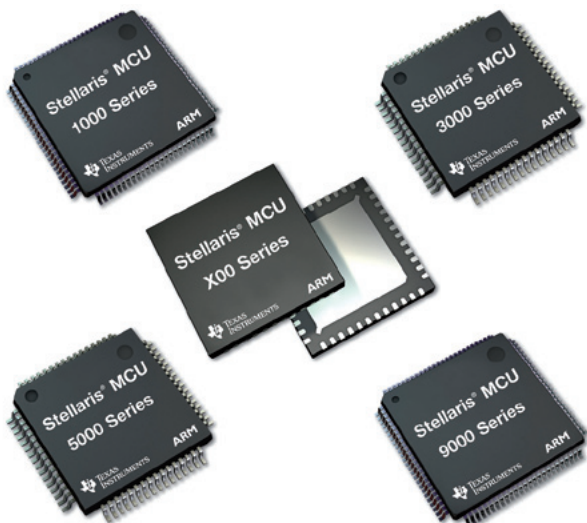
pamięć Flash o pojemności 128 kB i 8 kB pamięci RAM. Jest on taktowany sygnałem zegarowym o częstotliwości 6, 12 lub 24 MHz. Mikrokontrolery STM32W są zasilane napięciem 2,1...3,6 V (mają wbudowane przetwornice DC/DC 1,8 i 2,5 V). W trybie odbioru układy te pobierają prąd o natężeniu ok. 27 mA (z włączonym rdzeniem Cortex-M3) oraz ok. 31 mA w trybie nadawania (sygnał +3 dBm). W mikrokontrolerach STM32W jest również 12-bitowy przetwornik A/C, 18...25 portów GPIO, 2×16-bitowy timer, *watchdog*, zegar RTC oraz interfejsy UART, SPI i I²C. Są oferowane w obudowach QFN48 i QFN40.

STM32L to nowa rodzina mikrokontrolerów STM32 z obniżonym zużyciem energii. STM32L są zasilane napięciem z przedziału 1,65...3,6 V. Według danych producenta, mikrokontrolery STM32L pobierają w zależności od napięcia zasilania i częstotliwości sygnału zegarowego 290 μA/MHz dla $V_{DD} 2...3,6 V$ i $f_{CLK} \geq 32 MHz$, 265 μA/MHz dla $V_{DD} 1,65...3,6 V$ i $f_{CLK} \geq 16 MHz$ oraz 230 μA/MHz dla $V_{DD} 2...3,6 V$ i $f_{CLK} \leq 4 MHz$ (wewnętrzny oscylator RC). Układy STM32L mają 5 trybów energooszczędnej pracy. W trybie Sleep (CPU wyłączony) mikrokontroler pobiera prąd o natężeniu 2,5 mA, jeżeli wszystkie układy peryferyjne są włączone. W trybie Low power run, gdy wyłączone są peryferie, a rdzeń Cortex-M3 wykonuje kod programu z pamięci Flash lub RAM, układ pobiera zaledwie 10,4 μA (wewnętrzny oscylator ustawiony na 64 kHz). Najmniejsze zużycie prądu jest natomiast w trybie czuwania (standby), w którym pobierany prąd wynosi 1 μA ($V_{DD}=1,8 V$, zegar RTC włączony), 1,3 μA ($V_{DD}=3 V$, zegar RTC włączony) lub 270 nA (zegar RTC wyłączony). Mikrokontrolery STM32L mają 64...128 kB pamięci Flash (w opracowaniu są układy z pamięcią o pojemności 32...384 kB) do 16 kB pamięci RAM oraz peryferie: 12-bitowy przetwornik A/C, 12-bitowy przetwornik C/A, 16-bitowe timery z modulatorami PWM, UART, I²C, SPI i USB Full-Speed (12 Mb/s). Mają takie samo rozmieszczenie wyprowadzeń jak odpowiadające im układy z rodziny STM32F. Mikrokontrolery STM32L są także oferowane w wersji ze sterownikiem LCD.

Do najstarszej rodziny STM32F wprowadzono układy z linii Value Line (STM32F100). Mają one konkurować pod względem ceny z mikrokontrolerami 16-bitowymi. Układy Value Line są taktowane sygnałem zegarowym o częstotliwości do 24 MHz, mają do 8 kB pamięci RAM i do 128 kB pamięci Flash, przetwornik A/C, trójfazowy timer Motor Control oraz sterownik interfejsu CEC.

W układach STM32F z linii Access (STM32F101) i Performance (STM32F103) pojawiły się układy z dodatkowym oznaczeniem XL. Układy te mają powiększoną, w stosunku do pozostałych układów z danej linii, pojemność pamięci RAM do 768 kB lub 1 MB.

Oferta mikrokontrolerów Texas Instruments z rdzeniem Cortex-M3 jest bardzo szeroka, znajduje się w niej aż 9 rodzin układów Stellaris: x000 – należą do niej układy z serii 800, 600, 300, 100 – to proste układy mające do 64 kB pamięci Flash, 8 kB pamięci RAM i częstotliwość sygnału zegarowego do 50 MHz (sprzedawane są w cenie poniżej 2 dolarów w obudowach 48-końcówkowych),



- 1000 – przeznaczone do aplikacji z zasilaniem baterijnym,
- 2000 – rodzina układów z interfejsem CAN,
- 3000 – mikrokontrolery z interfejsem USB OTG,
- 5000 – łączące komunikację poprzez interfejsy CAN i USB OTG,
- 6000 – przeznaczone do aplikacji sieciowych, zawierają wbudowany interfejs Ethernet MAC oraz PHY,
- 8000 – rozszerzenie rodziny 6000 o możliwość komunikacji CAN,
- 9000 – najbardziej rozbudowana i najmłodsza rodzina układów, łącząca możliwości komunikacyjne CAN, USB OTG oraz Ethernet (MAC + PHY).

