

# Kinetis L – mocny akcent na rynku małych mikrokontrolerów

*Mimo wielu przemian i lat obecności mikrokontrolerów na rynku elektroniki, projektanci przez cały czas poszukują tanich i nieskomplikowanych procesorów do nowotworzonych aplikacji. Niemniej, coraz częściej wyselekcjonowane pozycje nie zawierają już układów 8- i 16-bitowych, mimo że dla wielu podstawowych zadań ich parametry mogłyby wydawać się wystarczające.*

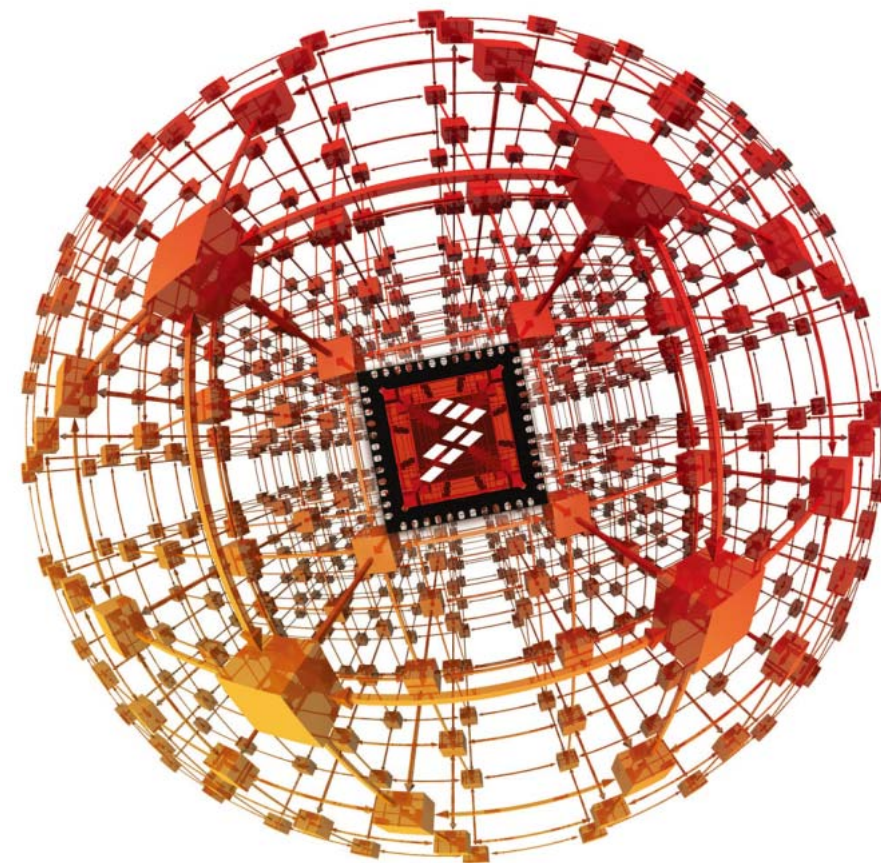
*Projektanci wolą korzystać z tanich, 32-bitowych układów z rdzeniem ARM Cortex, które są wydajne, funkcjonalne i nie zmuszają do kompromisów w zakresie poboru mocy i kosztów projektu.*

Firma Freescale włącza się w ten trend wprowadzając na rynek nową serię mikrokontrolerów Kinetis L z rdzeniem Cortex M0+, młodszego rodzeństwa układów z serii K, bazujących na rdzeniu Cortex-M4. Układy te łączą niski pobór mocy z niewielką ceną i prostotą użycia charakterystyczną dla jednostek 8-bitowych. Są one przeznaczone do zastosowań w grach, sprzęcie medycznym, urządzeniach AGD, sterownikach i regulatorach, gdzie można osiągnąć lepsze parametry użytkowe, niż z jednostkami starszych generacji.

