

Tanio, taniej, STM32F4Discovery...

Cortex-M4 w pełnej okazałości

Firma STMicroelectronics konsekwentnie rozpiera swoich klientów: w ostatnich dniach września światło dzienne ujrzały nowe w ofercie ST mikrokontrolery, które – zgodnie z obowiązującymi współcześnie trendami – wyposażono w szybki, dobrze wyposażony rdzeń Cortex-M4. Równie ważne jest to, że niemalże natychmiast do sprzedaży trafiły ultratanie zestawy ewaluacyjne Discovery z mikrokontrolerem z serii STM32F4.

Nowa rodzina mikrokontrolerów firmy STMicroelectronics, wyposażona w rdzeń Cortex-M4, nosi kodową nazwę STM32-F4 i uzupełnia dotychczas produkowane (wyposażone w rdzeń Cortex-M3) rodziny STM-

32-F1, STM32-L1, STM32-F2 i STM32W. Zgodnie z informacjami producenta mikrokontrolery STM32-F4 są pinowo zgodne z STM32-F2, zastosowano w nich także identyczne bloki peryferyjne i interfejsy komunikacyjne, niektóre z nich nieco tylko poprawiono.

Budowę mikrokontrolerów STM32-F4 pokazano na rysunku 1. Schemat do złudzenia przypomina budowę mikrokontrolerów STM32-F2. W nowych mikrokontrolerach zastosowano znane ze starszych rodzin moduły ART pozwalający na odczyt zawartości Flash z pełną prędkością taktowania CPU do 168 MHz (jednak z niezbędnymi *wait state'ami*), zastosowano w nich także zoptymalizowaną 7-poziomową magistralę AHB, dzięki której użytkownik może wpływać na sposób komunikacji niektórych, najbardziej wymagających bloków peryferyjnych z CPU i innymi blokami peryferyjnymi. Producent zapewnia, że zachowano kompatybilność

Dodatkowe informacje o zestawie Discovery dla mikrokontrolerów STM32-F4 są dostępne pod adresem: www.st.com/stm32f4-discovery

„w dół” bloków peryferyjnych wbudowanych w STM32-F4 z peryferiami zastosowanymi w STM32-F2. Z dostępnych obecnie opisów wynika, że parametry niektórych z nich poprawiono. I tak:

- timery-generatory PWM mogą być taktowane sygnałem o częstotliwości do 168 MHz,
- liczniki RTC zapewniają większą niż dotychczas rozdzielczość pomiaru (dziesiąte i setne części sekund),
- interfejs cyfrowego audio FS umożliwia w pełni duplexowy transfer danych, co pozwala stosować mikrokontrolery STM32-F4 w profesjonalnym sprzęcie muzycznym,
- interfejs MAC Ethernet obsługuje protokoły synchronizacji czasu IEEE1588 w nowej wersji v2.

Kompatybilność STM32-F2 i STM32-F4

Z informacji udostępnionych przez firmę STMicroelectronics wynika, że mikrokontrolery z tych dwóch rodzin są wzajemnie kompatybilne sprzętowo w zakresie pojemności pamięci Flash od 384 kB do 1 MB i obudowach o liczbie wyprowadzeń od 64 do 176.