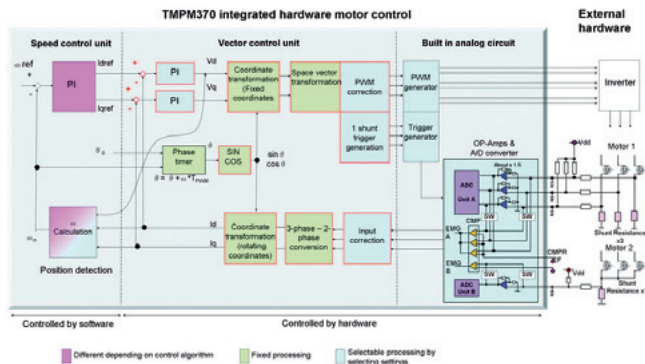
Mikrokontrolery Stellaris, w zależności od wersji, mają do 256 kB pamięci Flash, do 96 kB pamięci RAM, interfejsy komunikacyjne: UART, I²C, SPI, przetworniki A/C, timery z modulatorami PWM, enkodery kwadraturowe, kontroler DMA. Stellarisy mogą być taktowane sygnałem zegarowym o częstotliwości do 50 MHz (rodzina 9000 do 100 MHz). Zaletą układów Stellaris z rodziny 6000, 8000 i 9000 jest wbudowana warstwa fizyczna Ethernet PHY oraz sprzętowa warstwa MAC.

Interesujące i użyteczne jest zaimplementowanie w dodatkowej pamięci ROM mikrokontrolera LM3S9B96 systemu operacyjnego SefeRTOS. Jest to system operacyjny czasu rzeczywistego opracowany na bazie bezpłatnego systemu FreeRTOS (www.freertos.org). System SefeRTOS, w odróżnieniu od FreeRTOS, ma certyfikaty (m.in. IEC61508 SIL3) uprawniające do stosowania go w urządzeniach przemysłowych i medycznych. Wraz z zakupem mikrokontrolera LM3S9B96 otrzymuje się licencję na system SefeRTOS w urządzeniu, w którym będzie on zamontowany. Jest to dobre rozwiązanie, gdyż nie trzeba kupować osobnej licencji na ten system operacyjny. Wszystkie mikrokontrolery z rodziny 9000 mają w dodatkowej pamięci ROM zapisaną bibliotekę programistyczną StellarisWare, m.in. z funkcjami obsługi peryferii.

W ofercie Toshiba są mikrokontrolery z rdzeniem Cortex-M3 zgrupowane w pięciu rodzinach: TMPM330, TMPM360, M370, M380 i M390.

Mikrokontrolery TMPM330 mają 8...32 kB pamięci RAM oraz 128...256 kB pamięci Nano Flash. Jest to nazwa technologii produkcji pamięci Flash o małym poborze energii, opracowana przez Toshiba. Mikrokontrolery TMPM330 są tanimi mikrokontrolerami ogólnego przeznaczenia. Mają 12-kanalowy 10-bitowy przetwornik A/C, 10-kanalowy 16-bitowy timer, 3×UART, 3×I²C, *watchdog*. Zasilane są napięciem 2,7...3,6 V i taktowane sygnałem zegarowym o maksymalnej częstotliwości 32...40 MHz. Do nietypowych peryferii tych mikrokontrolerów należy zaliczyć sterowniki CEC (Consumer Electronics Control), który jest używany m.in. do sterowania urządzeniami multimedialnymi poprzez interfejs HDMI.

Układy z rodziny TMPM360 są przeznaczone do aplikacji przemysłowych. Jako jedno z nielicznych mają aż 1 lub 2 MB pamięci Nano Flash oraz 64 lub 128 kB pamięci RAM. Są zasilane napięciem 2,7...3,6 V i taktowane sygnałem o maksymalnej częstotliwości 64 MHz. Mikrokontrolery TMPM360 mają rozbudowane peryferie komunikacyjne: 12×UART, 5×I²C, 1×SPI, 1×CEC, USB 2.0 Host/Device (tyko TMPM363/364) i CAN 2.0B (tyko TMPM363/364).



Rysunek 4. Blok Vector Engine wspomagający sterowanie pracą silników elektrycznych zaimplementowany w mikrokontrolerach Toshiba

