

Freescale Freedom KL25Z (FRDM-KL25Z)

32-bitowiec dla fanów systemu Arduino

Przez świat elektroników przetacza się kolejne – po Raspberry Pi – modne „szaleństwo”, tym razem skierowane w stronę mikrokontrolerów: (prawie) każdy chce mieć na biurku zestaw Freedom firmy Freescale, w którym zastosowano mikrokontroler Kinetis L, należący do jedynej na świecie rodziny wyposażonej w rdzeń Cortex-M0+.

Zanim zajmiemy się zestawem Freedom (dokładniej: FRDM-KL25Z), który podbija serca elektroników na całym świecie dobrym wyposażeniem, niską ceną, wygodą stosowania i rewelacyjnym mikrokontrolerem, przypomnijmy sobie w ekspresowym skrócie podstawowe informacje o mikrokontrolerach Kinetis L.

Cortex-M0+ w Kinetis L

Jedyną obecnie firmą, która ma w ofercie mikrokontrolery z rdzeniami Cortex-M0+ jest Freescale, w ofercie której znajduje się kilka typów układów z serii Kinetis L. Składa się ona z pięciu podrodzin mikrokontrolerów: 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 1 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, napięcie 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

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

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.

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.

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

[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)

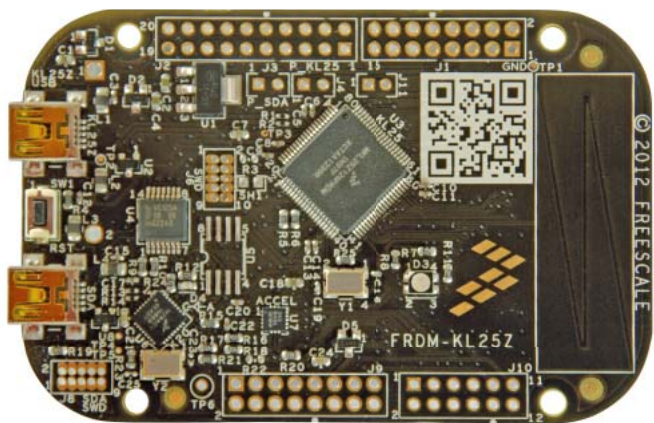
[3] CSP packages -40°C to +85°C

Rysunek 1. Schemat blokowy mikrokontrolerów Kinetis L – pierwszej produkowanej rodziny z rdzeniem Cortex-M0+



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

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



Fotografia 2. Widok płytki zestawu FREEDOM z góry – widać elementy wyposażenia

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

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

crokontrolery KL4, które wyposażono w interfejs 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.

FREEDOM znaczy wolność

Plotki o zestawie FREEDOM firmy Freescale i jego „szpiegowskie” zdjęcia krążyły po rynku od wielu miesięcy. Warto było nieco poczekać, bowiem wygląda na to, że wersja wprowadzona do sprzedaży jest dojrzałym wyrobem, spełniającym nie tylko

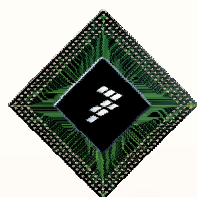
obietnice producenta, ale także nadzieje potencjalnych użytkowników.

Zacznijmy od wyposażenia zestawu FREEDOM, którego wygląd pokazano na fotografii 2. Jego „sercem” jest mikrokontroler MKL25Z128VLK4 (seria Kinetis L, Cortex-M0+), montowany w obudowie LQFP80, taktowany sygnałem zegarowym o częstotliwości do 48 MHz, z pamięcią Flash o pojemności 128 kB i SRAM o pojemności 16 kB. Mikrokontroler współpracuje z zainstalowanym na płytce 3-osiowym akcelerometrem MEMS MMA8451Q z serii Xtrinsic firmy Freescale, diodą LED RGB oraz sliderem pojem-