Rys. 1. Budowa mikrokontrolerów STM32-F4

Tab. 1. Zestawienie wyposażenia mikrokontrolerów STM32-F4 dostępnych w sprzedaży

Typ	Obudowa	Flash [kB]	SRAM [kB]	Timery 16-bitowe (IC/OC/PWM)	Timery 32-bitowe (IC/OC/PWM)	Przetworniki A/C kanały/rozdz.	Przetworniki C/A kanały/rozdz.	Interfejsy komunikacyjne
STM32F405RG	LQFP64 WLCSP66	1024	192	12x16-bit (24/24/30)	2x32-bit (8/8/8)	16x12-bit	2x12-bit	3xSPI/2xI2S/2xI2C/3xUSART(IrDa, ISO7816)/3xUART/1xUSB OTG FS/HS, 2xCAN/ SDIO
STM32F405VG	LQFP100	1024	192	12x16-bit (24/24/30)	2x32-bit (8/8/8)	16x12-bit	2x12-bit	3xSPI/2xI2S/2xI2C/3xUSART(IrDa, ISO7816)/3xUART/1xUSB OTG FS/HS, 2xCAN/ SDIO
STM32F405ZG	LQFP144	1024	192	12x16-bit (24/24/30)	2x32-bit (8/8/8)	24x12-bit	2x12-bit	3xSPI/2xI2S/2xI2C/3xUSART(IrDa, ISO7816)/3xUART/1xUSB OTG FS/HS, 2xCAN/ SDIO
STM32F407IE	LQFP176	512	192	12x16-bit (24/24/30)	2x32-bit (8/8/8)	24x12-bit	2x12-bit	3xSPI/2xI2S/2xI2C/3xUSART(IrDa, ISO7816)/3xUART/2xUSB OTG FS/HS, 2xCAN/ Ethernet MAC10/100, SDIO
STM32F407IG	BGA176 LQFP176	1024	192	12x16-bit (24/24/30)	2x32-bit (8/8/8)	24x12-bit	2x12-bit	3xSPI/2xI2S/2xI2C/3xUSART(IrDa, ISO7816)/3xUART/2xUSB OTG FS/HS, 2xCAN/ Ethernet MAC10/100, SDIO
STM32F407VE	LQFP100	512	192	12x16-bit (24/24/30)	2x32-bit (8/8/8)	16x12-bit	2x12-bit	3xSPI/2xI2S/2xI2C/3xUSART(IrDa, ISO7816)/3xUART/2xUSB OTG FS/HS, 2xCAN/ Ethernet MAC10/100, SDIO
STM32F407VG	LQFP100	1024	192	12x16-bit (24/24/30)	2x32-bit (8/8/8)	16x12-bit	2x12-bit	3xSPI/2xI2S/2xI2C/3xUSART(IrDa, ISO7816)/3xUART/2xUSB OTG FS/HS, 2xCAN/ Ethernet MAC10/100, SDIO
STM32F407ZE	LQFP144	512	192	12x16-bit (24/24/30)	2x32-bit (8/8/8)	24x12-bit	2x12-bit	3xSPI/2xI2S/2xI2C/3xUSART(IrDa, ISO7816)/3xUART/2xUSB OTG FS/HS, 2xCAN/ Ethernet MAC10/100, SDIO
STM32F407ZG	LQFP144	1024	192	12x16-bit (24/24/30)	2x32-bit (8/8/8)	24x12-bit	2x12-bit	3xSPI/2xI2S/2xI2C/3xUSART(IrDa, ISO7816)/3xUART/2xUSB OTG FS/HS, 2xCAN/ Ethernet MAC10/100, SDIO
STM32F415RG	LQFP64	1024	192	12x16-bit (24/24/30)	2x32-bit (8/8/8)	16x12-bit	2x12-bit	3xSPI/2xI2S/2xI2C/3xUSART(IrDa, ISO7816)/3xUART/1xUSB OTG FS/HS, 2xCAN/ SDIO
STM32F415VG	LQFP100	1024	192	12x16-bit (24/24/30)	2x32-bit (8/8/8)	16x12-bit	2x12-bit	3xSPI/2xI2S/2xI2C/3xUSART(IrDa, ISO7816)/3xUART/1xUSB OTG FS/HS, 2xCAN/ SDIO
STM32F415ZG	LQFP144	1024	192	12x16-bit (24/24/30)	2x32-bit (8/8/8)	24x12-bit	2x12-bit	3xSPI/2xI2S/2xI2C/3xUSART(IrDa, ISO7816)/3xUART/1xUSB OTG FS/HS, 2xCAN/ SDIO
STM32F417IE	LQFP100	512	192	12x16-bit (24/24/30)	2x32-bit (8/8/8)	24x12-bit	2x12-bit	3xSPI/2xI2S/2xI2C/3xUSART(IrDa, ISO7816)/3xUART/2xUSB OTG FS/HS, 2xCAN/ Ethernet MAC10/100, SDIO
STM32F417IG	BGA176 LQFP176	1024	192	12x16-bit (24/24/30)	2x32-bit (8/8/8)	24x12-bit	2x12-bit	3xSPI/2xI2S/2xI2C/3xUSART(IrDa, ISO7816)/3xUART/2xUSB OTG FS/HS, 2xCAN/ Ethernet MAC10/100, SDIO
STM32F417VE	LQFP100	512	192	12x16-bit (24/24/30)	2x32-bit (8/8/8)	16x12-bit	2x12-bit	3xSPI/2xI2S/2xI2C/3xUSART(IrDa, ISO7816)/3xUART/2xUSB OTG FS/HS, 2xCAN/ Ethernet MAC10/100, SDIO
STM32F417VG	LQFP100	1024	192	12x16-bit (24/24/30)	2x32-bit (8/8/8)	16x12-bit	2x12-bit	3xSPI/2xI2S/2xI2C/3xUSART(IrDa, ISO7816)/3xUART/2xUSB OTG FS/HS, 2xCAN/ Ethernet MAC10/100, SDIO
STM32F417ZE	LQFP144	512	192	12x16-bit (24/24/30)	2x32-bit (8/8/8)	24x12-bit	2x12-bit	3xSPI/2xI2S/2xI2C/3xUSART(IrDa, ISO7816)/3xUART/2xUSB OTG FS/HS, 2xCAN/ Ethernet MAC10/100, SDIO
STM32F417ZG	LQFP144	1024	192	12x16-bit (24/24/30)	2x32-bit (8/8/8)	24x12-bit	2x12-bit	3xSPI/2xI2S/2xI2C/3xUSART(IrDa, ISO7816)/3xUART/2xUSB OTG FS/HS, 2xCAN/ Ethernet MAC10/100, SDIO

