

Mikrokontrolery STM32

ARM Cortex M3: 8-bitowa prostota z 32-bitową wydajnością

Firma STMicroelectronics jest jednym z czołowych producentów i dostawców mikrokontrolerów wyposażonych w rdzenie opracowane przez firmę ARM. W jej ofercie, poza dobrze znanymi mikrokontrolerami 8-bitowymi i mniej popularnymi 16-bitowymi, znajduje się także szeroka gama mikrokontrolerów wyposażonych w popularne rdzenie ARM7TDMI (rodziny STR710, STR730 i STR750) oraz ARM966E-S (rodzina STR910). Jednym z niezaprzeczalnych osiągnięć ST jest wprowadzenie do produkcji mikrokontrolerów z rdzeniem z rodziny ARM9, dzięki czemu konstruktorzy uzyskali wygodny dostęp do ukła-

W lipcowym wydaniu EP skrótkowo przedstawiliśmy nową rodzinę mikrokontrolerów firmy STMicroelectronics, które wyposażono w nowoczesny rdzeń firmy ARM – Cortex M3. Nowy rdzeń ma wiele istotnych zalet w stosunku do nieźle już rozpropagowanych ARM7TDMI i popularnych wersji ARM9, z których najlepiej rokuje zapowiadana niska cena nowych mikrokontrolerów.

dów szybkich, dobrze wyposażonych i jednocześnie zajmujących niewiele miejsca na PCB.

Wdrożenie do produkcji przez ST mikrokontrolerów z rdzeniami

Cortex (noszą one nazwę STM32) jest logicznym rozwinięciem linii dotychczas oferowanych mikrokontrolerów: Corteksy stanowią logiczny łącznik pomiędzy stosunkowo





artronic

www.artronic.pl **OPTOELEKTRONIKA**

VFD NOWOŚĆ !! Najkorzystniejsza oferta w Polsce!!

Realizacje Indywidualnych Projektów!!!







LCD wysoka jakość, atrakcyjne ceny





LED bogata oferta, konkurencyjne ceny



TFT 1,7" - 25,5"



układy pamięci S-RAM



baterie litowo polimer.



SONGLE RELAYS



Artronic Sp.J.
Parkowa 6
81-549 Gdynia
www.artronic.pl
(58) 668 0 667



elektromechanika

podzespoły elektroniczne
rdzenie ferrytowe elementy indukcyjne

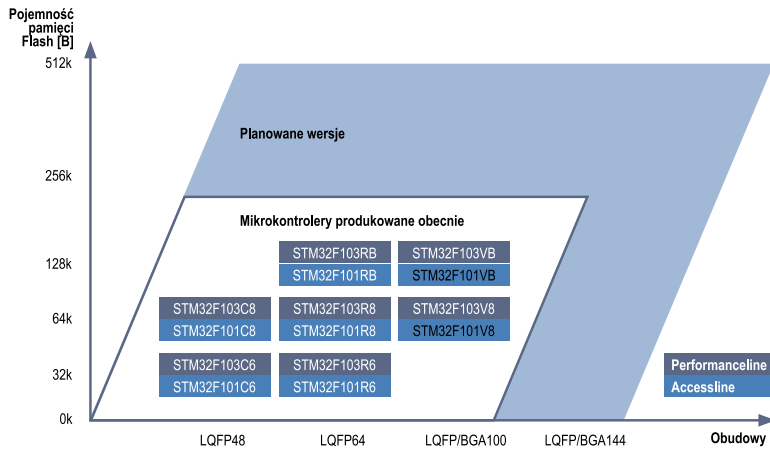


ISO 9001 AKREDYTACJA





ul. Wysocka 48, 63-400 Ostrów Wielkopolski
tel. 0-62 735 60 46, 0-62 735 55 80, fax 0-62 738 14 93
www.aet.com.pl, e-mail: biuro@aet.com.pl



Rys. 1.

„dużymi” (o znajduje odbicie także w cenie) mikrokontrolerami ARM starszych generacji, a tańszymi i przy okazji zdecydowanie wolniejszymi mikrokontrolerami 8-bitowymi.

STM32: rodzina dla każdego

W ramach rodziny STM32 są oferowane dwie grupy układów (obecnie dostępne wersje pokazano na rys. 1):

- *Performance* (oznaczone prefiksami STM32F103, taktowane sygnałem zegarowym o maksymalnej częstotliwości 72 MHz, wyposażone m.in. w USB, CAN i generatory PWM),
- *Access* (oznaczone prefiksami STM32F101, taktowane sygnałem zegarowym o maksymalnej częstotliwości 36 MHz, o nieco słabszym wyposażeniu i prostszych peryferiach).

