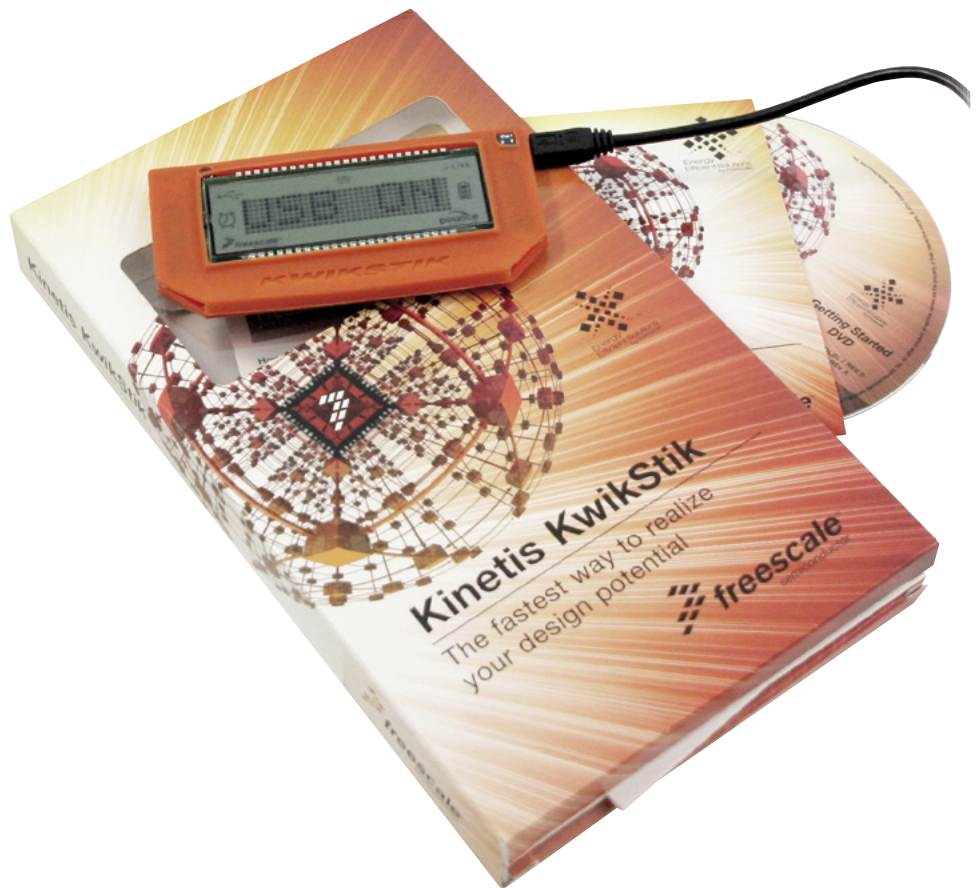


Cortex-M4 dla każdego! Freescale Kinetis KwikStik

Firma Freescale Semiconductor bardzo poważnie podeszła do szerokiego promowania swoich mikrokontrolerów z rodziny Kinetis, co objawia się dostępnością w wielu sklepach „za rogiem” doskonale wyposażonego zestawu uruchomieniowego o nazwie KwikStik. Oszalałający jest nie tylko zastosowany w nim mikrokontroler (z Cortex-M4 w środku!), ale także wyposażenie zestawu (świetne!) i cena (malutka!).

KwikStik na pierwszy rzut oka nie wygląda na zestaw uruchomieniowy: z wyglądu przypomina raczej efektowny gadżet (fotografia 1), zamknięty w intrygującej wyglądem „obudowie” w postaci silikonowego, elastycznego pokrowca. Nowatorski wygląd Kwiksitka może odstraszać elektroników lubiących typowe rozwiązania, ale na pewno przyciągnie ich wyposażenie zestawu, które jest zdecydowanie ponadstandardowe. Biorąc dodatkowo pod uwagę, że „sercem” zestawu jest jeden z „najgorętszych” wyrobów z oferty Freescale – mikrokontroler z rodziny Kinetis (rdzeń Cortex-M4) – silniejszych zachęt do wypróbowania możliwości Kwiksitka nie potrzeba.

