



# New ultra-low-power MCUs with USB and LCD



Active	ARM Cortex™-M0+ at 32 MHz Flash + RAM + EEPROM Dynamic voltage scaling (DVS) 170 µA/MHz down to 87 µA/MHz (from Flash)
Sleep	RAM + EEPROM DMA + USART + SPI + I C High-speed oscillator + WWDG + all timers Down to 45 µA
LP-Run	Cortex™ M0+ with Flash + RAM + EEPROM DMA + USART + SPI + I C High-speed oscillator + WWDG + all timers Down to 8 µA
LP-Sleep	RAM + EEPROM DMA + USART + SPI + I C High-speed oscillator + WWDG + all timers Down to 4 µA
Stop	Full RAM - 400 nA RTC 32 kHz - 400 nA/LTC 100 Hz 40 nA Low-power timer/low-power UART LCD, USB, DAC, LP timer, LP UART, comparator optional 3.5 µs wakeup
Standby	POR + PDR + PVD + AWU + IWDG RTC + 20 byte + 3xGPIO 270 nA - 50 µs wakeup

Values given at  $V_{DD} = 3.3 V$

Rys. 1. Deklarowane przez producenta pobory mocy przez CPU w różnych trybach pracy

(STM32L1). Nowością w ofercie firmy – mikrokontrolery STM32L0 – także należą do linii zoptymalizowanej pod kątem minimalizacji poboru mocy, zastosowano w nich nowy rdzeń – Cortex-M0+. Rdzeń ten jest udoskonaloną wersją rdzenia Cortex-M0 (stosowanego m.in. w mikrokontrolerach STM32F0), zwiększono jego wydajność i możliwości, zmniejszono jednocześnie pobór mocy i elastyczność implementacji w krzemie.

Na rysunku 1 pokazano deklarowane przez producenta pobory mocy przez CPU w różnych trybach pracy, których mnogość jest jednym z elementów pozwalających zminimalizować pobór prądu przez mikrokontroler.

Na trybach oszczędzania energii CPU nie kończy się optymalizacja mikrokontrolerów STM32L0 do stosowania w aplikacjach wymagających podzespołów energooszczędnych: producent zastosował w nich ponadto bloki periferyjne o zminimalizowanym poborze mocy:

- przetwornik A/C pobierający zaledwie ok. 200 µA przy częstotliwości próbkowania 1,14 MHz,
- interfejs komunikacyjny LPUART, który może realizować duplexową transmisję danych z prędkością od 300 do 9600 b/s z wykorzystaniem wewnętrznego gene-

ratora taktującego 32,768 kHz (wyższe prędkości są możliwe przy zastosowaniu generatora taktującego o większej częstotliwości) i którego wyposażenie umożliwia szybkie wybudzenie CPU z trybu STOP,

- 16-bitowy timer LPTIM przystosowany do realizacji funkcji odmierzenia „time-outów” podczas uśpienia CPU, a także realizacji innych funkcji licznikowych bez ingerencji CPU i aktywnego wewnętrznego generatora taktującego,
- zegar RTC przystosowany do konfigurowanego przez aplikację użytkownika wybudzenia CPU z trybów uśpienia STOP, STANDBY i SLEEP.

Wspólnymi elementami wyposażenia wszystkich mikrokontrolerów STM32L0

Common features
Cortex™-M0+ 32 MHz speed with MPU and MUL
AES 128-bit
Firewall protection (Flash and RAM)
Built-in 16 MHz, 4,2MHz and 38 kHz RC oscillators
Multiple USART, SPI, I2C Low-power UART
Multiple 16-bit timers Low-power 16-bit timer
2x watchdogs
Reset circuitry POR/PDR
Brown Out Reset Program Voltage Detector
2x comparators
Dynamic Voltage Scaling