Warianty obudów mikrokontrolerów i pojemności wbudowanych pamięci w nie Flash i SRAM są oznaczane za pomocą dwuznakowego sufiksu w oznaczeniu typu, co można zauważyć na rys. 1.

W obydwu grupach mikrokontrolerów STM32 podstawowe wyposażenie peryferyjne jest bogate, w jego skład wchodzi: 3 interfejsy USART (z możliwością pracy w trybie ISO7816, jak LIN oraz IrDA), 2 synchroniczne interfejsy szeregowe SPI, 2 interfejsy I²C, 3 uniwersalne 16-bitowe timery oraz 12-bitowe przetworniki A/C z czujnikiem temperatury, multiplekserami analogowymi na wejściu i układami próbkująco-pamiętającymi (w serii *Performance*). Zakres napięć wejściowych w torze

A/C wynosi 0...+3,6 V, a cyfrowe linie I/O (z drobnymi wyjątkami) są przystosowane do współpracy z układami zasilanymi napięciem +5 V.

Producent nie zaniedbał wyposażenia mikrokontrolerów w dziś już niezbędny interfejs USB 2.0FS (mikrokontrolery *Performance*) oraz modny CAN2.0B – otwiera to możliwości stosowania mikrokontrolerów w wymagających aplikacjach przemysłowych, w czym pomaga szeroki zakres temperatur pracy (-40...+105°C).

W prezentowane mikrokontrolery wbudowano ponadto generatory taktujące (32 kHz i 8 MHz), liczniki zegara RTC i 7-kanalowy kontroler DMA. Maksymalna pojemność pamięci SRAM w obecnie dostępnych wersjach mikrokontrolerów wynosi do 20 kB, a pojemność pamięci Flash do 128 kB.

Nie bez znaczenia dla użytkowników w naszym kraju są typy zastosowanych obudów: producent dostarcza mikrokontrolery w łatwych w montażu obudowach LQFP o liczbie wyprowadzeń 48, 64 lub 100. Zapowiadane są także wersje mikrokontrolerów w obudowach BGA ze 100 wyprowadzeniami kulkowymi.

Wszystkie mikrokontrolery z rodziny STM32 są przystosowane do zasilania pojedynczym napięciem o wartości 2...3,6 V, które jest wystarczające do umożliwienia programowania pamięci Flash w systemie. Programowanie pamięci Flash jest możliwe zarówno „od strony” mikrokontrolera jak i z zewnątrz – z wykorzystaniem jednego z interfejsów sprzętowego debugera

– JTAG lub *SerialWire*.

Schemat blokowy mikrokontrolerów z linii *Performance* pokazano na rys. 1, a zestawienie najważniejszych cech i parametrów mikrokontrolerów STM32 obecnie produkowanych znajduje się w tab. 1.

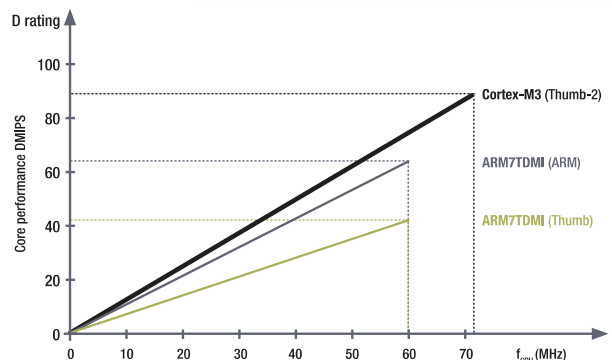
Siła rdzenia Cortex M3

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 taktcie zegara, a także zastosowanie nowej listy instrukcji o nazwie Thumb 2). Zabiegi konstrukcyjne zaowocowały tym, że rdzenie Cortex osiągnęły prędkość do 1,25 DMIPS/MHz (przy 0,95 DMIPS/MHz w przypadku ARM7TDMI) – rys. 2, pobierając jednocześnie podczas pracy

Stany linii wyjściowych w mikrokontrolerach STM32 można modyfikować poprzez bezpośrednie operowanie na rejestrze danych, bez konieczności wykonywania procedury R-M-W (*Read-Modify-Write*). Dzięki temu maksymalna częstotliwość zmiany ich stanu wynosi aż 18 MHz.



Rys. 2.