W skład standardowego wyposażenia płytki ewaluacyjnej Kwikstik wchodzi monochromatyczny wyświetlacz LCD składający



Fotografia 1.

się z 306 segmentów, sterowany bezpośrednio przez sterownik wbudowany w mikrokontroler z podrodziny K40X256 (wyposażenie poszczególnych podrodziny mikrokontrolerów Kinetis pokazano na rysunku 2), który jest wykorzystywany także w module CPU

oznaczonym symbolem TWR-K40X256-KIT zestawu Tower.

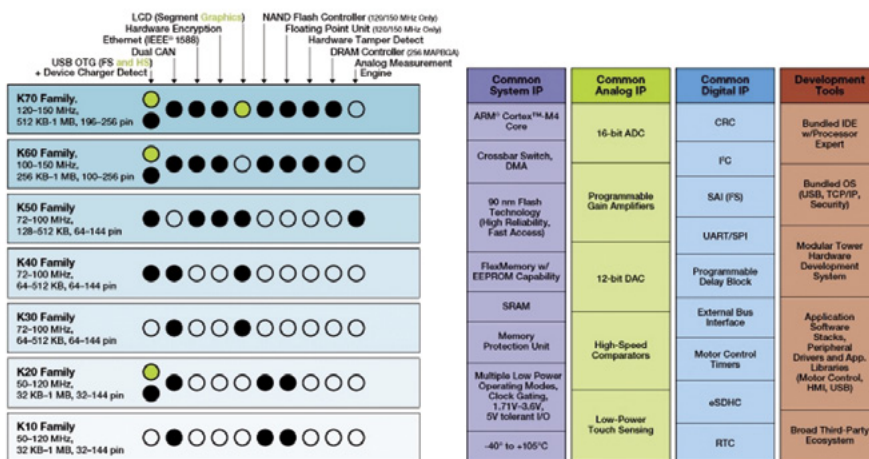
Użytkownik zestawu Kwikstik ma do dyspozycji 256 kB pamięci Flash wbudowanej w mikrokontroler. Zastosowano w nim rzadko spotykany typ pamięci Flash, noszący

Kinetisy: dla każdego coś dobrego z Cortex-M4 w środku

Rodzina mikrokontrolerów z rdzeniem Cortex-M4, produkowanych przez Freescale, nosi nazwę Kinetis. W jej skład wchodzi sześć podrodziny oznaczonych symbolami K10, K20, K30, K40, K60 i K70, które różnią się wyposażeniem wewnętrznym i wynikającym z niego ukierunkowaniem aplikacyjnym. Podrodziny K10 i K20 (w planach producenta taktowane sygnałem zegarowym od 50 do 150 MHz) są ze sobą praktycznie identyczne (i wymienne), najistotniejszą różnicą jest wyposażenie K20 w interfejs USB-OTG. Obydwie podrodziny mikrokontrolerów - podobnie jak największe z podrodziny K60 - wyposażono w kontrolery pamięci NAND Flash i zmiennoprzecinkowe jednostki obliczeniowe FPU. Wszystkie mikrokontrolery z rodziny Kinetis wyposażono w podwójny interfejs CAN2.0B, ich standardowym wyposażeniem jest także wiele bloków i interfejsów peryferyjnych, w tym 16-bitowy przetwornik A/C, wzmacniacze analogowe o programowanym wzmocnieniu, szybkie komparatory analogowe, a także interfejsy do obsługi bezstykowych paneli użytkownika. Mikrokontrolery Kinetis wyposażono także w bogaty zestaw interfejsów komunikacyjnych: I²C, SPI, UART, generator-kontroler CRC, cyfrowy interfejs audio I²S, timery z generatorami PWM przeznaczone do sterowania pracą silników elektrycznych, a także sprzętowy interfejs kart SDHC.