### STM32L0x3 – USB & LCD line – 32-K to 192-Kbyte Flash

Up to 192-KB Flash <sup>1</sup>	16-KB SRAM	Up to 6-KB EEPROM	Main osc. input 1-24 MHz	RTC with 32 kHz osc.	7 ch DMA	ADC 12-bit 1MSPS 12-ch	DAC 2x 12-bit	USB2.0 Crystal Less, LPM, BCD	Touch Sense	True RNG	LCD 8x48 4x52
---------------------------------	------------	-------------------	--------------------------	----------------------	----------	------------------------	---------------	-------------------------------	-------------	----------	---------------

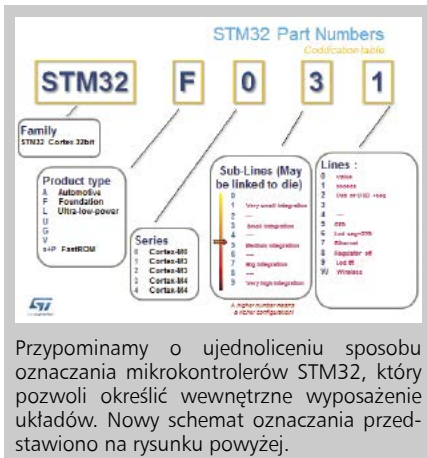
### STM32L0x2 – USB line - 32 to 192-Kbyte Flash

Up to 192-KB Flash <sup>1</sup>	16-KB SRAM	Up to 6-KB EEPROM	Main osc. input 1-24 MHz	RTC with 32 kHz osc.	7 ch DMA	12-bit ADC 1MSPS 12-ch	DAC 2x 12-bit	USB2.0 Crystal Less, LPM, BCD	Touch Sense	True RNG
---------------------------------	------------	-------------------	--------------------------	----------------------	----------	------------------------	---------------	-------------------------------	-------------	----------

### STM32L0x1 – Access line - 16-K to 192-Kbyte Flash

Up to 192-KB Flash <sup>1</sup>	16-KB SRAM	Up to 6-KB EEPROM	Main osc. input 1-24 MHz	RTC with 32 kHz osc.	4 ch DMA	12-bit ADC 1MSPS 12-ch
---------------------------------	------------	-------------------	--------------------------	----------------------	----------	------------------------

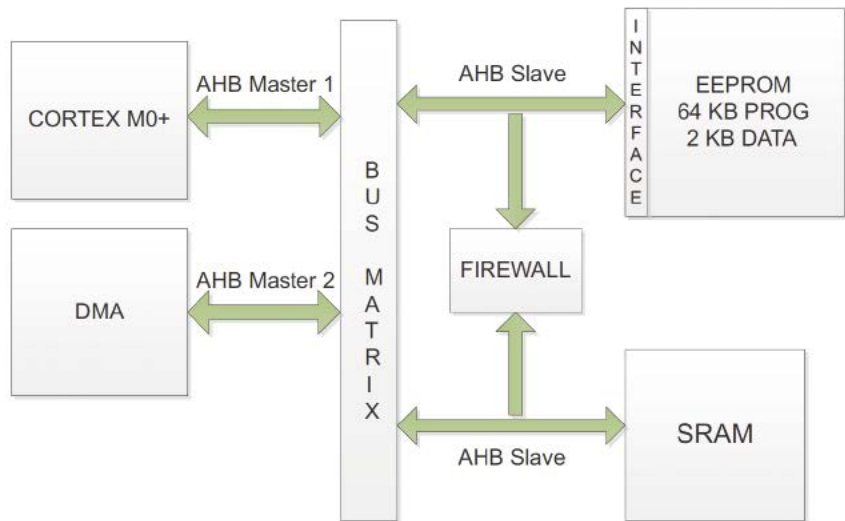
Rys. 2. Schemat blokowy ilustrujący budowę mikrokontrolerów z rodziny STM32L0



Przypominamy o ujednoczeniu sposobu oznaczania mikrokontrolerów STM32, który pozwoli określić wewnętrzne wyposażenie układów. Nowy schemat oznaczania przedstawiono na rysunku powyżej.

są także m.in. (rysunek 2): wbudowana pamięć EEPROM (fizycznie zaimplementowana, a nie emulowana w pamięci Flash), kontroler DMA, komparatory analogowe oraz interfejsy komunikacyjne SPI (z obsługą trybu I<sup>2</sup>S), I<sup>2</sup>C z FM+ i nie wymagający stosowania specjalnego rezonatora kwarcowego interfejs USB (z obsługą trybów BCD i LPM), a także 96-bitowy sprzętowy numer seryjny struktury, pozwalający zidentyfikować urządzenie z wbudowanym mikrokontrolerem.