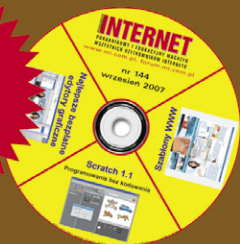
Informacje o mikrokontrolerach z rodziny STM32 są dostępne na stronie producenta: <http://www.st.com/stm32>.



Co miesiąc w Magazynie INTERNET:

- Najbardziej aktualne informacje o globalnej sieci komputerowej
- Porady praktyczne dla początkujących i zaawansowanych
- Opisy najnowszych technologii
- Kursy dla webmasterów
- Przegląd najnowszego oprogramowania
- Artykuły, które pomogą Twojej firmie lepiej wykorzystać internet, uniknąć zagrożeń i zaoszczędzić pieniądze
- Opisy ciekawych zastosowań internetu
- Porady dotyczące wyszukiwania informacji

Na CD pełne komercyjne wersje programów



W numerze 10/2007 między innymi:

- Przeglądarki internetowe pod lupą: porównujemy i testujemy
- Czy to jeszcze sport, czy już cybersport?
- Przyszłość Google
- Top 40 – najlepsza czterdziestka aplikacji online
- Podcasting: co to jest i z czym to się je
- Praktyka: Google SketchUp

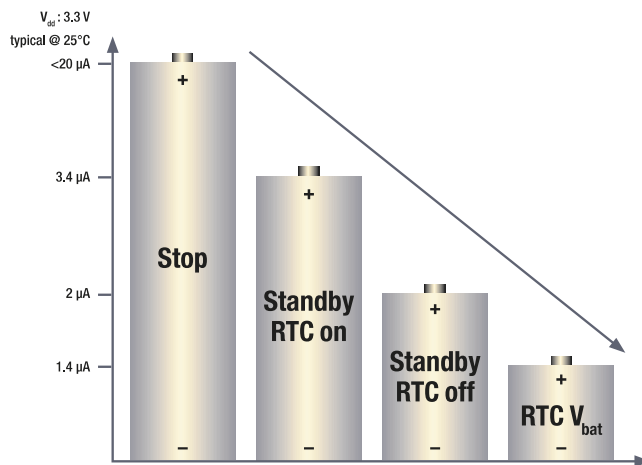
Magazyn INTERNET

można nabyć we wszystkich EMPIK-ach i większych kioskach z prasą.

Wszelkich informacji udziela Dział Prenumeraty: tel. (22) 568-99-22, faks (22) 568-99-00

Tab. 1. Zestawienie podstawowych cech i parametrów mikrokontrolerów STM32

Typ	Flash [kB]	SRAM [kB]	Timery	Interfejsy komunikacyjne	GPIO	Obudowa
STM32F101C6	32	6	2x16b (8/8/8)	SPI/I2C/2xUSART	32	LQFP48
STM32F101C8	64	10	3x16b (12/12/12)	2xSPI/2xI2C/3xUSART	32	LQFP48
STM32F101R6	32	6	2x16b (8/8/8)	SPI/I2C/2xUSART	49	LQFP64
STM32F101R8	64	10	3x16b (12/12/12)	2xSPI/2xI2C/3xUSART	49	LQFP64
STM32F101RB	128	16	3x16b (12/12/12)	2xSPI/2xI2C/3xUSART	49	LQFP64
STM32F101V8	64	10	3x16b (12/12/12)	2xSPI/2xI2C/3xUSART	80	LQFP100
STM32F101VB	128	16	3x16b (12/12/12)	2xSPI/2xI2C/3xUSART	80	LQFP100
STM32F103C6	32	10	3x16b (12/12/14)	SPI/I2C/2xUSART/USB/CAN	32	LQFP48
STM32F103C8	64	20	4x16b (12/12/18)	2xSPI/2xI2C/3xUSART/USB/CAN	32	LQFP48
STM32F103R6	32	10	3x16b (12/12/14)	SPI/I2C/2xUSART/USB/CAN	49	LQFP64
STM32F103R8	64	20	4x16b (12/12/18)	2xSPI/2xI2C/3xUSART/USB/CAN	49	LQFP64
STM32F103RB	128	20	4x16b (12/12/18)	2xSPI/2xI2C/3xUSART/USB/CAN	49	LQFP64
STM32F103V8	64	20	4x16b (12/12/18)	2xSPI/2xI2C/3xUSART/USB/CAN	80	LQFP/BGA100
STM32F103VB	128	20	4x16b (12/12/18)	2xSPI/2xI2C/3xUSART/USB/CAN	80	LQFP/BGA100



Rys. 3.