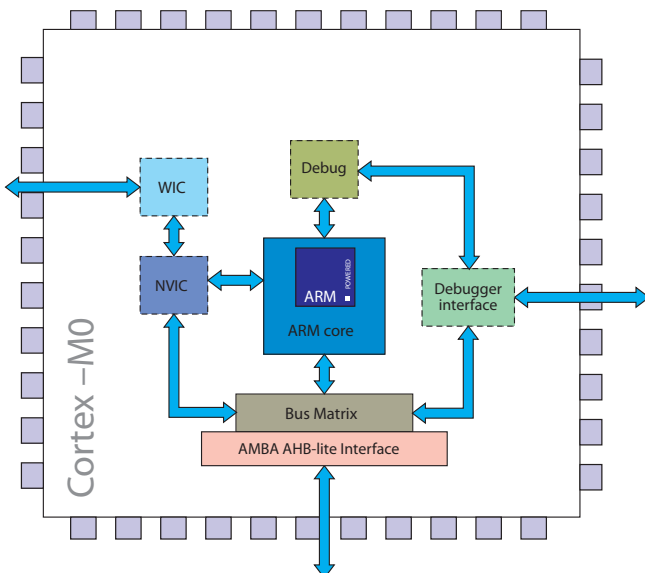
Mikrokontrolery TMPM370 są przeznaczone do sterowania elektrycznymi silnikami bezszczotkowymi (BLDC). W odróżnieniu od opisanych powyżej są zasilane napięciem 4,5...5,5 V (są to jedne z nielicznych mikrokontrolerów z rdzeniem Cortex-M3 zasilanych takim napięciem). Są taktowane sygnałem zegarowym o częstotliwości do 80 MHz, mają do 256 kB pamięci Nano Flash i 10 kB pamięci RAM. Układy z rodziny TMPM370 mają dedykowany blok programowalnego sterownika silników PDM3+ oraz dwa 12-bitowe przetworniki A/C (każdy 11-kanalowy). W bloku PDM3+ zawarto 2-kanalowy timer, zaawansowany blok wspomagający sterowanie silników elektrycznych VE – Vector Engine (rysunek 4), enkoder i 4 wzmacniacze operacyjne.

Podobnie do układów z rodziny TMPM370, układy TMPM380 są zasilane napięciem 4,5...5,5 V. Są one przeznaczone do aplikacji przemysłowych i automatyki domowej. Mają 128 lub 256 kB pamięci Nano Flash, do 16 kB pamięci RAM i są taktowane sygnałem o częstotliwości do 40 MHz. W odróżnieniu od innych rodzin, zastosowano w nich 16-bitowy timer MPT o 3 kanałach, który może pracować jako trójfazowy modulator PWM lub jako sterownik tranzystorów IGBT.

Mikrokontrolery TMPM390 są zasilane napięciem z przedziału 1,7...3,3 V i są przeznaczona dla aplikacji z zasilaniem baterijnym. Mogą być taktowana sygnałem zegarowym o częstotliwości do 20 MHz. Mają 128 kB pamięci Flash i 8 kB pamięci RAM oraz bogaty zestaw peryferii: 3×UART, 4×SSP, 2×I²C i CEC.

Cortex-M0

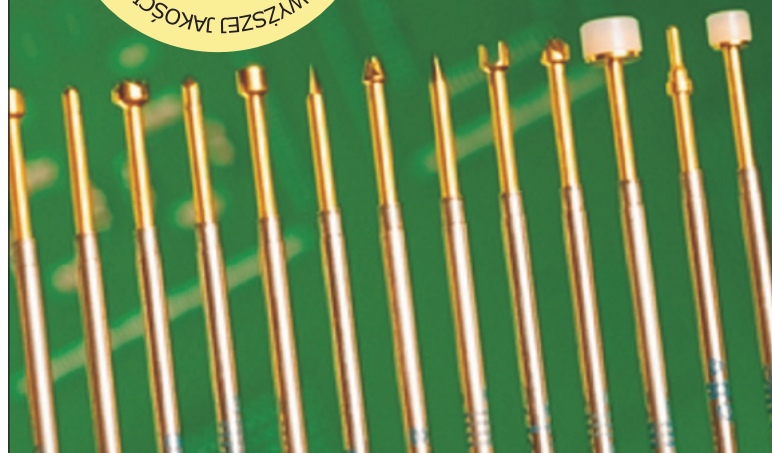
Rdzenie Cortex-M0 (rysunek 5) są przeznaczone do mikrokontrolerów stosowanych w prostych urządzeniach o małym zużyciu energii.



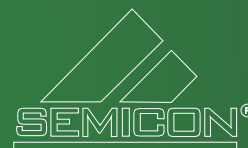
Rysunek 5. Schemat blokowy rdzenia Cortex-M0

IGŁY TESTOWE

www.gatech.com
www.ptr-messtechnik.de
www.thepeakgroup.com
www.precidip.com



- Igły testowe do kontroli montażu SMT jak i THT
- Igły z mikroprzełącznikiem do testów obecności
- Igły testowe do kontroli wiązek kablowych
- Igły testowe do złącz koncentrycznych
- Piny sprężyste kontaktowe



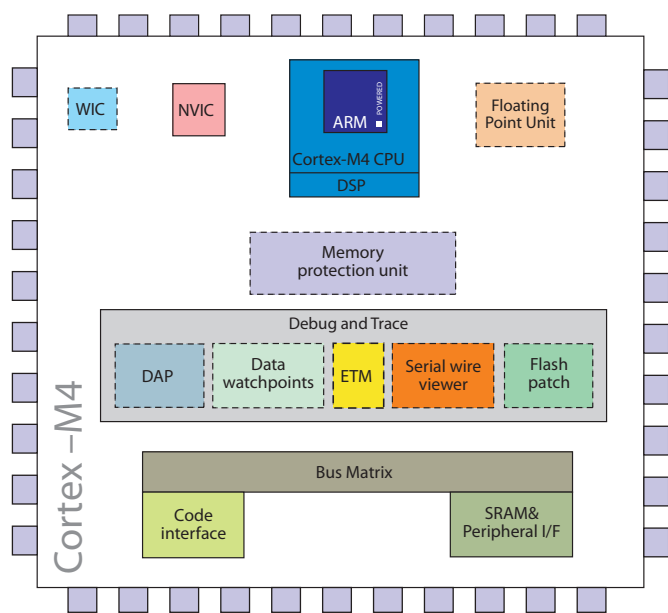
SEMICON Sp. z o.o.