Przetwornik A/C wbudowany w mikrokontrolery STM32L0 jest przez producenta reklamowany jako 12-/16-bitowy, co wynika z faktu wyposażenia go w sprzętowy oversampling, który umożliwia zwiększenie jego rozdzielczości do 16 bitów (co się wiąże ze zwiększeniem ilości energii potrzebnej do wykonania konwersji). W zależności od potrzeb liczbę nadpróbkowań użytkownik może samodzielnie ustalić w zakresie od 2 do 256 (z krokiem 2<sup>n</sup>).



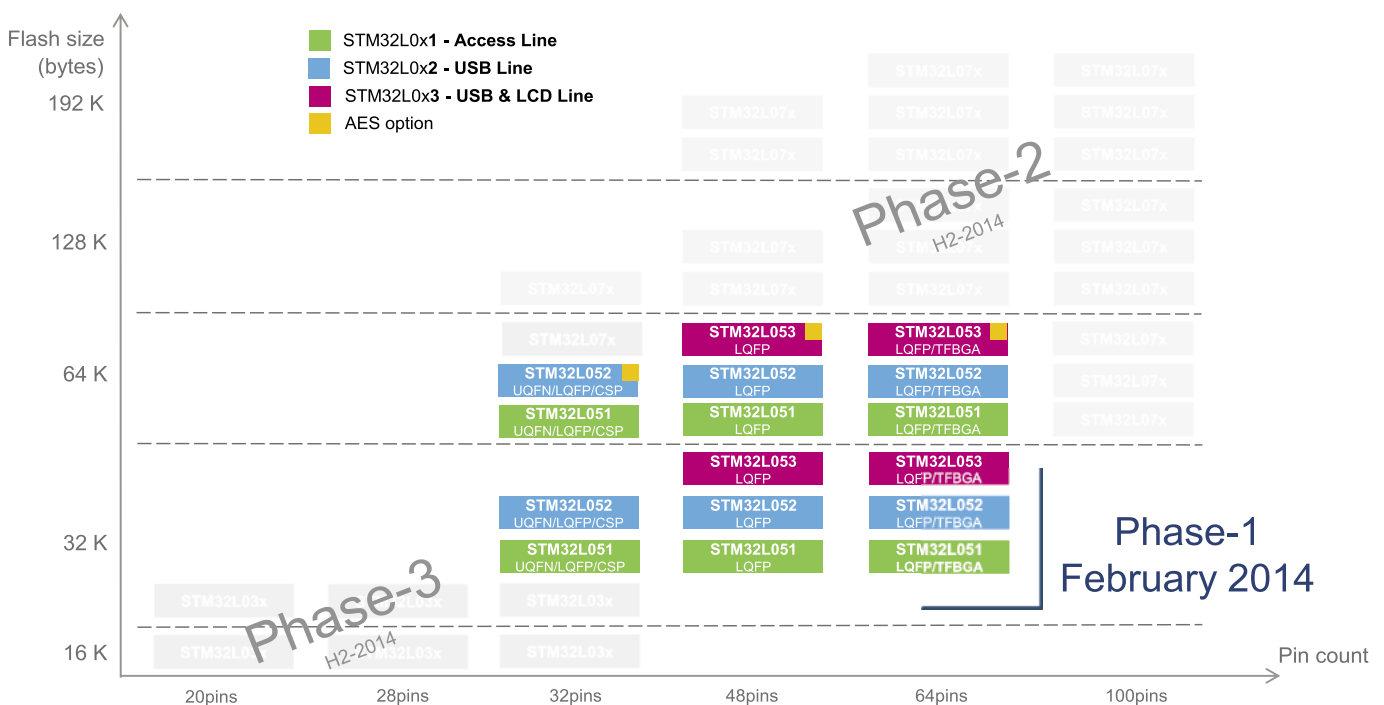
Rys. 3. Elementem wyposażenia mikrokontrolerów STM32L0 jest sprzętowy firewall, chroniący zadane przez użytkownika obszary pamięci

