

Freescale Kinetis KwikStik: ćwiczenia z Cortex-M4

Etap1: Wybieramy platformę sprzętową

Konkurencja pośród producentów 32-bitowych mikrokontrolerów rośnie, przy czym największą popularnością w naszym kraju cieszą się układy wyposażone w rdzenie z rodziny Cortex-M. Pierwszym na rynku producentem, który wprowadził do sprzedaży mikrokontrolery z rdzeniem Cortex-M4 jest Freescale Semiconductor – producent rodziny mikrokontrolerów Kinetis. W kilku kolejnych artykułach pokażemy w jaki sposób zacząć „przygodę” z mikrokontrolerami Kinetis z serii K40, który zastosowano w efektywnym zestawie ewaluacyjnym o nazwie KwikStik.

Firma Freescale pochwaliła się na jesieni 2010, że wprowadza do produkcji pierwsze mikrokontrolery z rodziny Kinetis. Obecnie dostępnych jest kilkanaście typów mikrokontrolerów z siedmiu podrodziny, które są oznaczane symbolami K10, K20...K70. Różnią się one między sobą przede wszystkim wyposażeniem wewnętrznym (rysunek 1), a także maksymalnymi częstotliwościami taktowania CPU.

Serce KwikStika – mikrokontroler z rodziny Kinetis

Podrodziny K10 i K20 (w planach producenta taktowane sygnałem zegarowym od

50 do 120 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

Dodatkowe informacje o mikrokontrolerach Kinetis są dostępne pod adresem:
www.farnell.com/kwikstik-50



paneli użytkownika. Mikrokontrolery Kinetis wyposażono także w bogaty zestaw interfejsów

Kinetisowa nomenklatura

Mikrokontrolery Kinetis charakteryzują się – w odróżnieniu od niektórych innych rodzin mikrokontrolerów firmy Freescale – klarownym systemem oznaczeń, np:

MK60FX256VLL10 – mikrokontroler z podrodziny **K60**, wyposażony w **256** kB pamięci Flash **FlexMemory**, taktowany sygnałem zegarowym o częstotliwości do **100** MHz

MK10FN32VFM50 – mikrokontroler z podrodziny **K10**, wyposażony w **32** kB pamięci **Flash**, taktowany sygnałem zegarowym o częstotliwości do **50** MHz

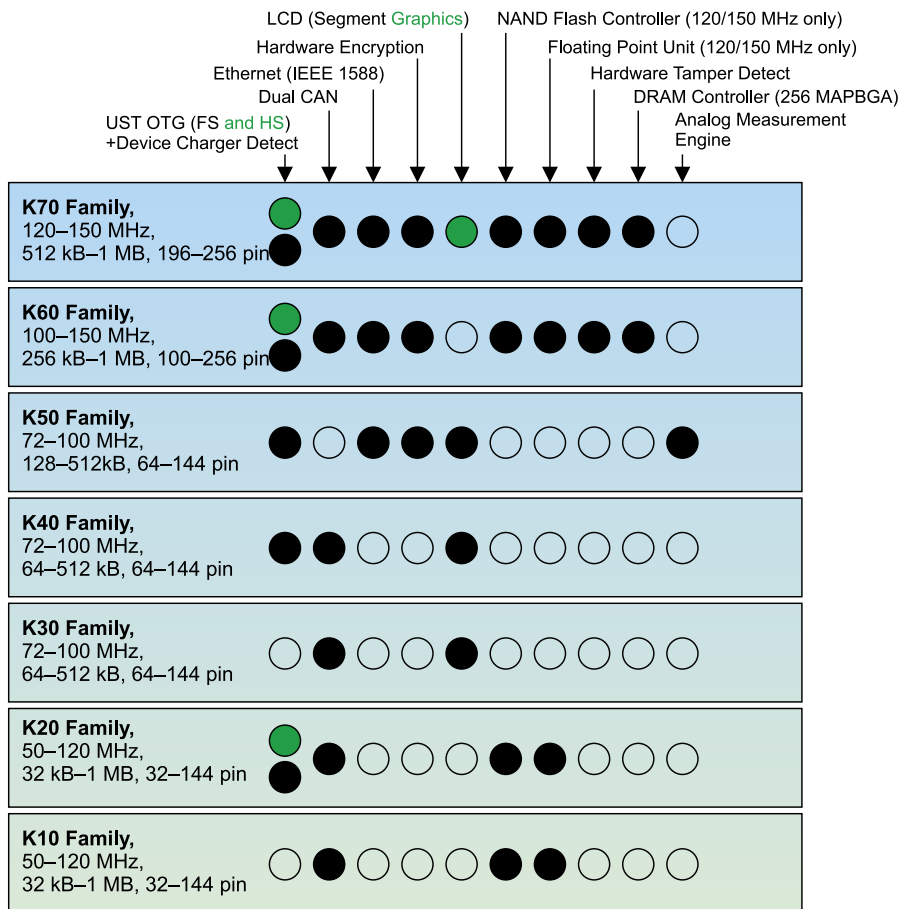
V – oznacza zakres temperatur pracy od **-40** do **+105°C**

