

Tanie narzędzia startowe dla Cortex-M7 z oferty STMicroelectronics (STM32F7)

Mikrokontrolery STM32F7 dzięki budowie i możliwościom zastosowanego w nich rdzenia Cortex-M7 stanowią swoisty wydajnościowy pomost pomiędzy mikrokontrolerami i mikroprocesorami. Rdzeń może być taktowany z częstotliwością do 216 MHz, co przy średniej wydajności 2,14 DMIPS/MHz daje wynik 462 DMIPS, w przypadku zoptymalizowanych programów nawet 3,23 DMIPS/MHz (5 CoreMark/MHz).

Od strony technicznej Cortex-M7 to rozbudowana wersja rdzenia Cortex-M4, przystosowana do współpracy z szybką pamięcią SRAM TCM (dla danych i instrukcji programu), wyposażoną w pamięci cache dla danych i instrukcji (rysunek 1), a także zaawansowany 6-poziomowy mechanizm przetwarzania potokowego z predykcją oraz sprzętowym wsparciem superskalarnej wykonywania programu.

Architektura rdzenia Cortex-M7 jest taka sama jak w przypadku rdzenia Cortex-M3 i Cortex-M4 (zgodnie z nomenklaturą firmy ARM nosi ona oznaczenie ARMv7E-M), a jego działanie jest zgodne z definicją architektury Harvard: magistrale zapewniające komunikację z pamięcią danych i poleceń są rozdzielone. Firma ARM w opisie konstrukcyjnym rdzenia użyła nowych mechanizmów obniżających pobór mocy, które są dostępne opcjonalnie podczas implementacji rdzenia w nowoczesnych technologiach półprzewodnikowych, charakteryzujących się niewielkim wymiarem charakterystycznym.

Ważnym udoskonaleniem wprowadzonym w rdzeniu Cortex-M7 jest nowa magistrala komunikacyjna, która ma wpływ na wypadkową prędkość pracy mikrokontrolera: Master AXI (AXIM). Zapewnia ona „splatanie” kilku kanałów magistrali AHB w jeden, bardzo szybki kanał dwukierunkowej komunikacji rdzenia z otoczeniem (w rdzeniach Cortex-M4 rdzeń komunikuje się z otoczeniem za pomocą „standardowych” interfejsów-magistral AHB).

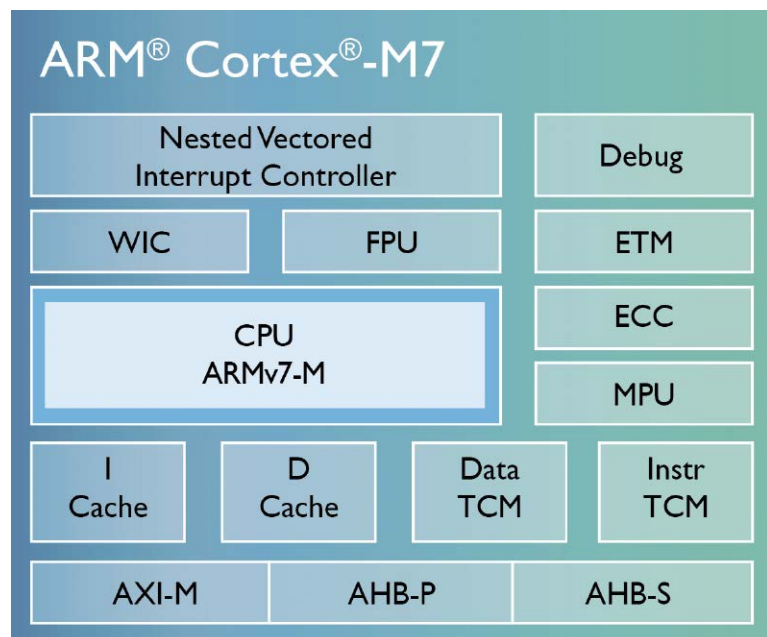
Rozwiązania zastosowane przez firmę ARM w rdzeniu Cortex-M7 pozwalają na szybszy niż w przypadku poprzedników dostęp rdzenia do zawartości pamięci SRAM i Flash, oczywiście przy założeniu, że konstrukcja pamięci umożliwia bezpośredni odczyt danych z relatywnie wysoką częstotliwością

(dla typowych pamięci nieulotnych za taką uchodzi próg 70...90 MHz). Żeby uniknąć efektu „wąskiego gardła” w dostępie do zawartości pamięci Flash, producenci stosują różne rozwiązania, na przykład w mikrokontrolerach STM32 pobieranie danych z pamięci Flash jest buforowane za pomocą sprzętowego akceleratora ART (*Adaptive Real-Time*). Jego działanie polega m.in. na dekompozycji 128-bitowych słów przechowywanych w pamięci Flash na słowa 16- lub 32-bitowe, które są kolejgowane w lokalnej (wbudowanej w ART) pamięci cache. Według informacji publikowanych przez producenta, mechanizmy usprawniające dostęp do zawartości Flash spowodowały, że nie ma konieczności używania podczas odczytu *wait-state*’ów dotychczas istotnie zmniejszających realną prędkość transferu danych.