Nowością w wyposażeniu mikrokontrolerów STM32L0 jest sprzętowy *firewall* (rysunek 3), którego zadaniem jest ochrona zawartości zadanych obszarów pamięci nieulotnej oraz RAM przed odczytem przez program uruchamiany z pamięci Flash lub RAM ulokowanych w obszarze niechronionym. Działaniem tego bloku użytkownik może sterować z poziomu swojego programu, włączając i wyłączając ochronę w zależności od bieżących potrzeb. Obszary chronione – w zależności od wybranego segmentu pamięci – mogą mieć rozmiary od 256 B do 64 kB z krokiem 256 B (segment programu i pamięć nieulotna) lub 64 B do 8 kB z krokiem 64 B (pamięć RAM). *Firewall* jest dostępny w mikrokontrolerach z podrodzin STM32L0x2 oraz STM32L0x3.

Część wewnętrznego wyposażenia jest dostępna wyłącznie w niektórych typach mikrokontrolerów, jak na przykład:

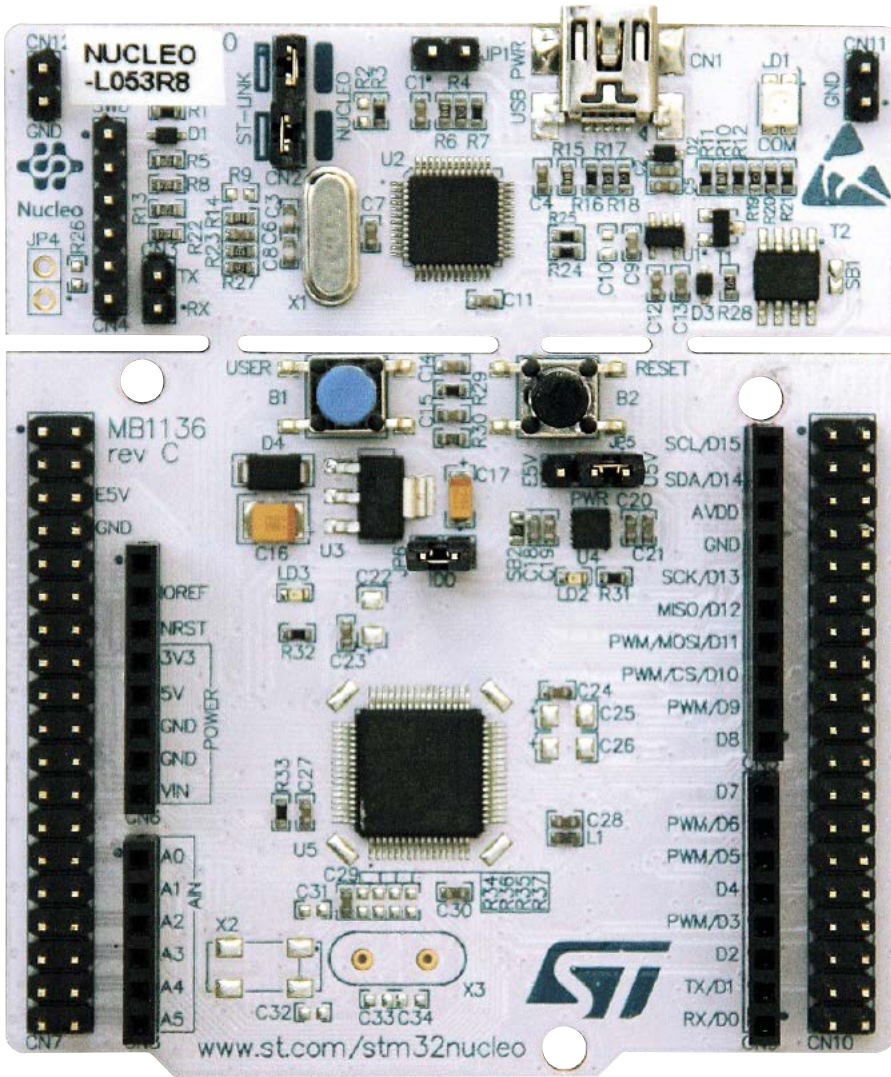
- koprocesor kryptograficzny AES128, który jest wbudowywany w układy STM32L063x8,
- kontroler LCD o organizacji 8x48 wbudowany w mikrokontrolery STM32L0x3,
- interfejsy USB 2.0FS wbudowane w mikrokontrolery STM32L0x2 i STM32L0x3.