- ul. Zwolenńska 43/43a, 04 - 761 Warszawa
- tel. 022 615 73 71, 022 615 64 31
- info@semicon.com.pl www.semicon.com.pl

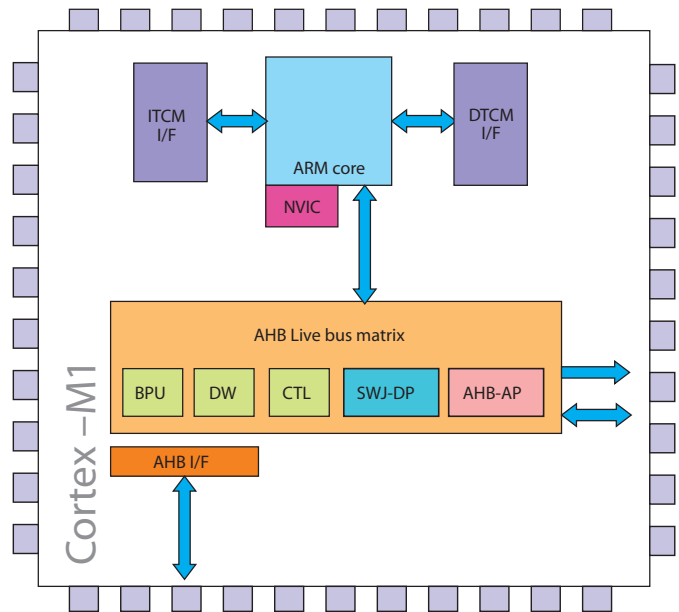
Są to m.in. inteligentne czujniki, małe urządzenia medyczne, urządzenia telemetry, akcesoria konsol do gier, a także urządzenia z łącznością bezprzewodową. Zostały one więc zaprojektowane do aplikacji, w których obecnie dominują mikrokontrolery 8- i 16-bitowe. Rdzenie Cortex-M0 mają mniejsze zużycie prądu niż Cortex-M3, ale mają od nich mniejszą moc obliczeniową. Prędkość wykonywania kodu programu w teście Dhrystone dochodzi do 0,9 DMIPS/MHz, co jest porównywalne ze starszym rdzeniem ARM7TDMI (0,95 DMIPS/MHz). Zmniejszenie zużycia energii uzyskano poprzez zmniejszenie liczby tranzystorów użytych do ich budowy (poniżej 12 tysięcy bramek). Uzyskują one korzystny stosunek zużywanej mocy w przeliczeniu na częstotliwość sygnału zegarowego – nawet do 0,085 mW/MHz. Rdzenie Cortex-M0 mają również skróconą do 56 instrukcji listę rozkazów.

Jednym z pierwszych producentów stosujących rdzeń Cortex-M0 jest firma NXP. W rodzinie LPC1100 i LPC11C00 są układy z tym rdzeniem. Układy LPC1100 są taktowane sygnałem zegarowym o częstotliwości do 50 MHz, mają 8, 16, 24 lub 32 kB pamięci Flash oraz 2, 4 lub 8 kB pamięci RAM. Rdzeń ARM Cortex-M0 został zaprojektowany z założeniem konkurencyjności pod względem wymiarów, ceny, poboru energii oraz wydajności z mikrokontrolerami 8-bitowymi. Mikrokontrolery z rodziny LPC1100 są więc dostępne w niewielkich obudowach LQFP48 i HVQFN33. W zależności od zastosowanej obudowy, do dyspozycji użytkownika są 28 lub 42 wyprowadzenia GPIO. Użyte w układach peryferie można nazwać standardowymi, bowiem znajdują się w nich: 8-kanałowy przetwornik A/C o rozdzielczości 10 bitów, 5 timerów, modulatory PWM (do 13 kanałów) oraz kontrolery interfejsów: 1×UART, 1×I²C, 1...2×SSP. W porównaniu do LPC1100 układy LPC11C00 różnią się zastosowaniem interfejsu CAN. Co więcej, układy LPC11C00 mają programowe sterowniki CAN i CANopen, zapisane w dedykowanej pamięci nieulotnej (nie zajmują miejsca na kod programu w pamięci Flash). Sterowniki dostępne są dla programisty poprzez komendy API. Mikrokontrolery LPC1100 i LPC11C00 są zasilane pojedynczym napięciem z przedziału 1,8...3,3 V. W trybie aktywnym pobierają prąd o natężeniu 9 mA (3,3 V i 50 MHz, wyłączone peryferie), natomiast w trybach sleep, deep-sleep oraz deep power-down odpowiednio 2 mA (12 MHz), 6 µA oraz 220 nA.

