

Arduino to Twoja specjalność?

Freedom daje Ci 32-bitową alternatywę!

System modułów Arduino – pomimo (a może dzięki niemu?) elementarnego podejścia do mikrokontrolerów – z sukcesami podbija świat elektroniki i zdobywa coraz większe uznanie także wśród profesjonalistów. Sprzyja temu dostępna, powiększająca się liczba modułów peryferyjnych i płytek CPU o rosnącym stopniu zaawansowania, w których są stosowane coraz szybsze i coraz lepiej wyposażone mikrokontrolery, a oprócz tego w wielu przypadkach nie są to AVR-y...



Przykładem drobnej rewolucji sprzętowej w systemie Arduino jest nowy, niezwykle tani, zestaw startowy firmy Freescale o nazwie Freedom KL25Z (FRDM-KL25Z, widoczny z innymi zestawami kompatybilnymi z Arduino na **fotografii 1**), w którym zastosowano 32-bitowy mikrokontroler z najnowszej rodziny produkowanej przez Freescale – Kinetis L. Freescale jest obecnie jedyną firmą, która ma w ofercie mikrokontrolery z rdzeniami Cortex-M0+ firmy ARM.

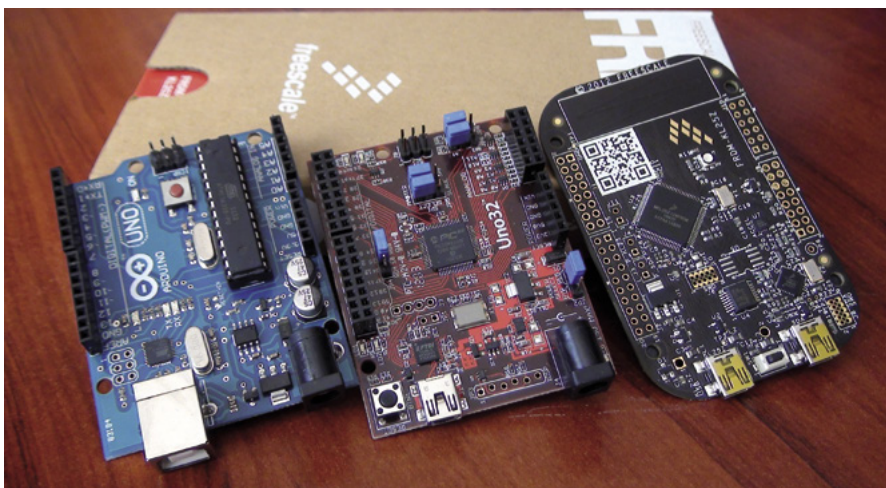
Tajniki Cortex-M0+

Rdzeń zastosowany w mikrokontrolerach Kinetis L jest istotnie unowocześnioną wersją popularnego Cortex-M0, którego zadaniem – w założeniach firmy ARM - było zapewnienie możliwości produkowania tanich mikrokontrolerów 32-bitowych, konkurencyjnych względem dostępnych na rynku 8-bitowców. Rdzenie Cortex-M0 i Cortex-M0+ są w znacznym stopniu zgodne z większym „rodzeństwem” – Cortex-M3 i Cortex-M4/M4F. Podstawowym uproszczeniem w stosunku do rdzenia M3 jest zredukowanie listy instrukcji asemblera do 56 rozkazów - są one podstawowym podzbiorem obsługiwanych przez wszystkie rdzenie Cortex-M. W rdzeniu Cortex-M0 zrezygnowano także z modułu MPU, uproszczono blok sprzętowego debugowania, zmodyfikowano interfejs łączący pamięć z CPU, zmniejszono liczbę przebrań obsługiwanych przez kontroler NVIC, uproszczeniem i redukcjom poddano także wiele innych fragmentów rdzenia. Zabiegi

te zaowocowały dwukrotnym zmniejszeniem dynamicznego poboru mocy przez Cortex-M0 w stosunku do Cortex-M3 oraz trzykrotnym zmniejszeniem powierzchni zajmowanej przez rdzeń. Obniżenie poboru mocy i zmniejszenie zajmowanej powierzchni odbiły się na wypadkowej wydajności rdzenia Cortex-M0, który zamiast prędkości wykonywania programu 1,25 DMIPS/MHz (Cortex-M3) uzyskiwał w testach zaledwie 0,84 DMIPS/MHz. Tak znaczne obniżenie prędkości wykonywania programów i krótka lista instrukcji (co czasami wymagało wykonywania dłuższych sekwencji programowych zamiast jednego polecenia) redukowały zalety wynikające z mniejszego nominalnego poboru mocy na jednostkę częstotliwości taktowania. Problemy zgłaszane przez użytkowników i producentów mikrokontrolerów wyposażonych w rdzenie Cortex-M0 zostały dostrzeżone także przez firmę ARM, co zaowocowało

wprowadzeniem do oferty zmodyfikowanej wersji rdzenia, nazwanej Cortex-M0+.