Na rysunku 4 pokazano produkowane już modele mikrokontrolerów STM32L0, a także planowane ich wdrożenia z podziałem na fazy. Mikrokontrolery wyposażone w pamięć Flash o pojemności powyżej 128 kB będą miały dzieloną ją na dwa segmenty, co ułatwi m.in. wymianę firmware'u.



Rys. 4. Produkowane modele mikrokontrolerów STM32L0 oraz wdrożenia planowane w najbliższym czasie





Fot. 5. Wygląd zestawu STM32Nucleo z mikrokontrolerem STM32L053

Swoim zwyczajem, firma STMicroelectronics wraz z nowymi mikrokontrolerami wprowadziła do sprzedaży tanie zestawy startowe, przy czym tym razem jako pierwsze na rynku znalazły się zestawy z serii iSTM32Nucleo (fotografia 5). Jest to nowa rodzina zestawów ewaluacyjnych

z mikrokontrolerami STM32, które od niezwykle popularnych Discovery różni m.in.:

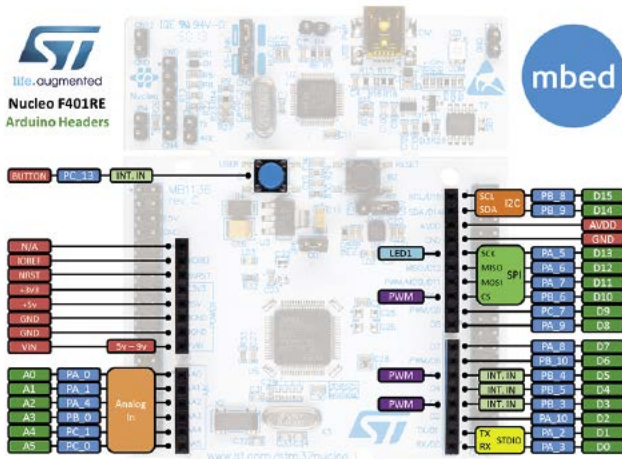
- sprzętowa zgodność z płytkami systemu Arduino (rysunek 6),
- wyposażenie w złącza nowego systemu połączeniowego ST Morpho (rysunek 7),



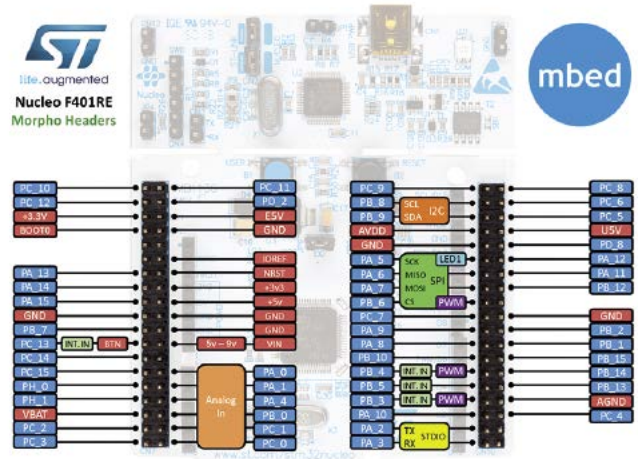
Fot. 8. Wygląd zestawu DISCOVERY dla mikrokontrolerów STM32L0

- współpraca z bezpłatnym, internetowym pakietem narzędziowym mbed.