Oczywiście, mikrokontrolery są tylko częścią tego, co jest niezbędne do realizacji projektów. Drugą bardzo ważną pozycją są narzędzia projektowe, bez których nie da się wykorzystać nawet najlepszych układów. Dobrą wiadomością jest, że seria Kinetis L jest wspierana przez tanie platformy projektowe i oprogramowanie, umożliwiające realizację projektów bez kosztownych inwestycji.

## ARM Cortex M0+

Sercem rodziny układów Kinetis L jest rdzeń ARM Cortex-M0+, następca dobrze znanego Cortex-M0, przez co większość dostępnych funkcji jest podobna, a zestaw in-



strukcji jest zgodny w 100%. Niemniej, znak „plus” w oznaczeniu rdzenia sugeruje, że od nowego układu można oczekiwać nieco więcej. Jak się można domyśleć, zmiany umożliwiają uzyskanie lepszej efektywności energetycznej nowego mikrokontrolera. Wydajność układów z rodziny „L” też jest większa, przez co łączny zysk energetyczny wynikający z mniejszego poboru mocy i ze zwiększonej wydajności jest szacowany na 50% w stosunku do rozwiązań z rdzeniem Cortex-M0. Zredukowany z 3- do 2-stopniowego pipeline umożliwia szybsze wykonywanie instrukcji. Wydajność sięga 1,77 Core Mark/MHz – około 10% więcej, niż dla poprzednika serii „L”, ale jednocześnie od 2 do 40 razy więcej, niż dla najbliższych rywali 8- i 16-bitowych. Nie trzeba też obawiać się większej objętości kodu wynikowego. Większość z 56 instrukcji Thumb-2 jest 16-bitowa. Dostęp do portów I/O i krytycznych zasobów jest wykonywany

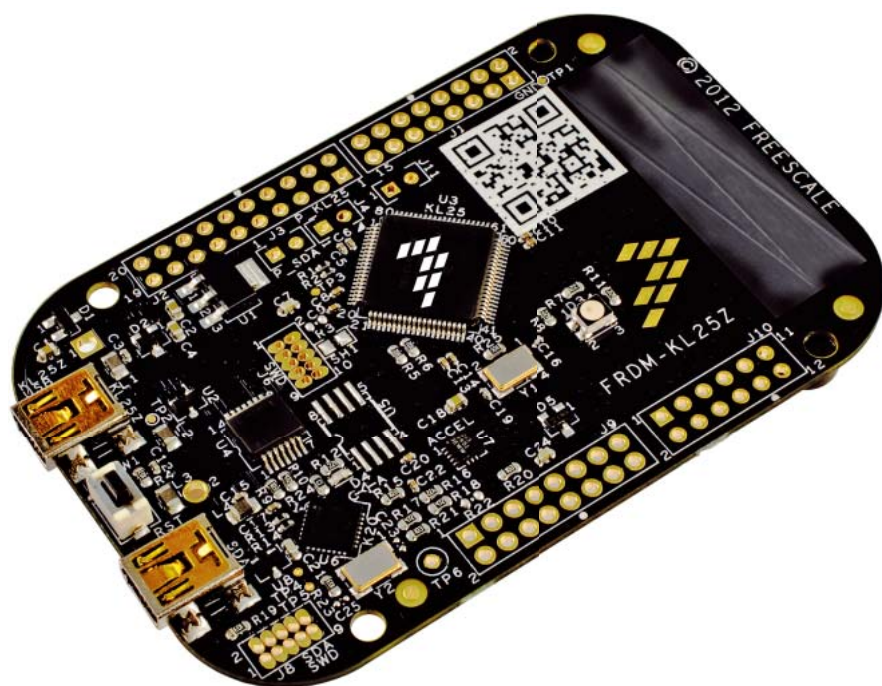
### Dodatkowe informacje:

Więcej informacji na temat Kinetis L można znaleźć w Internecie pod adresem [www.freescale.com/Kinetis/LSeries](http://www.freescale.com/Kinetis/LSeries)

w pojedynczym cyklu, a przestrzeń adresowa dla pamięci jest ciągła aż do 4 GB bez konieczności jej dzielenia na banki i strony. Nowy bufor *micro trace* pozwala na szybszą identyfikację błędów, zapisując informacje niezbędne do śledzenia w zawartej w chipie pamięci SRAM.