Nowy rdzeń charakteryzuje się jeszcze bardziej zmniejszonym poborem mocy, jednocześnie zwiększono prędkość wykonywania przez niego programów do 0,93 DMIPS/MHz i to pomimo zredukowania głębokości pipelining'u z trzech poziomów do dwóch. Integralną funkcją rdzenia Cortex-M0+ jest także jednotaktowy dostęp do portów GPIO, których obsługę zsynchronizowano z dostępem do pamięci rozkazów (synchronizacja odbywa się „przeciwnymi” zbozcami sygnału zegarowego) za pośrednictwem magistrali AHB-Lite. Firma ARM wróciła w Cortex-M0+ do niektórych wcześniejszych pomysłów, zweryfikowanych w praktyce w rdzeniach Cortex-M3 i Cortex-M4, między innymi:



Fotografia 1. Tani zestaw startowy firmy Freescale o nazwie Freedom KL25Z (FRDM-KL25Z)

Przykłady aplikacji, opis obsługi zestawu FREEDOM oraz filmy prezentujące jego możliwości są dostępne w portalu www.KINETIS.pl.

<http://www.youtube.com/watch?v=ZgJvnElrwFI>



Wygląd zapakowanych zestawów

- rdzeń wyposażono w kontroler MPU ze sprzętowym podziałem pamięci na 8 chronionych obszarów, co zapewnia łatwość zarządzania dostępem do przechowywanych danych,
- jest możliwa dynamiczna relokacja tablicy wektorów obsługi wyjątków,
- w rdzeniu Cortex-M0+ zintegrowano dodatkowe bloki sprzętowe wspomagające debugowanie jego pracy, w tym MTB (*Micro Trace Buffer*), który umożliwia wykorzystanie fragmentu RAM mikrokontrolera jako bufora kołowego przechowującego wybrany przez użytkownika zestaw danych.

Twórcy rdzenia Cortex-M0+ przewidzieli także mechanizmy umożliwiające jego współpracę z pamięciami Flash z magistrami danych o szerokości 16 bitów, co nie powinno mieć wpływu na jego wypadkową wydajność, ponieważ większość instrukcji z listy ARMv6-M jest 16-bitowa.

Rodzina Kinetis L w skrócie

Rodzina Kinetis L składa się z pięciu podrodzin: KL0 (*Entry Level*), KL1 (*General Purpose*), KL2 (*USB*), KL3 (*Segment LCD*) i KL4 (*USB + Segment LCD*). Porównanie ich podstawowych cech i wyposażenia przedstawiono na **rysunku 2** trzeba jednak pamiętać, że obecnie dostępne są jedynie wybrane modele z rodziny KL2. Rdzenie we wszystkich typach mikrokontrolerów Kinetis L są taktowane sygnałem o częstotliwości do 48 MHz, napięcia zasilania może mieć wartość od 1,71 do 3,6 V, wszystkie wersje wyposażono w następujące peryferia: przetworniki A/C o rozdzielczości 12 lub 16 bitów, przetwornik C/A o rozdzielczości 12 bitów, komparatory analogowe, kontrolery klawiatur bezstykowych, interfejsy komunikacyjne (SPI, I²C, UART), moduł DMA oraz timery.