Mikrokontrolery z rdzeniem Cortex-M0 ma w ofercie również firma Nuvoton. Układy NuMicro mają 64 lub 128 kB pamięci Flash oraz 4...16 kB pamięci RAM i są taktowane sygnałem zegarowym o maksymalnej częstotliwości 50 MHz. Są produkowane w obudowach LQFP o 48, 64 lub 100 wyprowadzeniach. W zależności od wielkości obudowy układy te mają do 31...76 końcówek I/O. Wszystkie układy NuMicro mają cztery 24-bitowe timery, 12-bitowy przetwornik A/C (8 kanałów), kontroler DMA, komparator analogowy, modulatory PWM



Rysunek 6. Schemat blokowy rdzenia Cortex-M4



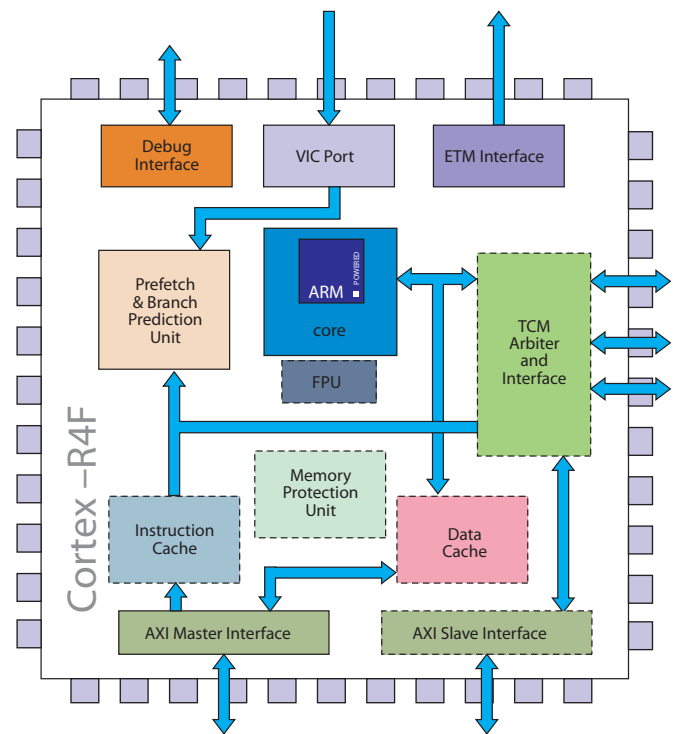
Rysunek 7. Schemat blokowy rdzenia Cortex-M1

(4...8 kanałów), zegar RTC, watchdog oraz interfejsy: UART, SPI, I²C i I²S. Mikrokontrolery NuMicro są podzielone na 4 serie różniące się wyposażeniem wewnętrznym oraz obszarem zastosowań:

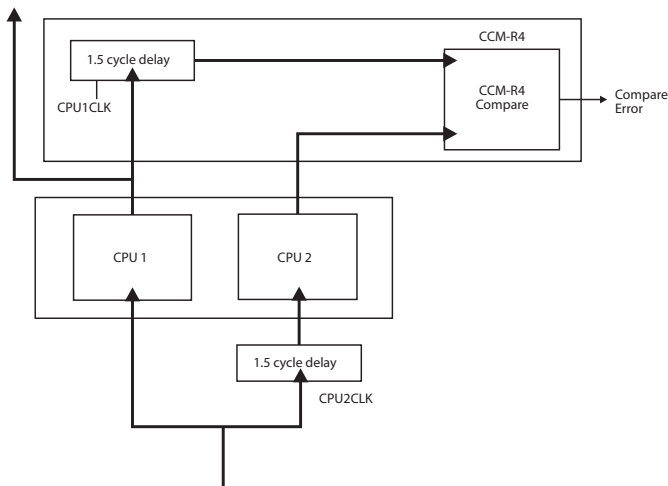
- NUC100 Advanced Line – podstawowa podrodzina układów NuMicro
- NUC120 USB Line – podrodzina mikrokontrolerów wyposażonych w interfejs USB 2.0 Full-Speed
- NUC130 Automotive Line – podrodzina układów przeznaczona do aplikacji samochodowych, wyposażona w interfejsy LIN oraz CAN 2.0B
- NUC140 Connectivity Line – podrodzina mikrokontrolerów wyposażonych w interfejsy USB, LIN oraz CAN 2.0B.

Cortex-M4

Najnowszy i najbardziej rozbudowany rdzeń rodziny Cortex-M – Cortex-M4 – jest przeznaczony do stosowania w mikrokontrolerach DSC (Digital Signal Controller), czyli realizujących cyfrowe przetwarzanie sy-



Rysunek 8. Schemat blokowy rdzenia Cortex-R4F



Rysunek 9. Równoległa praca rdzeni Cortex-R4F podnosząca niezawodność działania mikrokontrolera TMS570LS

gnalów (DSP). Mikrokontrolery z tym rdzeniem (rysunek 6) mogą znaleźć zastosowanie na przykład w sterowaniu pracą silników. Zestaw instrukcji rdzeni Cortex-M4 został powiększony w porównaniu do Cortex-M3 o stałoprzecinkowe instrukcje DSP oraz 8- i 16-bitowe instrukcje SIMD, a instrukcja *Multiply and Accumulate* (MAC) jest wykonywana w jednym taktcie zegara. Dodatkowo mogą być one wyposażone w jednostkę wspomagającą obliczenia zmiennoprzecinkowe FPU.