## Wydajność kluczem do oszczędności energii

Mikrokontrolery z rodziny Kinetis L bazują na 90 nm technologii półprzewodnikowej TFS (*Thin Film Storage*), zapewniają wysoką sprawność energetyczną, obsługują wiele trybów pracy i zawierają energooszczędne peryferia. W połączeniu z dużą szybkością przetwarzania rdzenia Cortex



Rysunek 1. Platforma projektowa Freedom FRDM-KL25Z

M0+ pozwala na zwiększenie czasu, który układ spędza w trybie głębokiego uśpienia i skrócenie do minimum czasu aktywności mikrokontrolera. Prowadzi to do wydłużenia żywotności baterii.

Aż 13 trybów pracy pozwala projektantowi dobrać wydajność, częstotliwość taktowania, działanie układów peryferyjnych, przebiegi i magistrali w taki sposób, aby zapewnić maksymalne wykorzystanie energii źródła zasilania. Tryby o bardzo niskim poborze mocy obniżają częstotliwość taktowania do 4 MHz z domyślnych 48 MHz w trybie Run, co prowadzi do 95% redukcji wydajności, ale z możliwością bardzo szybkiego powrotu do trybu pełnej mocy obliczeniowej. Innymi słowy, 32-bitowa jednostka może być szybko wybudzana na krótki czas niezbędny do obróbki danych a czas przetwarzania danych jest znacząco krótszy, niż w jednostkach 8- i 16 bitowych.

Podwyższanie i obniżanie częstotliwości taktowania jest wykonywane płynnie, co zapobiega chwilowym przetężeniom prądu w liniach zasilania, które mogłyby prowadzić do powstawania zaburzeń przy zasilaniu baterijnym. Ponadto, mikrokontrolery z serii „L” wykorzystują techniki bramkowania zasilania i sygnału zegara w odniesieniu do układów peryferyjnych, a linie I/O są domyślnie ustawione w stanie nieaktywnym i wymagają programowej inicjalizacji.

Największe zmiany w zakresie gospodarowania energią zasilania dotyczą układów peryferyjnych. Kontrolery DMA, timery i liczniki, układy UART, przetworniki A/C mogą zachować funkcjonalność nawet wtedy, gdy mikrokontroler jest w stanie głębokiego uśpienia – mogą one działać bez angażowania CPU. W tradycyjnych rozwią-

zaniach mikrokontrolerów główny zegar taktujący i rdzeń muszą zostać aktywowane za każdym razem, nawet gdy zachodzi konieczność realizacji trywialnych operacji, takich jak wysłanie lub odbieranie danych, generowanie sygnałów lub próbkowanie sygnału analogowego w przetworniku. Gdy liczy się długie działanie bez konieczności ładowania, to taka autonomia układów peryferyjnych jest ważnym czynnikiem służącym wydłużeniu czasu pracy.

Wreszcie, specjalizowany układ manipulacji bitami (BME) wykonuje operacje AND, OR, XOR oraz realizuje ustawianie, kasowanie bitów bez angażowania zasobów procesora. Taki specjalizowany procesor bitowy pozwala na zmniejszenie rozmiaru kodu i czasu wykonywania o nawet 40% w porównaniu do sytuacji, gdy każde takie zadanie wykonuje rdzeń mikrokontrolera.

### Wybór układu

Układy wchodzące w skład rodziny „L” mają pamięć Flash o pojemności od 8 do 256 kB, różnej wielkości obudowy (od 16 do 121 wyprowadzeń), w tym bardzo małe o wymiarach 2 mm×2 mm oraz różne zestawy układów peryferyjnych. Zapewnia to łatwość migracji oraz możliwość rozbudowy produktu w miarę zmieniających się potrzeb rynku.