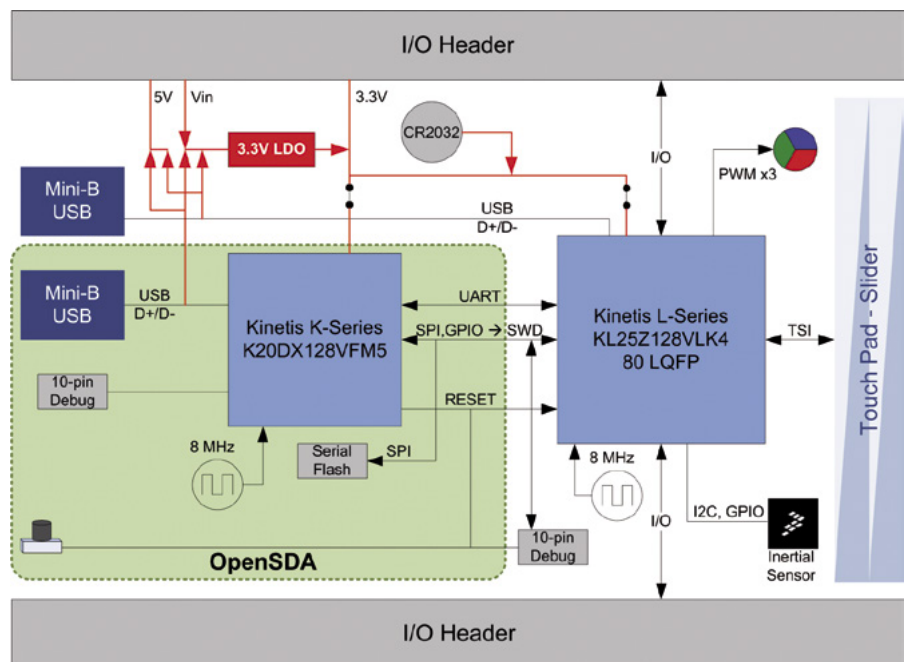
KL0 to grupa najprostszych mikrokontrolerów Kinetis L, charakteryzująca się m.in. kompatybilnością z niektórymi typami mikrokontrolerów S08Px. Charakteryzują się one wyposażeniem w podstawowe – dla rodziny Kinetis L - zasoby sprzętowe, pojemności pamięci Flash i SRAM wynoszą od 8 do 32 kB/od 1 do 4 kB.

Dodatkowe informacje o mikrokontrolerach Kinetis L są dostępne pod adresem: www.freescale.com/kinetis/Lseries

Common Features		Optional Features			
		CPU	Internal Memory	Communications	HMI
System		KL4 Family: USB, Segment LCD			
ARM® Cortex™-M0+ Core		48 MHz	128 KB to 256 KB Flash	16 KB to 32 KB SRAM	USB OTG (FS) Segment LCD
Multiple Low-Power Operation Modes, Clock Gating, 1.71V-3.6V					
DMA, Cross Bar Switch					
Operating Temp: -40°C to +105°C [3]					
Memory		KL3 Family: Segment LCD			
90 nm TFS Flash Memory (High Reliability, Fast Access)		48 MHz	64 KB to 256 KB Flash	8 KB to 32 KB SRAM	Segment LCD
SRAM					
Internal Memory Security/Protection					
Analog Peripherals		KL2 Family: USB			
16-bit ADC [1]		48 MHz	32 KB to 256 KB Flash	4 KB to 32 KB SRAM	USB OTG (FS) -
12-bit DAC					
High-Speed Comparators					
Low-Power Touch Sense Interface					
Serial Interfaces		KL1 Family: General Purpose			
LPUART, UART [2]		48 MHz	32 KB to 256 KB Flash	4 KB to 32 KB SRAM	- -
SPI, FC					
Timers		KL0 Family: Entry Level			
RTC		48 MHz	8 KB to 32 KB Flash	1 KB to 4 KB SRAM	- -
Low-Power TPMs					
Low-Power Timers					
System Timers					

[1] Feature not available on all KL1, KL2, KL3 MCUs (some have 12-bit ADC)
 [2] Feature not available on KL0 MCUs (KL0 MCUs have LPUART)
 [3] CSP packages -40°C to +85°C

Rysunek 2. Porównanie podstawowych parametrów i wyposażenia podrodzin: KL0 (*Entry Level*), KL1 (*General Purpose*), KL2 (*USB*), KL3 (*Segment LCD*) i KL4 (*USB + Segment LCD*)



Rysunek 3. Schemat blokowy zestawu FRDM-KL25Z

Mikrokontrolery KL1 charakteryzują się bogatszym niż KL0 wyposażeniem, mają także pamięci Flash i SRAM o większej pojemności (odpowiednio) od 32 do 256 kB/od 4 do 32 kB. Są one kompatybilne z mikrokontrolerami z rodziny Kinetis K10 (ARM Cortex-M4) w takich samych obudowach.