Firma Freescale ogłosiła w połowie roku włączenie do swojej oferty nowych mikrokontrolerów Kinetis z rdzeniem Cortex-M4. W skład rodziny Kinetis wchodzi 5 serii oznaczonych symbolami K10, K20, K30, K40 i K60. Mikrokontrolery serii K10 i K20 mają identyczny zestaw peryferii, z jedną różnicą – układy z serii K20 mają dodatkowo interfejs USB-OTG. Są one taktowane sygnałem zegarowym o maksymalnej częstotliwości 50...150 MHz. Podobnie jak najbardziej rozbudowane układy serii K60, są wyposażone w kontroler pamięci NAND Flash oraz zmiennoprzecinkową jednostkę obliczeniową (FPU). Układy serii K30 i K40 wyposażono w kontroler LCD (K40 ma dodatkowo USB OTG). Wszystkie mikrokontrolery Kinetis mają m.in.: podwójny interfejs CAN 2.0B, 16-bitowy przetwornik A/C, 12-bitowy przetwornik C/A, wzmacniacze o programowalnym wzmocnieniu (PGA), komparatory analogowe, interfejsy dotyko-

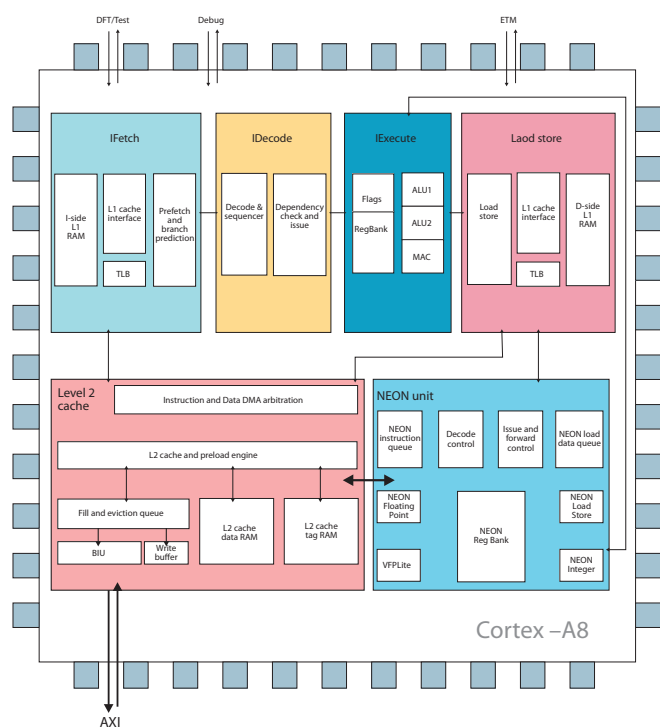
wych paneli użytkownika, timery z modulatorami PWM, kontroler DMA, interfejs kart SDHC oraz interfejsy komunikacyjne: I²C, I²S, SPI, UART. Najlepiej wyposażone (mikrokontrolery Kinetis K60) mogą być taktowane sygnałem o maksymalnej częstotliwości 100...180 MHz. Są wyposażone dodatkowo w sprzętowy blok kryptograficzny (obsługujący algorytmy 3DES, DES, AES, MD5, SHA-1 i SHA-256), interfejs Ethernet MAC oraz kontroler pamięci SDRAM.

Cortex-M1

Przy okazji opisywania nowości podzespołowych należy wspomnieć o rdzeniu Cortex-M1 (rysunek 7). W odróżnieniu od opisywanych wyżej Cortex'ów rdzeń ten jest przeznaczony do implementacji w układach FPGA. Jest on oferowany jako blok IP-core przez większość producentów układów programowalnych. Wśród firm, których układy programowalne wspierają rdzeń Cortex-M0, znajdują się m.in.: Actel, Altera oraz Xilinx. W zależności od zastosowanego układu FPGA, rdzenie Cortex-M1 mogą być taktowane sygnałem zegarowym o częstotliwości nawet 200 MHz. Takie parametry Cortex-M1 uzyskuje w układach FPGA, wykonanych w technologii 65 nm Stratix III (Altera) lub Virtex-5 (Xilinx), przy czym rdzeń Cortex jest bez pamięci TCM dla danych i instrukcji oraz interfejsu debuggera.

Cortex-R4F

Rdzenie Cortex-R4F (rysunek 8) zostały zaprojektowane z myślą o systemach operacyjnych czasu rzeczywistego, w których krytycznym parametrem jest czas reakcji, oraz wymagających zapewnienia bezpieczeństwa (pewności i niezawodności) działania. Mają one rozszerzoną listę instrukcji względem Cortex-M3 o instrukcje DSP oraz opcjonalnie o instrukcje operacji na liczbach zmiennoprzecinkowych, przy zastosowaniu w mikrokontrolerze dedykowanej jednostki FPU. Rdzenie Cortex-R4F obsługują też kontrolę parzystości dla pamięci (Flash i RAM) oraz dla buforów peryferii.