Opis rdzenia Cortex-M3 jest dostępny pod adresem: http://www.arm.com/products/CPUs/ARM_Cortex-M3.html

ok. 35% mniej energii niż zbliżony ARM7TDMI. Na rys. 3 pokazano uproszczony wykres ilustrujący pobór mocy przez mikrokontrolery STM32F10x w dostępnych trybach obniżonego poboru mocy. Czas budzenia mikrokontrolera z trybu *stand-by* nie przekracza 40 μ s, co jest równoważne z czasem niezbędnym na rozpoczęcie pracy po zerowaniu. Z informacji katalogowych

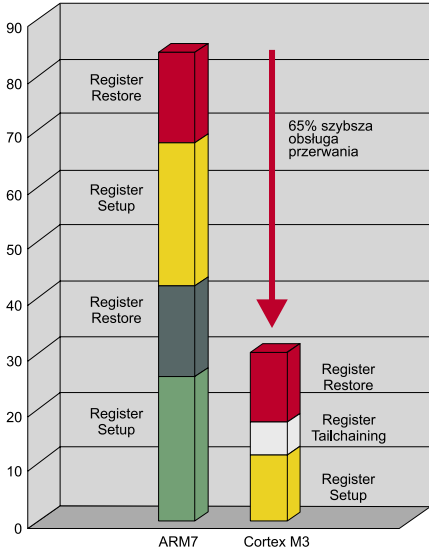
wynika natomiast, że podczas normalnej pracy pobór prądu przez mikrokontrolery nie przekracza 0,5 mA/MHz.

Standardowym wyposażeniem rdzeni Cortex-M3 jest kontroler przerw NVIC (*Nested Vectored Interrupt Controller*), który poza dogodną obsługą od strony programisty, charakteryzuje się krótkim, do tego przewidywalnym czasem obsługi przerw, w tym także zgłaszanych jednocześnie (rys. 4). Jest to kolejny atut prezentowanych mikrokontrolerów w aplikacjach *automotive*.

Na rys. 5 pokazano praktyczne skutki zastosowania listy instrukcji Thumb 2 w mikrokontrolerach STM32: przeciętny spadek wydajności w stosunku do „czystych” pole-

Przeglądki internetowe pod lupą: porównujemy i testujemy

Podręcznik z opisem rdzeni Cortex jest dostępny pod adresem: http://www.arm.com/pdfs/DDI0337E_cortex_m3_r1p1_tm.pdf



Rys. 4.

Informacje o liście instrukcji Thumb2 są dostępne pod adresem: <http://www.arm.com/products/CPUs/archi-thumb2.html>

ARM Cortex M3 – co i jak?

Inżynierowie firmy ARM od kilku lat prowadzili intensywne prace nad nową rodziną rdzeni przeznaczonych dla tanich mikrokontrolerów, przy opracowywaniu których założyli, że będą one obsługiwać zestaw instrukcji Thumb2 (architektura ARMv7), będą szybciej wykonywać programy przy takiej samej częstotliwości taktowania, będą mieć prostszą budowę (dzięki czemu uprości się implementacja mikrokontrolera w krzemie), dużą wagę przywiązano także do zminimalizowania poboru energii. W ten sposób powstała rodzina rdzeni o nazwie Cortex.

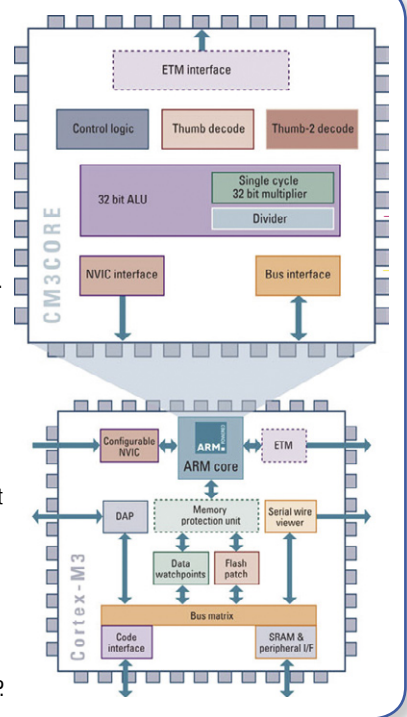
W jej ramach są dostępne trzy wersje rdzeni: Cortex R – przeznaczone do stosowania w systemach czasu rzeczywistego,

Cortex A – przeznaczone do stosowania w dużych systemach z zaimplementowanymi systemami operacyjnymi, wbudowana jednostka MMU

Cortex M – zoptymalizowane cenowo, przeznaczone dla aplikacji mikrokontrolerowych.