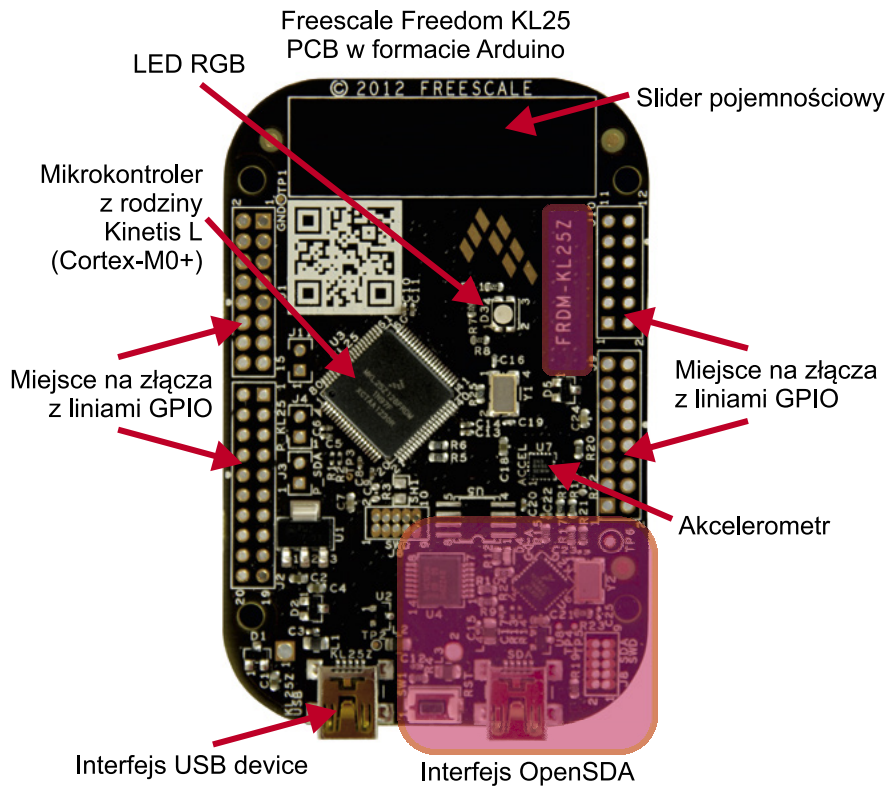
Mikrokontrolery Kinetis KL2 są odpowiednikami układów z Kinetis KL1, zastosowano w nich dodatkowo interfejsy USB 2.0 FS-OTG/Host/Device. Są one fizycznie kompatybilne z mikrokontrolerami Kinetis K20 (rdzeń ARM Cortex-M4).

Szczególnym elementem wyposażenia mikrokontrolerów Kinetis KL3 – odróżniającym je od wcześniej opisanych rodzin -

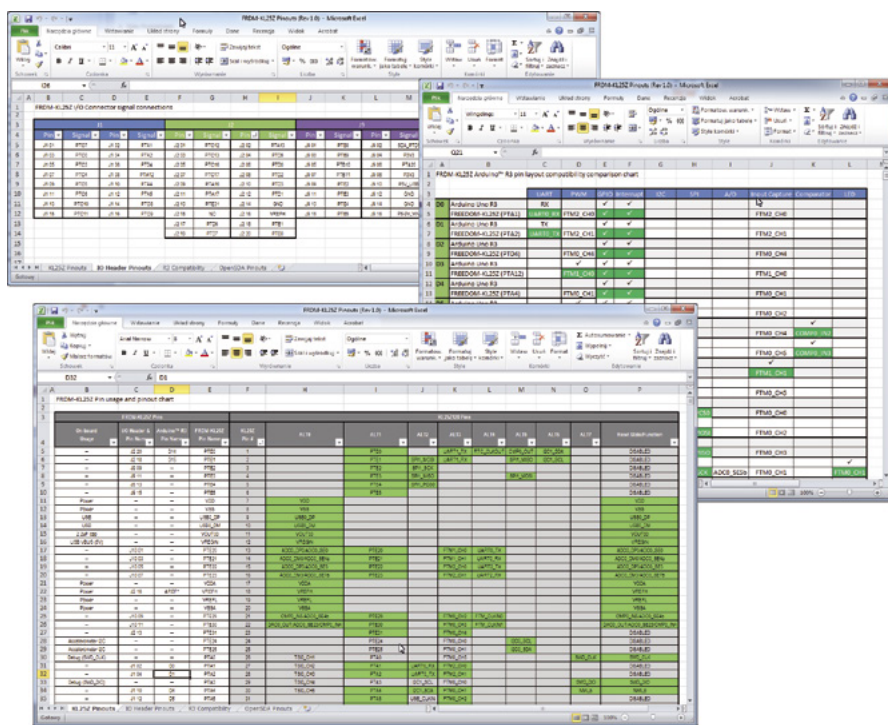
Zestaw Freescale Freedom KL25Z jest dostępny w cenie ok. 65 PLN brutto w sklepie KAMAMI.pl.

jest wbudowany kontroler segmentowych wyświetlaczy LCD. Pojemność ich wewnętrznych pamięci Flash/SRAM będzie wynosić (odpowiednio) od 64 do 256 kB/od 8 do 32 kB. Rozwinięciem rodziny KL3 będą mikrokontrolery KL4, które wyposażono w interfejsy USB 2.0 FS-OTG/Host/Device oraz kontroler segmentowych wyświetlaczy LCD. Planowane przez producenta pojemności pamięci Flash/SRAM mają wynosić (odpowiednio): od 128 do 256 kB/od 16 do 32 kB.