Zestaw STM32Nucleo jest wyposażony w zintegrowany programator/debuger ST-LINK/V2-1 (ze zmodyfikowanym firmware, który współpracuje z pakietem mbed), podsystem zasilania, trzy diody LED (w tym jedna dla aplikacji użytkownika, jedna sygnalizująca włączenie zasilania i jedna dwukolorowa – spełnia rolę sygnalizacyjną w programatorze), dwa przyciski (w tym jeden RESET), złącze miniUSB (do zasilania, komunikacji z mikrokontrolerem aplikacji via wirtualny COM, emulacji urządzenia klasy *mass storage* oraz komunikacji z programatorem ST-Link). Standardowym wyposażeniem prezentowanych zestawów są także złącza z wyprowadzonymi GPIO, co zapewnia im między innymi kompatybilność z płytkami systemu Arduino (*shields*).

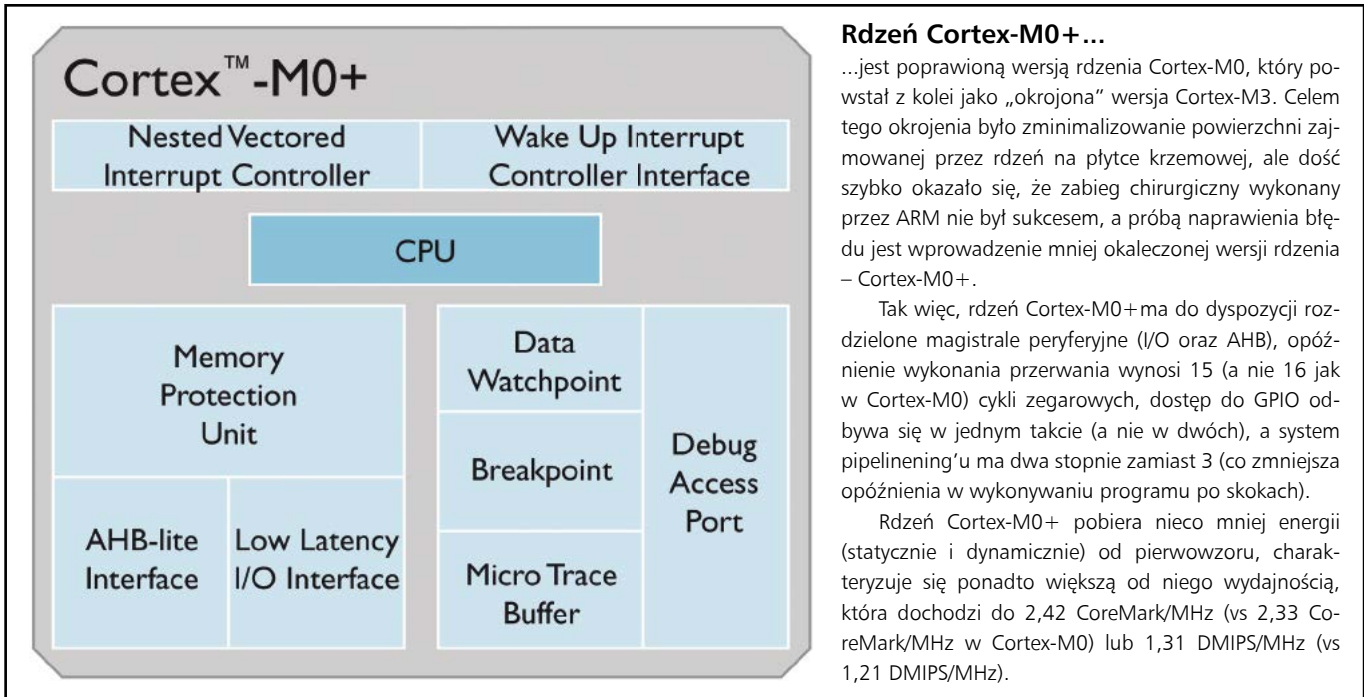


Rys. 6. Zestawy STM32Nucleo są sprzętowo zgodne z systemem Arduino



Rys. 7. Zestawy STM32Nucleo wyposażono w alternatywny system złącz o nazwie ST Morpho