Wprowadzono także kilka pomniejszych udoskonaleń, będziemy o nich informować po wprowadzeniu nowych mikrokontrolerów do sprzedaży w sieci dystrybucyjnej i opublikowaniu przez producenta oficjalnych wersji dokumentacji.

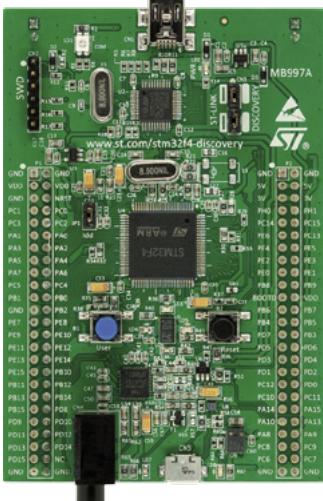
Interesującą cechą FPU wbudowanej w mikrokontrolery STM32-F4 jest możliwość bezpośredniego wykonywania kodu wygenerowanego za pomocą pakietu Matlab, co otwiera przed konstruktorami i programistami niewyobrażalne wręcz możliwości obliczeniowe i to zarówno w zakresie cyfrowej obróbki sygnałów, jak i obliczeń konstrukcyjnych i inżynierskich w różnych dziedzinach wiedzy i techniki.

Korzystanie z możliwości mikrokontrolerów w zakresie DSP upraszczają biblioteki CMSIS, których specyfikacja przewiduje dostępność bogatego zestawu obliczeń, jak na przykład: interpolacje, obliczenia statystyczne, transformaty (także w dziedzinie liczb zespolonych), operacje na macierzach, filtrowanie sygnałów, a także (sic!) programowo realizowany regulator PID.

W tabeli 1 pokazano zakresy wyposażenia i dostępnych obudów mikrokontrolerów STM32-F4, które jako pierwsze wprowadzono na rynek. Jak widać, STMicroelectronics stoi na twardym gruncie rzeczywistości: dostępne są przede wszystkim wersje obudów łatwych w tanim montażu. W obudowach

BGA dostępne jest zaledwie kilka typów nowych mikrokontrolerów.

Czytelników zainteresowanych praktyką informujemy, że producent zadbał o to, żeby im maksymalnie ułatwić start: w najbliższych dniach dostępne będą bardzo tanie zestawy DiscoveryKit z nowymi mikrokontrolerami (**fotografia 2**), których budowa i wyposażenie są podobne do dobrze znanych na rynku DiscoveryKitów dla starszych rodzin STM32. Na płytce zestawu zintegrowano m.in. programator-debugger zgodny z ST-LinkV2 (pracuje w trybie SWD), a na potrzeby osób chcących przełamać potencjalne kłopoty podczas samodzielnego odkrywania tajników nowych mikrokontrolerów przygo-



Fot. 2. Wygląd zestawu Discovery Kit z mikrokontrolerem z rodziny STM32-F4

Marketing nie zastąpi „realu”