Dodatkowe informacje o zestawie FREEDOM są dostępne pod adresem: www.freescale.com/freedom



Fotografia 4. Rozmieszczenie poszczególnych elementów zestawu FRDM-KL25Z



Rysunek 5. Arkusz programu Excel ułatwiający konfigurowanie wyprowadzeń I/O

32-bitowa alternatywa dla Arduino

Już wiemy dlaczego warto zwrócić uwagę na zestaw Freedom firmy Freescale, teraz pokrótce przedstawimy jego możliwości. Schemat blokowy zestawu pokazano na **rysunku 3**, na **fotografii 4** przedstawiono rozmieszczenie jego poszczególnych elementów.

„Sercem” zestawu Freedom jest mikrokontroler KL25Z128VLK4, wyposażo-

ny w 128 kB pamięci Flash, 16 kB pamięci SRAM, jego rdzeń jest taktowany sygnałem zegarowym o częstotliwości do 48 MHz. Mikrokontroler jest fizycznie kompatybilny z układami z rodziny Kinetis K, wyposażono go także w kompletny interfejs USB FS. Programowanie pamięci Flash tego mikrokontrolera oraz debugowanie jego pracy umożliwia zintegrowany na płytce Freedom interfejs programująco-debugujący o nazwie OpenSDA, który jest obsługiwany m. in.

przez pakiety: CodeWarrior, IAR Embedded Workbench oraz Keil MDK.

W skład „pokładowego” wyposażenia zestawu Freedom wchodzi: LED-RGB (sterowana z linii GPIO mikrokontrolera), slider pojemnościowy, 3-osiowy akcelerometr MMA8451Q oraz złącze USB (*device*), za pomocą którego można dołączać zestaw do komputera PC. Wolne linie I/O mikrokontrolera wyprowadzono na złącza szpilkowe (gold-piny nie są standardowo włutowane) rozmieszczone w rastrze 2,54 mm. Sposób rozmieszczenia tych wyprowadzeń jest zgodny ze standardem wyznaczonym przez Arduino. Ponieważ praktycznie wszystkie linie GPIO mogą spełniać kilka funkcji (są w mikrokontrolerze KL25 multiplexowane), zapanowanie nad konfiguracją portów GPIO jest dość trudne. Z tego powodu firma Freescale przygotowała proste narzędzie w postaci arkusza Excel (**rysunek 5**), które nie tylko ułatwia szybką orientację w funkcjach dostępnych pinów, ale także porówna je z płytką referencyjną Arduino R3. W arkuszu XLS zawarto także opis funkcji wyprowadzeń drugiego mikrokontrolera Kinetis (tym razem z rodziny K20), który spełnia rolę interfejsu USB<->JTAG (OpenSDA), co pozwala go także wykorzystać we własnych aplikacjach (choć, ze względu na jego rolę na płytce FREEDOM, jest to możliwe w ograniczonym zakresie).

Zestaw Freedom może być zasilany z interfejsu USB, ogniwa litowo-jonowego 3 V (przewidziano na nie miejsce od spodu płytki drukowanej), napięciem zewnętrznym o wartości 3,3 V, 5 V lub 5...9 VDC (wbudowano stabilizator).

Oprogramowanie? Bezpłatnie!

Inżynierowie firmy Freescale przygotowali dla użytkowników mikrokontrolerów tej firmy bezpłatny system operacyjny MQX, którego uproszczona wersja - MQX Lite - powstała także z myślą o mikrokontrolerach Kinetis L. Jest ona dystrybuowana wraz z - także bezpłatnym - pakietem programistycznym CodeWarrior 10.3 (i następne wersje), który obecnie jest dostępny w wersji *beta*, publikujemy go na płycie dla prenumeratorów w styczniowym numerze EP.

Wygląda więc na to, że użytkownicy dostali - co rzadkie na rynku - dobrze zgrany z mikrokontrolerami, do tego kompletny pakiet narzędzi, które tworzą kompletny system projektowy, zapewniający możliwość migracji - w razie takiej potrzeby - do innych rodzin mikrokontrolerów z oferty Freescale.

Piotr Zbysiński, EP