Mikrokontrolery Kinetis z podrodziny K30 i K40 (przystosowane do taktowania sygnałami o częstotliwości w zakresie od 50 do 100 MHz) wyposażono w sprzętowy sterownik segmentowych LCD, pozbawiono je natomiast jednostki FPU i kontrolera NAND Flash. Najlepiej wyposażone są mikrokontrolery z podrodziny K60 (w planach producenta częstotliwości taktowania rdzenia będą wynosić od 100 do 180 MHz): oprócz sprzętowego bloku kryptograficznego (obsługuje algorytmy DES, 3DES, AES, MD5, SHA-1 oraz SHA-256) wbudowano w nie moduł MAC interfejsu Ethernet 10/100Mb/s (zgodny z IEEE1588, interfejsy MII i RMII) oraz kontroler pamięci SDRAM. Obsługuje on pamięci DRAM: LPDDR, DDR oraz DDR2 o 16-bitowej magistrali danych i łącznej pamięci do 256 MB. Niektóre wersje mikrokontrolerów wyposażono w kontroler magistrali zewnętrznej FlexBus, dzięki któremu CPU uzyskuje dostęp do zewnętrznej przestrzeni adresowej wynoszącej 2 GB w konfiguracji 8-/16- i 32-bitowej. Można w niej ulokować m.in. pamięci PROM, EPROM, Flash, SRAM i EEPROM, a także dowolne inne peryferia.

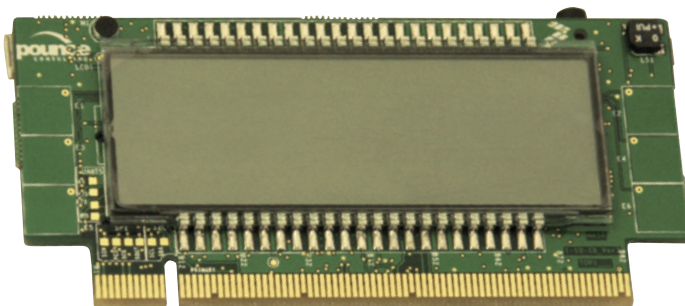
Mikrokontrolery z rodziny K70 są poszerzonymi funkcjonalnie wersjami układów K60, dodatkowo wyposażonymi w kontroler LCD SVGA.



Rysunek 2.

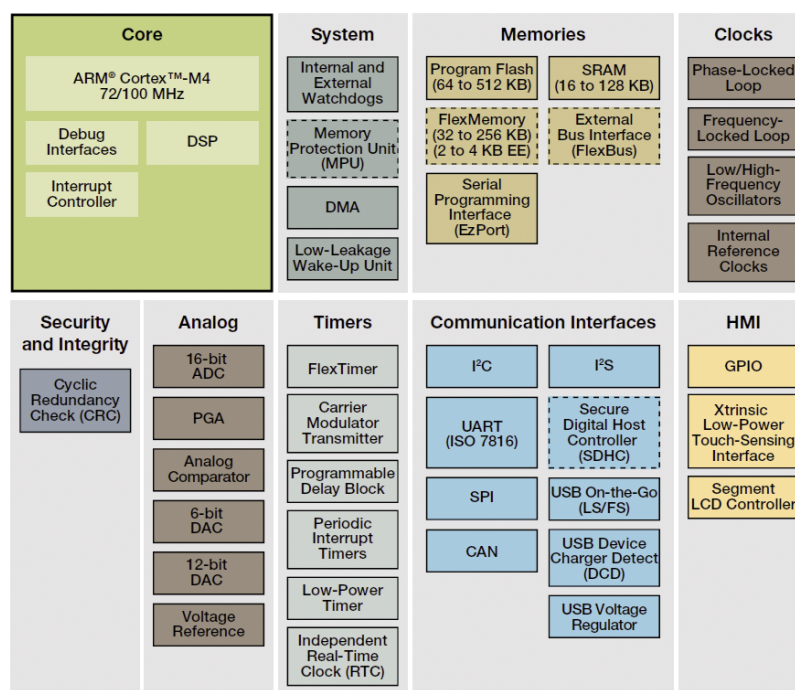
cy firmową nazwę FlexMemory, która jest wykonywana w technologii TFS (*Thin Film Storage*) o wymiarze charakterystycznym 90 nm. Charakteryzuje się możliwością pracy przy napięciach zasilania dochodzących do 1,71 V, a deklarowany przez producenta czas dostępu do danych nie przekracza 30 ns (co ma znaczenie, ze względu na wysoką –