FM i LL – oznaczają typ obudowy

sów 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 podrodzin K30 i K40 (przystosowane do taktowania sygnałami o częstotliwości w zakresie od 72 do 100 MHz) wyposażono w sprzętowy sterownik segmentowych LCD, pozbawiono je

natomiast jednostki FPU i kontrolera NAND Flash. Najlepiej wyposażone są mikrokontrolery z podrodzin K60 i K70 (częstotliwości taktowania od 100 do 150 MHz – K60 i od 120 do 150 – K70): oprócz sprzętowego bloku kryptograficznego (obsługuje algorytmy DES, 3DES, AES, MD5, SHA-1 oraz SHA-256) wbudowano w nie moduł MAC interfejsu Ethernet 10/100 Mb/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. Mikrokontrolery K70 wyposażono w kontroler graficznych LCD o wymiarach matrycy QVGA, co wymaga zastosowania zewnętrznej pamięci obrazu. 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.



Cortex-M4 nie zawsze z FPU

Cechą charakterystyczną rdzenia Cortex-M4 jest obsługa przez CPU listy poleceń rozszerzonej w stosunku do Cortex-M3 i pozostałych rdzeni z tej rodziny. Są to polecenia wspomagające realizację aplikacji DSP, przydatne w specyficznych aplikacjach, m.in. do obróbki sygnałów analogowych czy w sterowaniu silnikami elektrycznymi. Rdzenie Cortex-M4 są często automatycznie kojarzone z wyposażeniem w koprocesor zmiennoprzecinkowy (jednostkę FPU – Floating Point Unit), ale ze względu na znaczną zajmowaną powierzchnię FPU jest dostępna w niektórych modelach mikrokontrolerów Kinetis (wybrane typy z podrodzin: K10, K20, K60 i K70).

Comon System IP	Common Analog IP	Common Digital IP	Development Tools
ARM Cortex-M4 Core	16-bit ADC	CRC	Bundled IDE w/Processor Expert
Crossbar Switch, DMA		I ² C	
90 nm Flash Technology (High Reliability, Fast Access)	Programmable Gain Amplifiers	SAI (FS)	Bundled OS (USB, TCP/IP, Security)
Flex Memory w/EEPROM Capability		UART/SPI	
SRAM	12-bit DAC	Programmable Delay Block	Modular Tower Hardware Development System
Memory Protection Unit		External Bus Interface	
Multiple Low Power Operating Modes, Clock Gating, 1,71 V–3,6 V, 5 V tolerant I/O	High-Speed Comparators	Motor Control Timers	Application Software Stacks, Peripheral
		eSDHC	
–40° to +105°C	Low-Power Touch Sensing	RTC	Drivers and App. Libraries (Motor Control, HMI, USB)
			Broad Third-Party Ecosystem