Efekty zabiegów konstruktorów mikrokontrolerów STM32F7 widać w ich wydajności: przy maksymalnej dopuszczalnej częstotliwości taktowania CPU, wynoszącej obecnie 216 MHz, uzyskiwana jest wartość CoreMark na poziomie bliskim wartości 1100 (vs 608 w przypadku STM32F4 @180 MHz), a zgodnie z wybiegającymi w niezbyt odległą przyszłość zapowiedziami producenta, planowane jest osiągnięcie wyniku testu CoreMark o wartości 2000.

Producent opracowując mikrokontrolery STM32F7 zadbał o wyposażenie ich w bogaty zestaw elementów peryferyjnych (schemat blokowy pokazano na rysunku 2), w skład którego wchodzi wszystkie interfejsy znane z poprzednich generacji mikrokontrolerów oraz kilka nowych rozwiązań, w tym m.in.:

- zmodyfikowany podsystem generacji sygnałów zegarowych, pozwalający na modyfikację częstotliwości taktowania bloków peryferyjnych bez konieczności zmiany ustawień taktowania CPU,
- dwukanałowy transceiver I²S z obsługą SPDIF oraz 3 półduplexowe kanały wejściowe SPDIF, interfejsy USB-OTG z wydzielonym zasilaniem, co pozwala



Rysunek 1. Schemat blokowy rdzenia Cortex-M7

korzystać z tego interfejsu także przy zasilaniu mikrokontrolera napięciem 1,8 V,

- dwa interfejsy QSPI, które sprzętowo realizują transmisję danych z pamięciami wyposażonymi w 1-, 4- lub 8-bitowe interfejsy komunikacyjne.

Mogłoby się wydawać, że bogate wyposażenie wewnętrzne i duże możliwości obliczeniowe muszą spowodować wzrost mocy pobieranej podczas pracy, ale według zapewnień producenta cechy te nie

wpłynęły na pogorszenie ich parametrów „oszczędnościowych” w porównaniu z układami STM32F4, co pozwoliło uzyskać wynik 7 CoreMark/mW w trybie Run, statyczny pobór 120 μ A w trybie STOP z podtrzymaniem zawartości pamięci SRAM, 1,7 μ A w trybie STANDBY oraz 0,1 μ A w trybie VBAT.

Producent przygotował tani zestaw startowy dla mikrokontrolerów STM32F7 – STM32F746G-DISCOVERY (fotografia 3) – który umożliwia wygodne zweryfikowanie

działania mikrokontrolera STM32F746NGH6 (1 MB Flash, 320 kB SRAM, 216 MHz) w wymagającym otoczeniu: z zewnętrzną pamięcią SDRAM, wyświetlaczem graficznym LCD-TFT WQVGA, interfejsem Ethernet i kodekiem audio. Fizyczne wymiary prezentowanego zestawu są większe niż dotychczasowych DISCOVERY z mikrokontrolerami STM32, co wynika przede wszystkim z użycia w nim dużego wyświetlacza LCD-TFT, który stanowi integralną część zestawu. Przekątna wyświetlacza wynosi 4,3 cala, wymiary matrycy 480×272 punktów, moduł wyświetlacza został wyposażony w zintegrowany, pojemnościowy touch-panel z kontrolerem na I²C.