100 MHz – częstotliwość taktowania CPU). Kontroler pamięci FlexMemory umożliwia użytkownikowi definiowanie niektórych jej bloków jako pamięci EEPROM o typowej liczbie cykli kasowanie/zapis wynoszącej 1 mln, charakteryzującej się dodatkowo bardzo krótkim czasem kasowania i zapisu – nie przekracza on 1,5 ms/bajt.



Fotografia 3.

Budowa mikrokontrolerów z podrodziny K40

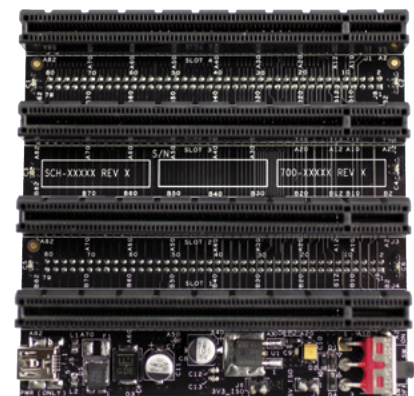


□ Standard Feature □ Optional Feature

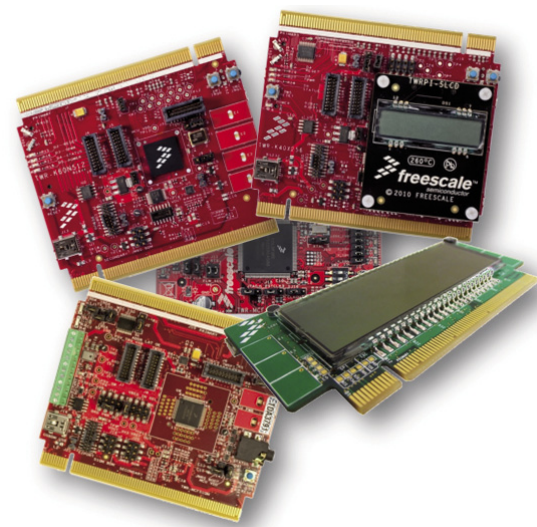
- W skład zestawu Kwikstik wchodzi:
- płytka z mikrokontrolerem K40X256 i wyposażeniem opisanym w artykule,
 - silikonowe „opakowanie” płytki,
 - kabel USB,
 - płyta DVD z pakietem oprogramowania:
 - systemem operacyjnym Freescale MQX RTOS
 - IAR Embedded Workbench (wersja do 32 kb)
 - Keil MDK (wersja do 32kb)
 - Green Hills Software MULTI IDE (wersja ewaluacyjna)

Z obydwu stron LCD ulokowano pola czujników zbliżeniowych (**fotografia 3**), które spełniają rolę bezstykowej klawiatury (obsługiwanej przez mikrokontroler K40) wykorzystywanej w przykładowych aplikacjach, mogą z nich korzystać także aplikacje użytkowników.

Szczególne możliwości rdzenia Cortex-M4 ujawniają się w aplikacjach wymagających obróbki sygnałów (DSP), co ułatwia wyposażenie Kwikstika w mikrofon analogowy oraz analogowy tor wyjściowy audio bazujący na wewnętrznym przetworniku C/A z wyjściem sygnału na złączu mini-jack, na które sygnał jest podawany z wyjścia wzmacniacza mocy z regulacją głośności. Akustyczną sygnalizację zdarzeń zapewnia wbudowany w zestaw miniaturowy głośnik elektromagnetyczny, którego skuteczność akustyczną poprawia otwór wycięty w sili-



Fotografia 4.



konowej osłonie, dzięki czemu po jego założeniu natężenie emitowanego sygnału nie jest tłumione.