**Rdzeń Cortex-M0+...**

...jest poprawioną wersją rdzenia Cortex-M0, który powstał z kolei jako „okrojona” wersja Cortex-M3. Celem tego okrojenia było zminimalizowanie powierzchni zajmowanej przez rdzeń na płycie krzemowej, ale dość szybko okazało się, że zabieg chirurgiczny wykonany przez ARM nie był sukcesem, a próbą naprawienia błędu jest wprowadzenie mniej okaleczonej wersji rdzenia – Cortex-M0+.

Tak więc, rdzeń Cortex-M0+ ma do dyspozycji rozdzielone magistrale peryferyjne (I/O oraz AHB), opóźnienie wykonania przerwania wynosi 15 (a nie 16 jak w Cortex-M0) cykli zegarowych, dostęp do GPIO odbywa się w jednym taktie (a nie w dwóch), a system pipelining’u ma dwa stopnie zamiast 3 (co zmniejsza opóźnienia w wykonywaniu programu po skokach).

Rdzeń Cortex-M0+ pobiera nieco mniej energii (statycznie i dynamicznie) od pierwowzoru, charakteryzuje się ponadto większą od niego wydajnością, która dochodzi do 2,42 CoreMark/MHz (vs 2,33 CoreMark/MHz w Cortex-M0) lub 1,31 DMIPS/MHz (vs 1,21 DMIPS/MHz).

Mikrokontrolery w prezentowanych zestawach wykorzystują wewnętrzne generatory taktujące, ale producent przewidział miejsca na PCB umożliwiające montaż rezonatorów kwarcowych (32,768 kHz dla RTC i głównego). Na ewaluacyjnej części płytki zastosowano także zworkę, która umożliwia zmierzenie poboru prądu przez mikrokontroler. Warto pamiętać, że mikrokontroler programatora realizuje także funkcję wirtualnego COM, którego linie Rx i Tx wyprowadzono na złącze gold-pin płytki programatora, dzięki czemu można je podłączyć

do dowolnych linii testowanego mikrokontrolera.

Wspomnianym atutem płytek Nucleo jest ich zgodność z internetowym pakietem narzędziowym mbed ([www.mbed.org](http://www.mbed.org)), dla którego są one natywnymi platformami sprzętowymi. Nie oznacza to jednak, że konstruktorzy przyzwyczajeni do innych środowisk będą musieli zmienić swoje przyzwyczajenia: wbudowany w zestawy programator jest zgodny z popularnym ST-Link/v2, dzięki czemu testowany mikrokontroler można programować z poziomu wszystkich popularnych pakietów

narzędziowych, jak na przykład: Keil MDK (mVision), IAR EWARM (Workbench), czy Atollic TrueStudio.

Producent zapowiada także wprowadzenie do sprzedaży zestawu DISCOVERY z wyświetlaczem e-paper (fotografia 8) oraz klasycznego „evala” z wyświetlaczem LCD-TFT i monochromatycznym wyświetlaczem segmentowym, sterowanym bezpośrednio przez wewnętrzny kontroler mikrokontrolera STM32L0. Przedstawimy je w EP już wkrótce!

**Andrzej Gawryluk**

REKLAMA

**Jesteś mobilny? My również.**



-   
Wydanie papierowe
-   
Portal automatykaB2B.pl
-   
Cyfrowe e-wydanie
-   
Wydanie dla iPada
-   
Strona mobilna

**Miesięcznik APA dostępny jest jako wydanie papierowe oraz w kilku wersjach cyfrowych.**