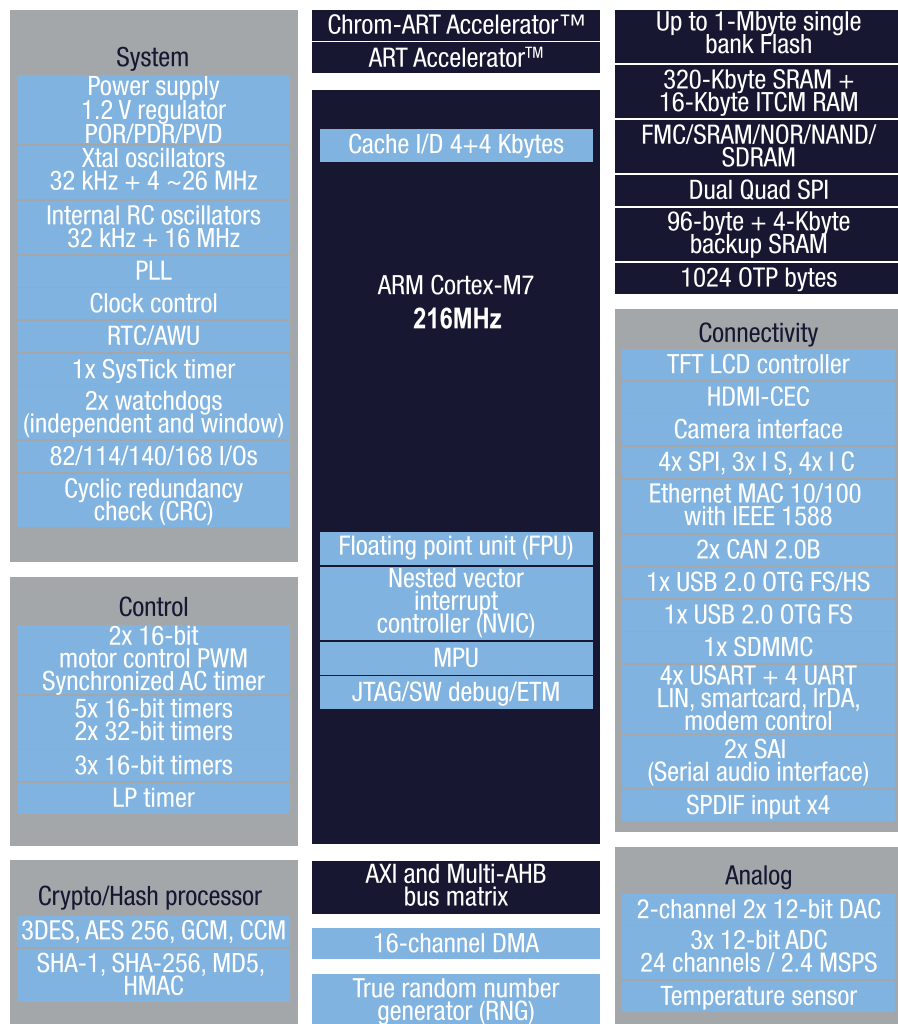
Wyposażenie prezentowanego zestawu należy do ponadstandardowych jak na tanie rozwiązanie mikrokontrolerowe, bowiem STM32F746G-DISCOVERY jest kompletnym komputerem sieciowym! W skład wyposażenia zestawu wchodzi:

- pamięci NOR Flash z interfejsem QSPI (128 Mb),
- pamięć SDRAM o pojemności 128 Mb (z czego mikrokontroler obsługuje 64 Mb),
- kodek audio WM8994 ze stereofonicznymi: wyjściem słuchawkowym, wyjściami głośnikowymi i wejściem liniowym,
- wejście cyfrowego audio SPDIF,
- interfejs Ethernet 10/100 bazujący na zewnętrznym MAC, komunikującym się z mikrokontrolerem poprzez interfejs RMII,
- złącza: kart MicroSD i kamery CCD (dołączony interfejs DCMI) oraz złącza Arduino Rev.3 (jak w zestawach STM32 NUCLEO), które umożliwiają montaż shieldów przystosowanych do zasilania napięciem 3,3 V,
- interfejsy USB OTG w wersjach: FS (PHY wbudowany w mikrokontroler) oraz HS (z zewnętrznym PHY USB320C, który komunikuje się z mikrokontrolerem za pomocą interfejsu ULPI).

Atutem prezentowanego zestawu są złącza zgodne z Arduino Rev. 3, w których można instalować *shields* przystosowane do zasilania napięciem I/O o wartości 3,3 V. Producent zachował dużą zgodność wyprodukowanych ze specyfikacją Arduino, bowiem zestaw można zasilac – jako jednego ze źródeł – także z napięcia zewnętrznego Vin.

Prezentowany w artykule zestaw STM32F746G-DISCOVERY wyposażony – podobnie do starszych modeli DISCOVERY – w dwa mikroswitche (w tym tylko jeden dla użytkownika), złącze dla ekspandera z pamięciami EEPROM nfc (M24SR/M24LR) oraz programator-debugger ST-Link/V2-1. Programator jest przystosowany do współpracy ze środowiskiem *mbed.org*.

Andrzej Gawryluk



Rysunek 2. Schemat blokowy mikrokontrolerów STM32F75x



Fotografia 3. Wygląd zestawu STM32F746G-DISCOVERY