Wspólne cechy rodziny Kinetis L są następujące:

- zasilanie z zakresu 1,71...3,6 V, zakres temperatur pracy od -40°C do 105°C,
- rdzeń ARM Cortex-M0+ taktowany zegarem 48 MHz,
- szybki przetwornik A/C 12/16-bitowy,
- 12-bitowy przetwornik C/A,
- szybki komparator analogowy,

- niskomocowe układy interfejsu dotykowego z opcją wybudzenia ze stanu uśpienia po dotknięciu,
- szeregowo interfejsy komunikacyjne (UART, niskomocowy UART, SPI i I<sup>2</sup>C),
- wydajne timery do aplikacji sterujących takich jak sterowanie silnikami.

Seria Kinetis L obejmuje 5 rodzin mikrokontrolerów – KL0 (najprostsze), KL1 (ogólnego przeznaczenia), KL2 (USB), KL3 (znakowy LCD) i KL4 (znakowy LCD & USB). Rodziny KL0/1/2 zostaną wprowadzone do produkcji w końcu 2012 roku, natomiast KL3/4 na początku 2013 roku.

- KL0 – najprostsze z rodziny Kinetis L, 8-32 KB, 24-48-pinowe obudowy. Kompatybilność wyprowadzeń z 8-bitowymi układami S08P, kompatybilność programowa z wszystkimi układami „L”,
- KL1 – 32-256 KB, dodatkowe układy komunikacyjne i analogowe peryferia, 32-80-pinowe obudowy, kompatybilność programowa i sprzętowa z wszystkimi układami „L” i rodziną K10 (Cortex-M4),
- KL2 – 32-256 KB, USB 2.0 full-speed Host/Device/OTG, obudowy 32...121-pinowe. Kompatybilność programowa i sprzętowa z wszystkimi układami „L” i rodziną K20 (Cortex-M4).

### Narzędzia projektowe

W wypadku popularnych mikrokontrolerów presja na obniżenie kosztów realizacji związanych z nimi projektów urządzeń oraz skrócenie czasu ich realizacji jest bardzo silna. Przekłada się to na wzrost wymagań stawianych narzędziom deweloperskim, które powinny mieć tak samo duży poziom funkcjonalności i łatwość użycia, jak sam mikrokontroler. Projektanci żądają narzędzi tanich, łatwych w użyciu i wydajnych. Nierzadko chcą, aby były one dostępne za darmo. Dlatego w wypadku układów z serii Kinetis L firma Freescale położyła szczególny nacisk, aby te oczekiwania zostały zaspokojone i zapewniły duże możliwości projektowe. Efektem tych działań jest platforma projektowa Freedom.

Zestaw o nazwie *Freescale Freedom Development Platform* i oznaczeniu *FRDM-KL25Z* umożliwi użycie mikrokontrolerów z rodzin „K1” i „K2”. Mimo niskiej ceny, zawiera układy MKL25Z128 taktowane sygnałem o częstotliwości 48 MHz z 128 kB Flash, kontrolerem USB full-speed oraz wieloma analogowymi i cyfrowymi układami peryferyjnymi w obudowie 80-pinowej LQFP. Na płytce zamontowano również 3-osiowy akcelerometr Freescale MMA8451Q, interfejs do „suwaka” pojemnościowego, diodę LED RGB, port USB do układu MKL25 i interfejs debugera OpenSDA.