W skład standardowego wyposażenia Kwikstika wchodzi także złącze karty microSD, akumulator litowy ułatwiający testowanie trybów oszczędzania energii, złącze

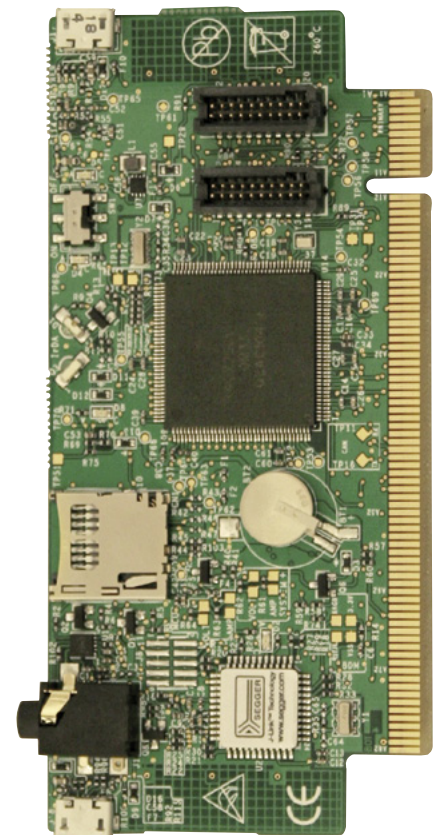
USB umożliwiające wykorzystanie interfejsu USB FS wbudowanego w mikrokontroler K40X256, a także prosty, optyczny interfejs komunikacyjny, który może pracować w trybie IrDA. Konstruktorzy zestawu wyposażyli go w złącze TWRPI (Tower Plug-in) oraz – co wydaje się niezwykle trafionym pomysłem –

także w złocone złącze krawędziowe, umożliwiające montaż zestawu w płycie *elevator* (boczne płytki nośne – **fotografia 4**) zestawu Tower. Dzięki temu mikrokontroler zamontowany na Kwikstiku ma możliwość korzystania z większości modułów peryferyjnych systemu Tower, w tym m.in. interfejsów bezprzewodowych, wyświetlaczy graficznych, CAN, RS485/232 itp.

Konstruktorów przyzwyczajonych do możliwości debugowania pracy mikrokontrolera w systemie uciechy zapewne wyposażenie Kwikstika w interfejs J-Link firmy Segger (**fotografia 5**, co ciekawe zaimplementowano go w mikrokontrolerze MCF51JM128VLD), dzięki czemu zestaw może współpracować z wieloma popularnymi środowiskami programistycznymi (m.in. Keil μ Vision, IAR Workbench). Interfejs ten jest obsługiwany także przez natywne środowisko programistyczne opracowane przez firmę Freescale (Code Warrior), które producent oferuje w bezpłatnej wersji *Special Edition* z ograniczeniem do 128 kB objętości pliku wynikowego. Za pomocą zintegrowanego J-Linka można zarówno programować pamięć Flash mikrokontrolera jak i monitorować jego pracę.

Na koniec prezentacji Kwikstika bardzo ważna informacja: kompletny zestaw kosztuje poniżej 140 PLN brutto, co – biorąc pod uwagę jego wyposażenie – czyni z niego jedno z najbardziej atrakcyjnych rozwiązań tego typu na rynku. Czy się przyjmie w naszym kraju? Na pewno ma duże szanse.