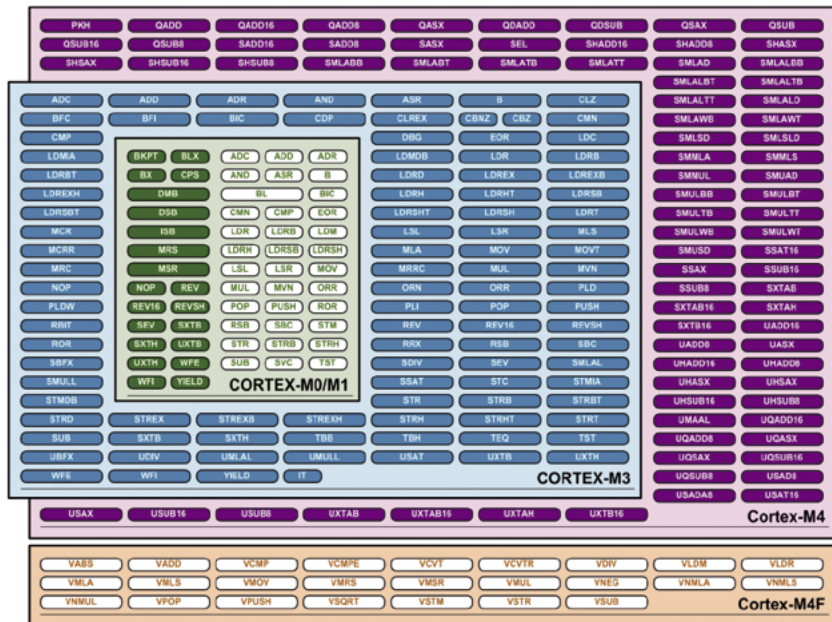
Jednym z podstawowych celów większości współczesnych producentów mikrokontrolerów jest wprowadzenie do swojej oferty produkcyjnej „czegoś” z Cortsów. Do tego dobrze by było, że być pierwszym w jakimś segmencie cortsowego rynku.

Dotychczas kilku producentów mikrokontrolerów ogłosiło się pionierami rdzeni Cortex-M4, ale – jak pokazuje sklepowa praktyka – w większości były to chwyt marketingowe oraz niezbyt udane próby wdrożeń („niezbyt udane” ze względu na ograniczenia funkcjonalne lub czasowe krzemowych implementacji rdzeni). Wiele wskazuje na to, że pod koniec listopada w większości sklepów z podzespołami będzie można kupić przynajmniej kilka typów mikrokontrolerów STM32-F4. W ten sposób po raz kolejny rzeczywistość wygra z marketingowymi imaginacjami.

towano projekty referencyjne dla typowych środowisk programistycznych: EWARM, MDK-ARM, TrueSTUDIO oraz TASKING. W skład wyposażenia sprzętowego zestawu Discovery wchodzi także konwerter audio C/A zintegrowany ze wzmacniaczem pracującym w klasie D, MEMS-owy mikrofon z oferty STMicroelectronics (MP45DT02), a także 3-osiowy, MEMS-owy czujnik przyspieszenia LIS302DL. Użytkownicy zestawu mogą wygodnie prowadzić próby z interfejsem USB-OTG (płytkę wyposażono w złącze USB A/B), komfort korzystania z zestawu podnoszą zainstalowane na płytce diody LED i przyciski. Niebagatelnym atutem prezentowanego zestawu są wyprowadzone na standardowe gold-piny 2,54 mm linie GPIO mikrokontrolera, łatwo dostępne także dla tych konstruktorów, którzy swoje pomysły weryfikują na płytkach zaciskowych (*bread-boardach*).

W skład rodziny mikrokontrolerów STM32 wchodzi obecnie ponad 250 różnych wersji układów, w wielu przypadkach wzajemnie kompatybilnych ze sobą pinowo. Uporządkowanie budowy peryferiów im-

Najistotniejszą różnicą pomiędzy STM32-F4 i starszymi rodzinami mikrokontrolerów STM32 jest zastąpienie w nich rdzenia Cortex-M3 jego rozszerzoną wersją, wyposażoną w sprzętową jednostkę FPU (*Floating Point Unit*) o pojedynczej precyzji, możliwość dekodowania zestawu jednostkowych instrukcji wspomagających realizację algorytmów DSP, a także zwiększoną do 168 MHz częstotliwość sygnału taktującego CPU (przy zachowaniu poboru prądu przez CPU na poziomie 230 $\mu\text{A}/\text{MHz}$!). Właśnie te elementy wyposażenia nowych mikrokontrolerów wyznaczają ich obszary aplikacyjne, dotąd zarezerwowane głównie dla procesorów DSP i/lub mikrokontrolerów DSC (*Digital Signal Controllers*). Sztandarowym przykładem jest wyposażenie STM32-F4 w jednostkę MAC (*Multiply-Accumulates*), która pozwala wykonać w jednym taktie zegara operację mnożenia dwóch liczb 32-bitowych i dodanie uzyskanego wyniku do liczby 64-bitowej.