Fotografia 3. Zestaw FREEDOM jest zgodny mechanicznie z systemem Arduino (na zdjęciu porównanie płytek różnych komputerów zgodnych z systemem Arduino: Arduino Uno, Uno32 oraz FREEDOM)

REKLAMA



Tworzymy bardziej inteligentny świat

ARM CORTEX-M0+

nowy rdzeń w rodzinie KINETIS

Rodzina mikrokontrolerów KINETIS poszerzyła się o nowe energooszczędne mikrokontrolery **KINETIS L**

- rdzeń Cortex-M0+
- taktowanie 48 MHz
- pojemność RAM do 32 kB
- pojemność Flash do 256 kB
- pięć podrodzin o różnym wyposażeniu: KL0, KL1, KL2, KL3, KL4
- USB OTG FS (KL2, KL4)
- sterownik LCD (KL3, KL4)
- interfejs klawiatur dotykowych
- 12-/16-bitowy ADC i 12-bitowy DAC
- DMA + CBS
- temperatury pracy: -40...+125°C



Więcej informacji pod adresem freescale.com/KINETIS



Dystrybutor:

EBV ELEKTRONIK, www.ebv.com
02-674 Warszawa, ul. Marynarska 11, tel. +48 22 2574705 do 07
50-062 Wrocław, Plac Solny 16, tel. +48 71 342 2944

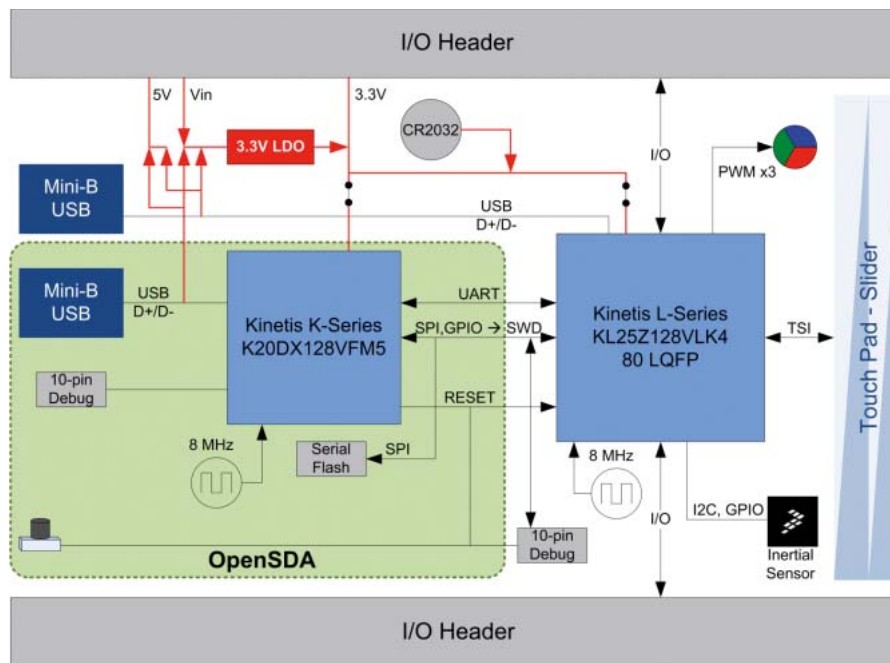
PODZESPOŁY

nościowym, który spełnia rolę analogowego nastawnika. Linie GPIO mikrokontrolera Kinetis L wyprowadzono na pola lutownicze rozmieszczone zgodnie ze standardem Arduino (fotografia 3), co umożliwia dołączanie do niego większości płytek rozszerzających zgodnych z tym standardem.