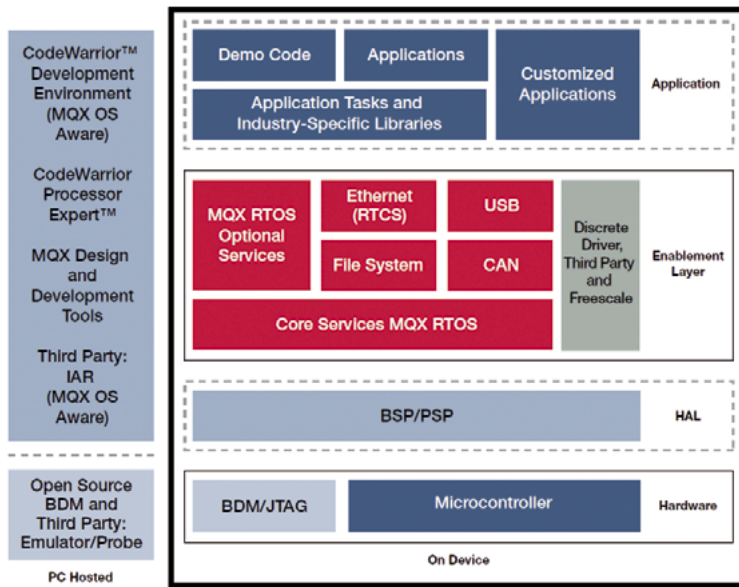
Andrzej Gawryluk, EP



Fotografia 5.

MQX RTOS – coś specjalnie dla „freescaleowców”

System operacyjny jest oprogramowaniem zarządzającym dostępem do zasobów sprzętowych systemu. Spełnia on także zazwyczaj rolę interfejsu pośredniczącego pomiędzy sprzętem a aplikacjami, m.in. poprzez wykorzystanie bibliotek zapewniających obsługę peryferiów wewnętrznych i zewnętrznych.



Najpopularniejsze peryferia, dla których sterowniki zawarto w MQX to: interfejsy UART, SPI, I2C, FlexBus, moduł RNG, pamięć Flash oraz linie GPIO. Przykładowe funkcje udostępniane przez sterowniki urządzeń peryferyjnych to:

- *fopen (device driver)*,
- *read (specific driver parameters)*,
- *write (specific drivers parameters)*,
- *ioctl (supported command)*,
- *fclose (file handler)*.

Zestawy sterowników wchodzi w skład zestawów plików BSP (*Board Support Package*), których zadaniem jest: inicjalizacja mikrokontrolera oraz innych elementów warstwy sprzętowej, zdefiniowanie specyficznych parametrów systemu (jak np. częstotliwość zegara systemowego), ustawienie wektorów przerwań, parametrów wykorzystywanych sterowników, skonfigurowanie funkcji wejść/wyjść, umożliwienie startu funkcji *main()* i samego systemu operacyjnego.

Przykładem specyficznego sterownika stosowanego w systemie MQX jest obsługa systemu plików MFS (MSDOS File System), który obsługuje standardowe systemy plików FAT12, FAT16 oraz FAT32. Sterownik MFS zawiera zestaw sterowników niższego poziomu, przeznaczonych do obsługi różnych mediów, np.: dysku Flash, stacji dyskietek, pamięci Flash USB, kart SD itd.

We współczesnych aplikacjach dużą rolę odgrywa interfejs USB, którego sterownik jest także standardowym elementem systemu MQX. Obsługuje on interfejs USB w trybie host (z obsługą urządzeń klasy HID (myszy, klawiatury), MSD (dyski Flash), HUB oraz CDC (komunikacja szeregową). Obsługiwany jest także tryb USB device, w ramach którego obsługiwane są urządzenia należące do klas: HID, CDC, PHDC (*Personal Health Core Device Class*) oraz MSD.

Standardowym elementem systemu MQX jest stos TCP/IP czasu rzeczywistego o nazwie RTCS. Zastosowano w nim standardowy mechanizm interfejsu opartego na gniazdach (*sockets*), zapewnia on obsługę wielu protokołów:

- Telnet serwer i klient,
- FTP serwer i klient,
- TFTP serwer i klient,
- agent SNMP,
- serwer Echo,
- serwer EDS (Winsock),
- klient SNTP,
- DNS Resolver,
- serwer i klient DHCP.

Stos RTCS jest skalowalny zarówno podczas kompilacji aplikacji jak i w czasie działania. Programista może wybrać implementację tylko tych protokołów, które są w aplikacji wykorzystywane. Implementacja stosu RTCS jest wspomagana przez środowisko programistyczne CodeWarrior, dzięki czemu podczas uruchamiania i śledzenia wykonywania programu można monitorować stan obciążenia CPU i pamięci mikrokontrolera przez protokół sieciowy.