Platforma Freedom ma nieskomplikowaną konstrukcję i ma zaprogramowane przykładowe aplikacje zmieniające kolor

## PODZESPOŁY

| Cechy wspólne  |  |
|--|--|
| <b>System</b>  |  |
| Rdzeń: ARM Cortex-M0+  |  |
| Liczne tryby oszczędzania energii  |  |
| Brakowanie sygnałów zegarowych   |  |
| Napięcie zasilania: 1,71...3,6 V   |  |
| DMA, Cross Bar Switch  |  |
| Temperatura pracy: -40...+105°C  |  |
| <b>Pamięć</b>  |  |
| 90 nm TFS Flash  |  |
| SRAM   |  |
| Wbudowana ochrona i zabezpieczenie pamięci   |  |
| <b>Peryferia analogowe</b>   |  |
| 16-bitowy przetwornik A/C (nie dostępne w KL1...3, niektóre z nich mają 12-bitowy przetwornik A/C) |  |
| 12-bitowy przetwornik D/C  |  |
| Szybkie komparatory  |  |
| Energoozczędny interfejs panelu dotykowego   |  |
| <b>Interfejsy szeregowy</b>  |  |
| LPUART, UART (nie dostępny w KL0)  |  |
| SPI, I <sup>2</sup> C  |  |
| <b>Timery</b>  |  |
| RTC  |  |
| TPM o niskim poborze energii   |  |
| Timery ogólnego przeznaczenia  |  |
| Timery systemowe   |  |

Rysunek 2. Rodziny układów Kinetis L

świecenia i jasność diody LED na podstawie danych z akcelerometru i panelu dotykowego. Większość wyprowadzeń mikrokontrolera MKL25 jest dostępna na złączu, a rozmieszczenie sygnałów i jego typ jest kompatybilny z popularnym Arduino R3 i 3,3-woltowymi modułami opracowanymi dla tej platformy. Ta funkcjonalność zapewnia duże możliwości rozbudowy i dostęp do wielu projektów i opracowań stworzonych przez społeczność projektantów zgrupowaną wokół tej idei.

Integralnym elementem wyposażenia zestawu Freedom jest interfejs USB umożliwiający programowanie pamięci Flash mikrokontrolera i debugowanie jego pracy, który nosi nazwę OpenSDA. Jedną z jego możliwości jest proste programowanie mikrokontrolera z zestawu bez konieczności instalowania jakiegokolwiek oprogramowania – programator jest widziany w systemie jako urządzenie klasy USB *mass storage*, na które „nagrywa się” plik wynikowy z programem dla mikrokontrolera (S19 lub binarny). Ułatwia to szybką wymianę oprogramowania na pececie.

FRDM-KL25Z (fotografia 1) może ponadto pracować jako interfejs debugujący

| Wyposażenie opcjonalne |        |            |     |
|------------------------|--------|------------|-----|
| CPU                    | Pamięć | Interfejsy | HMI |

| Rodzina KL4: USB, sterownik LCD |                    |                 |              |               |
|---------------------------------|--------------------|-----------------|--------------|---------------|
| 48 MHz                          | Flash 128...256 kB | SRAM 16...32 kB | USB OTG (FS) | Sterownik LCD |

| Rodzina KL3: sterownik LCD |                   |                |   |               |
|----------------------------|-------------------|----------------|---|---------------|
| 48 MHz                     | Flash 64...256 kB | SRAM 8...32 kB | - | Sterownik LCD |

| Rodzina KL2: USB |                   |                |              |   |
|------------------|-------------------|----------------|--------------|---|
| 48 MHz           | Flash 32...256 kB | SRAM 4...32 kB | USB OTG (FS) | - |

| Rodzina KL1: ogólnego przeznaczenia |                   |                |   |   |
|-------------------------------------|-------------------|----------------|---|---|
| 48 MHz                              | Flash 32...256 kB | SRAM 4...32 kB | - | - |

| Rodzina KL0: najprostsze zastosowania |                 |               |   |   |
|---------------------------------------|-----------------|---------------|---|---|
| 48 MHz                                | Flash 8...32 kB | SRAM 1...4 kB | - | - |

między procesorem aplikacji a hostem USB, uwalniając od konieczności zakupu dodatkowego debugera. Może to realizować konwersję danych szeregowych na USB i pracować w roli rejestratora. Jest to pierwsza platforma firmy Freescale z wielu planowanych zestawów dla układów Kinetis L. Przykładem może być dostępna dla bardziej zaawansowanych układów Kinetis L platforma TWR-KL25Z48M, zawierająca wiele cyfrowych układów komunikacyjnych i analogowych, graficzny wyświetlacz LCD oraz moduły sterowania silnikami.