Rysunek 10. Schemat blokowy rdzenia Cortex-A8

R E K L A M A

**MIKROKONTROLERY
ARM CORTEX™-M0**

FIRMY
nuvoton
NuMICRO™

**NOWA RODZINA 32-BITOWYCH MIKROKONTROLERÓW Z NAJNOWSZYM
RDZENIEM ARM CORTEX-M0!**

**ENERGOOSZCZĘDNE UKŁADY PRACUJĄCE W SZEROKIM ZAKRESIE
NAPIĘCIA ZASILANIA I Z BOGATYM WYPOSAŻENIEM!**

**32-BITOWA FUNKCJONALNOŚĆ W CENIE TRADYCYJNYCH
MIKROKONTROLERÓW 8-BITOWYCH!**

- do 128 kB pamięci ISP/ICP Flash EPROM
- do 16 kB pamięci SRAM
- zakres napięcia zasilania: 2,5...5,5 V
- częstotliwość zegara do 50 MHz
- 45 DMIPS (0,9 DMIPS/MHz)
- pobór mocy 85 µW/MHz
- 8-kanałowy, 12-bitowy przetwornik A/C
- komparatory analogowe
- 24-bitowe timery, RTC • wyjścia PWM • 9-kanałowy PDMA
- interfejsy: USB 2.0 FS, UART, SPI, I2C, I2S, LIN i CAN
- obudowy LQFP48/64/100 • temperatury pracy: od -40 do +85 °C

Dostępne narzędzia uruchomieniowe: zestawy ewaluacyjne,
programatory ICP, starter kity firm IAR, Keil oraz Nuvoton

M ARTHE

PDW Marthel
ul. Sosnowa 24-5
Bielany Wrocławskie
55-040 Kobierzyce

tel. +48 71 3110711, 12
fax +48 71 3110713
WWW.MARTHEL.PL

Jak na razie jedyną firmą oferującą mikrokontrolery z rdzeniem Cortex-R4F jest Texas Instruments. Mikrokontrolery TMS570LS tej firmy są przeznaczone przede wszystkim do urządzeń samochodowych. Są one taktowane sygnałem zegarowym o częstotliwości 140 lub 160 MHz, mają 1 lub 2 MB pamięci Flash oraz 128 lub 160 kB pamięci RAM. Są wyposażone w interfejsy: 2/3×CAN, 3×SPI oraz opcjonalnie Flexray. Mają dwa 12-bitowe przetworniki A/C o 20 lub 24 kanałach oraz 68 lub 115 wyprowadzeń GPIO. Są zasilane napięciem 1,5 V (dla rdzenia) oraz 3,3 V (dla układów I/O).

Mikrokontrolery TMS570LS mają liczne obwody poprawiające pewność i niezawodność działania. Głównym zabiegiem podnoszącym niezawodność działania jest zastosowanie dwóch pracujących równolegle rdzeni Cortex-R4F. Przetwarzają one ten sam strumień danych, tak więc od strony programistycznej są widziane jako jeden procesor. Wynik działania instrukcji z obu rdzeni jest porównywany w module CCM-R4 (rysunek 9), a niezgodności są sygnalizowane błędem porównania. W celu zminimalizowania wpływu sygnału wspólnego na wynik obliczeń rdzeni, dane podawane na rdzeń 2 są opóźnione o 1,5 cyklu zegarowego, natomiast wyniki obliczeń rdzenia 1 są również opóźniane o 1,5 cyklu zegarowego, aby wyniki obliczeń z obu rdzeni były podawane do modułu CCM-R4 w tym samym czasie (rysunek 9). Pamięci Flash i RAM są zabezpieczone kodami korekcji błędów (ECC), co pozwala na naprawianie pojedynczego nieprawidłowego bitu lub wykrycie przekłamania dwóch bitów w odczytanym z pamięci słowie. Pamięć RAM peryferii jest również zabezpieczona bitem parzystości. Mikrokontroler ma też możliwość przeprowadzenia testu poprawności funkcji logicznych rdzenia poprzez wykonanie testu LBIST (Logic Built-In Self-Test) oraz pamięci – test PBIST (Programmable Built-In Self-Test).

Cortex-A8

Rdzenie Cortex-A8 (rysunek 10) są przeznaczone dla złożonych funkcjonalnie aplikacji w urządzeniach o niskim poborze energii (poniżej 300 mW). Architektura ARMv7-A umożliwia uzyskania prędkości wykonywania instrukcji 2 DMIPS/MHz. Zbudowane na ich bazie mikroprocesory mogą być taktowane sygnałem o dużej częstotliwości – nawet 100 MHz. Rdzenie Cortex-A8 są wyposażone w dwupoziomą pamięć *cache*, która przyczynia się do skrócenia czasu odczytu danych. Rdzenie te interpretują instrukcje ARM, Thumb-2, zmienno-przecinkowe oraz NEON. Jednostka NEON ma 128-bitową architekturę SIMD. Jest to przetwarzanie wielu strumieni danych przy użyciu pojedynczego strumienia instrukcji. Instrukcje tego typu są stosowane w aplikacjach, w których wymagane jest przetwarzanie dużych bloków danych przy użyciu takiej samej funkcji, np. w przetwarzaniu multimediów. Mikroprocesory z rdzeniem Cortex-A8 mogą pracować pod kontrolą dużych systemów operacyjnych wymagających stosowania jednostek zarządzania pamięcią MMU.

Samsung ma w swojej ofercie mikroprocesory o bardzo dużej wydajności. Jednym z pierwszych układów w ofercie tej firmy z rdzeniem Cortex-A8 jest S5PC100. Jest on przeznaczony do aplikacji wymagających dużej mocy obliczeniowej, jak na przykład telefony komórkowe, multimedia, urządzenia komunikacyjne. Jest on taktowany sygnałem zegarowym o częstotliwości 667 MHz i jest zasilany napięciem 1,2 V. Wśród multimedialnych peryferii tego mikroprocesora należy wymienić: 8-bitowy interfejs czujnika optycznego zgodny z zaleceniem ITU 601/656, wieloformatowy kodek (m.in. MPEG-4, H.263/4, Xvid), kodek JPEG, akcelerator graficzny 2D/3D, sterownik wyświetlacza TFT LCD o rozdzielczości 1024×768 pikseli oraz interfejs S/PDIF. Mikroprocesor S5PC100 obsługuje pamięci zewnętrzne NAND/NOR FLASH, DDR/DDR 2 DRAM (do 333 Mb/s dla każdej końcówki portu).