Jedną z poważniejszych zmian w nowych rdzeniach jest także zastosowanie nowego, szybszego i prostszego w obsłudze niż we wcześniejszych rdzeniach kontrolera przerwań, który był „kulą u nogi” programistów.

Wszystkie mikrokontrolery z rdzeniami Cortex wyposażono w rozszerzenia ARM NEON (*Media Acceleration Technology*), dzięki któremu CPU jest w stanie szybko wykonywać dodatkowe instrukcje ułatwiające programową implementację algorytmów DSP.



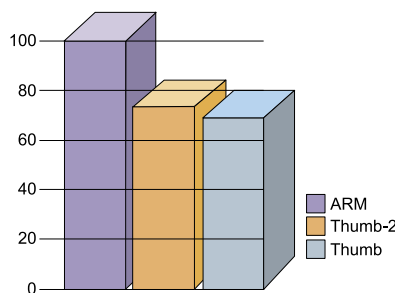
ceń ARM wynosi ok. 3% przy jednoczesnym obniżeniu o 30% pojemności wymaganej pamięci programu.

Przygotowane przez firmę ARM porównanie cech i możliwości rdzeni ARM7TDMI i Cortex-M3 przedstawiono w tab. 2.

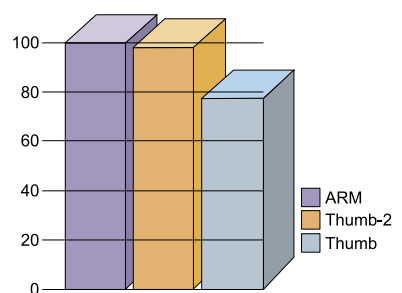
Podsumowanie

Idee przyświecające firmie STMicroelectronics podczas wdrażania do produkcji mikrokontrolerów z rodziny STM32 są oczywiste, aczkolwiek niełatwe do osiągnięcia w praktyce. Lokowanie (także cenowe) tych mikrokontrolerów w obszarze pomiędzy „du-

Testy EEMBC określające objętość kodu



Testy wydajnościowe EEMBC



Rys. 5.

żymi” 32-bitowcami i popularnymi 8-bitowcami może zagrozić jednym i drugim, co jest o tyle kłopotliwe, że producent ma w swojej ofercie

sporą ofertę zarówno 8- jak i 32-bitowców. Ponieważ presja rynku na obniżanie cen i poprawę parametrów mikrokontrolerów jest nieustannie bardzo duża, posunięcie firmy dowodzi dalekowzroczności: obecnie jest niezmiernie dla producentów półprzewodników ważne, aby elementy z ich oferty tworzyły rynkową awangardę. W znacznym stopniu zamiar ten udał się i miejmy nadzieję, że producent nie straci początkowego impetu i w niedługim czasie wypełni puste pole widoczne na rys. 1.

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

Mikrokontrolery STM32 wyposażono w dwa interfejsy umożliwiające programowanie i debugowanie ich pracy: klasyczny JTAG oraz dwuliniowy *Serial Wire Debug* (SWD), który pomimo prostoty umożliwia transfer danych z prędkością do 640 kB/s (przy taktowaniu interfejsu sygnałem o częstotliwości 8 MHz).

Cecha/parametr	ARM7TDMI	ARM Cortex-M3
Architektura	ARMv4T (von Neumann)	ARMv7-M (Harvard)
Lista instrukcji	Thumb/ARM	Thumb/Thumb-2
Pipeline	3-stopniowy	3-stopniowy + przewidywanie rozgałęzień
Przerwania	FIQ/IRQ	NMI + 1...240
Opóźnienie obsługi przerwania	24...42 cykle	12 cykli
Minimalny odstęp pomiędzy obsługą kolejnych przerwań	24 cykle	6 cykli
Tryby oszczędzania energii	-	wbudowane
Ochrona pamięci	-	8 obszarów
Prędkość wykonywania poleceń	0,95 DMIPS/MHz (ARM) 0,74 DMIPS/MHz (Thumb)	1,25 DMIPS/MHz
Pobór mocy	0,28 mW/MHz	0,19 mW/MHz
Interfejsy wspomagające uruchomienie	JTAG	JTAG i SWD
Powierzchnia zajmowana na krzemie	0,62 mm ² (sam rdzeń)	0,86 mm ² (rdzeń + podstawowe peryferia)