### Oprogramowanie IDE

Układy z rodziny Kinetis L są wspierane i obsługiwane przez środowisko *IDE Code Warrior* firmy Freescale (aktualnie dostępne w wersji 10.3) oraz przez podobne oprogramowanie firm takich jak Keil, IAR oraz szereg narzędzi programowych przez firmy skupione wokół ARM. Narzędzia te są dostępne w wersji bezpłatnej o ograniczonej objętości kodu (typowo do 32 lub 64 kB) oraz w wersji płatnej, bez ograniczeń i z dodatkowymi funkcjami związanymi z debugowaniem.

Oprogramowanie *Code Warrior* zawiera ponadto bezpłatne narzędzie *Freescale Pro-*

*cessor Expert*. Jest to graficzne, zautomatyzowane środowisko przyspieszające tworzenie złożonych aplikacji wbudowanych, pozwalające przygotować kod z poziomu GUI. *Processor Expert* jest także dostępny jako samodzielny dodatek plug-in (*Microcontroller Driver Suite*) dla IAR i Keil IDE.

### MQX Lite – RTOS dla małych mikrokontrolerów

Systemy operacyjne czasu rzeczywistego (RTOS) zwykle nie są stosowane w popularnych i najtańszych mikrokontrolerach, ale aplikacje o zbliżonej funkcjonalności już tak, bo mają one szereg zalet. Poprzez podział oprogramowania na moduły zadaniowe można zapewnić, że krytyczne części programu będą wykonane w odpowiednim czasie, a cała aplikacja może być dzielona, bez konieczności panowania nad jej całością.

Korzystanie z RTOS poprzez API zapewnia też, że praca nad tworzeniem aplikacji może zostać łatwo podzielona pomiędzy członków zespołu, co zwiększa wydajność pracy i ogranicza liczbę błędów. Do takich zadań nadaje się *Freescale MQX Lite*, zubożona wersja *RTOS MQX*. Jest dostępny przez komponent w ramach *Processor Expert*, przez co może łatwo zostać dodany do istniejącej aplikacji. Zajmuje tylko 4 kB. Wspiera on przełączanie wątków w czasie rzeczywistym w oparciu o priorytety i jest w stanie wykonać priorytetowe zadania we właściwym czasie. Bezpłatne *MQX Lite* pozwala na zaoszczędzenie znacznych sum w porównaniu do tradycyjnych systemów RTOS w wielu mniej złożonych aplikacjach.

### Podsumowanie

Podstawowe parametry mikrokontrolerów Kinetis L umieszczono na **rysunku 2**. Liczba dostępnych wersji układów mikrokontrolerów w ramach rodziny Kinetis L sięgnie 200 różnych jednostek, przez co wybór konkretnego modelu może nie być prosty. Aby ułatwić konstruktorom to zadanie firma Freescale opracowała *MCU Solution Advisor* – internetowe narzędzie pozwalające na wyszukiwanie parametryczne. Pierwsza seria układów Kinetis L weszła do produkcji we wrześniu 2012 roku: MKL25Z128VLK4 (128 KB Flash, USB OTG, 80-pinowa LQFP) oraz MKL15Z128VLK4 (ogólnego przeznaczenia, bez USB). Ceny zaczynają się od 1,98 USD i 1,76 USD za układ przy zamówieniach od 10 tys. sztuk. Platformę projektową Freedom wyceniono na 10 euro.



Future Electronics Polska Sp. z o.o.  
ul. Panieńska 9, 03-704 Warszawa (woj. mazowieckie)  
tel.: 22 618 92 02, faks: 22 618 80 50  
www: [www.futureelectronics.com](http://www.futureelectronics.com)  
e-mail: [info-pl-future@futureelectronics.com](mailto:info-pl-future@futureelectronics.com)