Samsung ma w planach wyprodukowanie dwóch nowych układów z rdzeniem Cortex-A8 oznaczonych symbolami: S5PC110 i S5PV210. S5PC110 jest przeznaczony dla urządzeń mobilnych z funkcjami multimedialnymi (jak na przykład telefony komórkowe), natomiast S5PV210 do urządzeń typu netbook. Oba mikroprocesory

mają być taktowane sygnałem zegarowym o częstotliwości 1 GHz. Mają być też wyposażone w kodek wideo umożliwiający kodowanie i dekodowanie sygnału wideo w formacie 720p, z częstotliwością odświeżania 30 kl/s.

Texas Instruments opracował nowe mikroprocesory Sitara z rdzeniem ARM9 oraz z nowym rdzeniem Cortex-A8. Mikroprocesory Sitara są przeznaczone przede wszystkim do aplikacji wymagających dużej mocy obliczeniowych oraz niskiego poboru mocy, jak na przykład przenośne urządzenia medyczne, systemy nawigacji satelitarnej, przemysłowe wyświetlacze HMI. W ramach rodziny Sitara oferowane są cztery linie produktowe: AM37x, AM35x, AM18x i AM17x.

Mikroprocesory AM18x i AM17x są wyposażone w rdzeń ARM9 taktowany sygnałem zegarowym o częstotliwości 375 lub 456 MHz. Mają 32 kB pamięci cache L1, 128 kB cache L2 oraz 64 kB pamięci ROM.

Mikroprocesory AM37x i AM35x są natomiast wyposażone w rdzeń Cortex-A8 taktowany sygnałem zegarowym o częstotliwości 600, 800 lub 1000 MHz. Mają większą pojemność pamięci cache L1 i L2, odpowiednio 64 kB i 256 kB.

Mikroprocesory Sitara mają bogaty zestaw peryferii: USB Host, USB OTG, interfejs kart MMC/SD, sterownik LCD, port wideo, interfejsy UART, I²C, SATA, kontroler DMA, 10-bitowe przetworniki A/C oraz opcjonalnie interfejsy Ethernet MAC i CAN. Wybrane układy z rdzeniem Cortex-A8 (AM3517, AM3715) mają wbudowany koprocessor graficzny.

Inne rdzenie ARM

Pomimo że mikrokontrolery z rdzeniami Cortex-M powoli wypierają z rynku układy z rdzeniami wcześniejszych generacji, niektóre firmy oferują nowe rozwiązania ze sprawdzonymi rdzeniami ARM7TDMI. Jedną z takich firm jest firma Analog Devices, która ma w ofercie interesujące rozwiązania „analogowych mikrokontrolerów”, czyli mikrokontrolerów z wielokanałowymi przetwornikami A/C i przetwornikami C/A. W rodzinie ADUC7xxx pojawiły się nowe układy, wśród których warto odnotować ADUC7039 z 16-bitowymi przetwornikami A/C typu sigma-delta przeznaczony do monitorowania napięcia akumulatorów samochodowych oraz ADUC7122 z 12-bitowymi przetwornikami A/C (1 MS/s) i C/A oraz wzmacniaczami o programowalnym wzmocnieniu (PGA). Wśród interesujących nowości należy wymienić również ADUC706x. Układy te mają dwa 24-bitowe przetworniki A/C typu sigma-delta o częstotliwości próbkowania 8 kS/s. Główny przetwornik A/C ma 4 kanały (z możliwością pracy różnicowej), a dodatkowy ma do 7 kanałów (do 4 par różnicowych).

Atmel opracował też nowe mikroprocesory z rdzeniem ARM926x: AT91SAM9G10,20, AT91SAM9M10,1 oraz AT91SAM9G45,6. Mikroprocesory AT91SAM9G10 jest taktowany sygnałem zegarowym o częstotliwości do 266 MHz. Mają wbudowany kontroler wyświetlacza LCD. AT91SAM9G20 jest taktowany sygnałem zegarowym o częstotliwości do 400 MHz, ma liczne interfejsy komunikacyjne (w tym USB Full-Speed i Ethernet MAC).

Mikroprocesory AT91SAM9M10,1 są przeznaczone do aplikacji multimedialnych. Są wyposażone w kontroler wyświetlacza LCD, akcelerator operacji graficznych (2D) oraz sprzętowy dekodery sygnału wideo. Układ AT91SAM9M11 ma dodatkowo jednostkę szyfrującą (możliwa praca z algorytmem m.in. AES i 3DES) oraz generator liczb pseudolosowych.

Mikroprocesory AT91SAM9G45,6 odznaczają się dużą pojemnością wbudowanej pamięci SRAM (64 kB) oraz interfejsem do obsługi czujników obrazów. AT91SAM9G46 ma dodatkowo wbudowaną jednostkę szyfrującą oraz generator liczb pseudolosowych. Układy AT91SAM9M11 i AT91SAM9G46 mają być w produkcji pod koniec 2010 roku.

Maciej Gołaszewski, EP
maciej.golaszewski@ep.com.pl