Na rysunku powyżej pokazano zestawienie „obszarów” instrukcji obsługiwanych przez wszystkie rdzenie Cortex-M, jak widać Cortex-M4 obsługuje znacznie więcej instrukcji niż Cortex-M3, co pozwala na wykonywanie wielu złożonych operacji na danych za pomocą pojedynczych poleceń assemblerowych. Ponieważ STM32-F4 wyposażono w sprzętową jednostkę FPU, ich jednostka centralna dekoduje także instrukcje zaznaczone na rysunku 1 jako obsługiwane przez rdzeń Cortex-M4F – w rzeczywistości to on jest „sercem” nowych mikrokontrolerów firmy STMicroelectronics.

Common core peripherals and architecture:

Communication peripherals: USART, SPI, I2C
Multiple general-purpose timers
Integrated reset and brown-out warning
Multiple DMA
2x watchdogs
Real-time clock
Integrated regulator
PLL and clock circuit
External memory interface (FSMC)
Dual 12-bit DAC
Up to 3x 12-bit ADC (up to 0.41 μs)
Main oscillator and 32 kHz oscillator
Low-speed and high-speed internal RC oscillators
-40 to +85 °C and up to 105 °C operating temperature range
Low voltage 2.0 to 3.6 V or 1.65/1.7 to 3.6 V (depending on series) 5.0 V tolerant I/Os
Temperature sensor

STM32 F4 series - High performance with DSP (STM32F405/415/407/417)								
168 MHz Cortex-M4 with DSP and FPU	Up to 192-Kbyte SRAM	Up to 1-Mbyte Flash	2x USB 2.0 OTG FS/HS	3-phase MC timer	2x CAN 2.0B	SDIO 2x PS audio Camera IF	Ethernet IEEE 1588	Crypto/hash processor and RNG
STM32 F2 series - High performance (STM32F205/215/207/217)								
120 MHz Cortex-M3 CPU	Up to 128-Kbyte SRAM	Up to 1-Mbyte Flash	2x USB 2.0 OTG FS/HS	3-phase MC timer	2x CAN 2.0B	SDIO 2x PS audio Camera IF	Ethernet IEEE 1588	Crypto/hash processor and RNG
STM32 F1 series - Connectivity line (STM32F105/1107)								
72 MHz Cortex-M3 CPU	Up to 64-Kbyte SRAM	Up to 256-Kbyte Flash	USB 2.0 OTG FS	3-phase MC timer	2x CAN 2.0B	2x PS audio	Ethernet IEEE 1588	
STM32 F1 series - Performance line (STM32F103)								
72 MHz Cortex-M3 CPU	Up to 96-Kbyte SRAM	Up to 1-Mbyte Flash	USB FS device	3-phase MC timer	CAN 2.0B	SDIO 2x PS		
STM32 F1 series - USB Access line (STM32F102)								
48 MHz Cortex-M3 CPU	Up to 16-Kbyte SRAM	Up to 128-Kbyte Flash	USB FS device					
STM32 F1 series - Access line (STM32F101)								
36 MHz Cortex-M3 CPU	Up to 80-Kbyte SRAM	Up to 1-Mbyte Flash						
STM32 F1 series - Value line (STM32F100)								
24 MHz Cortex-M3 CPU	Up to 32-Kbyte SRAM	Up to 512-Kbyte Flash	3-phase MC timer	CEC				
STM32 L1 series - Ultra-low-power (STM32F151/152)								
32 MHz Cortex-M3 CPU	Up to 48-Kbyte SRAM	Up to 384-Kbyte Flash	USB FS device	Data EEPROM up to 12 Kbytes	LCD 8x40 4x44	Comparator	BOR MSI VScal	AES 128-bit

Rys. 3. Wyposażenie i możliwości poszczególnych podrodziny tworzących rodzinę STM32

plementowanych w STM32 upraszcza tworzenie uniwersalnych, łatwo przenośnych aplikacji, w czym pomocne są także biblioteki CMSIS. Na **ryśunku 4** przedstawiono uproszczone schematy blokowe obecnie dostępnych grup mikrokontrolerów tworzą-

cych rodzinę STM32. Na rysunku tym można łatwo oszacować potencjał techniczny tej rodziny, jak i jej potęgę rynkową. Na horyzoncie zdarzeń – jak na razie – żadnego zagrożenia nie widać...

Tomasz Starak, EP