Zestaw FREEDOM wyposażono w „pokładowy” interfejs OpenSDA, umożliwiający programowanie pamięci Flash mikrokontrolera Kinetis L oraz debugowanie jego pracy. Działanie interfejsu w przypadku wymiany oprogramowania mikrokontrolera zastosowanego w zestawie jest bardzo proste i nie wymaga instalowania jakiegokolwiek oprogramowania: zmodyfikowanie zawartości pamięci Flash wymaga jedynie skopiowania skompilowanego pliku z programem na urządzenie *mass storage*, w jakie przeobraża się domyślnie FREEDOM po dołączeniu do interfejsu USB komputera.

Schemat blokowy zestawu FREEDOM pokazano na rysunku 4.

Producent zestawu przygotował dla konstruktorów zamierzających wykorzystać jego możliwości specjalną wersję systemu operacyjnego MQX Lite, który jest zoptymalizowany pod kątem stosowania w relatywnie małych mikrokontrolerach z rodziny Kinetis L. Dostępne jest także bezpłatne środowisko dla



Rysunek 4. Schemat blokowy zestawu FREEDOM

programistów z kompilatorem języka C – pakiet Code Warrior (już w wersji 10.3) – które można pobrać ze strony producenta.

Na koniec warto zwrócić uwagę na fakt, że mikrokontrolery Kinetis L są już dostępne w internetowych sklepach światowych

dystrybutorów i zapewne w niedługim czasie trafią także do nas. Tym razem marketing nie wyprzedził możliwości produkcyjnych firmy, co niewątpliwie ucieszy praktyków grzejących lutownicę.

Tomasz Starak

Cortex-M0+ – skąd się wziął na rynku

Podstawowym celem firmy ARM podczas opracowywania rdzenia Cortex-M0 było przygotowanie maksymalnie taniej w implementacji wersji 32-bitowego rdzenia w znacznym stopniu zgodnego z większym „rodzeństwem” – Cortex-M3 i Cortex-M4/M4F. Podstawowym uproszczeniem w stosunku do rdzenia M3 było zredukowanie listy instrukcji assemblera do 56 rozkazów, które są podstawowym podzbiorem obsługiwanych przez wszystkie rdzenie Cortex-M, zrezygnowano także z modułu MPU, uproszczono blok sprzętowego debugowania, zmodyfikowano interfejs łączący pamięć z CPU, zmniejszono liczbę przerw obsługiwalnych 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 (16 $\mu\text{W}/\text{MHz}$ vs 32 $\mu\text{W}/\text{MHz}$ w technologii referencyjnej 90LP) oraz trzykrotnym zmniejszeniem powierzchni zajmowanej przez rdzeń (0,04 mm^2 vs 0,12 mm^2) – co ułatwia jego tanią implementację. 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) redukowało 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 zmniejszonym do 11 $\mu\text{W}/\text{MHz}$ poborem mocy, jednocześnie zwiększono prędkość wykonywania przez niego programów do 0,93 DMIPS/MHz i to pomimo zredukowania głębokości pipeliningu z trzech poziomów do dwóch, co pozwoliło dodatkowo zmniejszyć pobór mocy. Integralną funkcją rdzenia Cortex-M0+ jest także jednotaktowy dostęp do portów GPIO, których obsługę zsynchronizowano z dostępem do pamięci rozkazów (synchronizacja odbywa się „przeciwymi” z boczami 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: rdzeń wyposażono w kontroler MPU ze sprzętowym podziałem pamięci na 8 chronionych obszarów, co zapewnia łatwość zarządzania dostępem do przechowywanych danych, umożliwiono dynamiczną relokację 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 magistralami danych o szerokości 16 bitów, co nie powinno mieć wpływu na jego wypadkową wydajność, ponieważ większość instrukcji z listy ARMv6-M jest 16-bitowa. Decyzja o interfejsie pomiędzy pamięcią Flash i CPU należy do producenta mikrokontrolerów i zapada na etapie implementacji rdzenia w układzie, mikrokontrolery jakie pojawiają się na rynku będą miały zapewne różne konfiguracje.



Wskaznik temperatury silnika

AVT 1484

www.sklep.avt.pl