Rysunek 1. Zestawienie najważniejszych elementów wyposażenia mikrokontrolerów z rodziny Kinetis

Mikrokontrolery Kinetis oznaczone symbolem X (jak np. MK70FX512VLL15) wyposażono w rzadko spotykany typ pamięci Flash, noszący firmową nazwę FlexMemory (rysunek 2). Jest ona wykonywana w technologii TFS (*Thin Film Storage*) o wymiarze charakterystycznym 90 nm, jest ona przystosowana do pracy przy napięciach zasilania dochodzących do 1,71 V, a deklarowany przez producenta czas dostępu do danych nie przekracza 30 ns. Kontroler pamięci FlexMemory umożliwia użytkownikowi definiowanie niektórych jej bloków jako pamięci EEPROM o typowej liczbie cykli kasowania/zapis wynoszącej 1 mln, charakteryzującej się dodatkowo bardzo krótkim czasem kasowania i zapisu – nie przekracza on 1,5 ms/bajt. Mikrokontrolery wyposażone wyłącz-

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 32 kB)
 - Green Hills Software MULTI IDE (wersja ewaluacyjna)

nie w klasyczną pamięć Flash są oznaczone symbolami z literą „N” po nazwie rodziny, np.: MK60FN512VMD12.

Dodatkowe informacje o zestawie Tower są dostępne pod adresem: www.freescale.com/tower

W ostatnich tygodniach 2011 roku firma Freescale ogłosiła wprowadzenie do produkcji kolejnej podrodziny mikrokontrolerów nazwanej Kinetis X, wyposażonej w rdzeń Cortex-M4 taktowany sygnałem o częstotliwości do 200 MHz, wewnętrzne pamięci Flash o pojemności 1, 2 lub 4 MB (dostępne będą także warianty pozbawione pamięci wewnętrznej), pamięć SRAM ze sprzętową ochroną danych ECC (*Error Correction Code*), a także kompletny interfejs USB OTG zintegrowany z interfejsem warstwy fizycznej (PHY), działający w konfiguracjach LS/FS/HS. Schemat blokowy mikrokontrolerów Kinetis X pokazano na **rysunku 3**.

Dodatkowe informacje o zestawie KwikStik są dostępne pod adresem: www.freescale.com/kwikstik

Krok 1: wybieramy zestaw

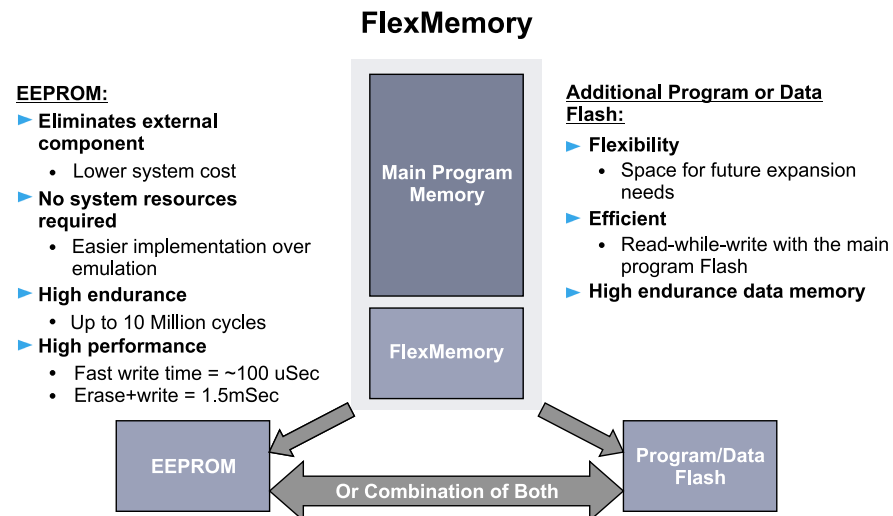
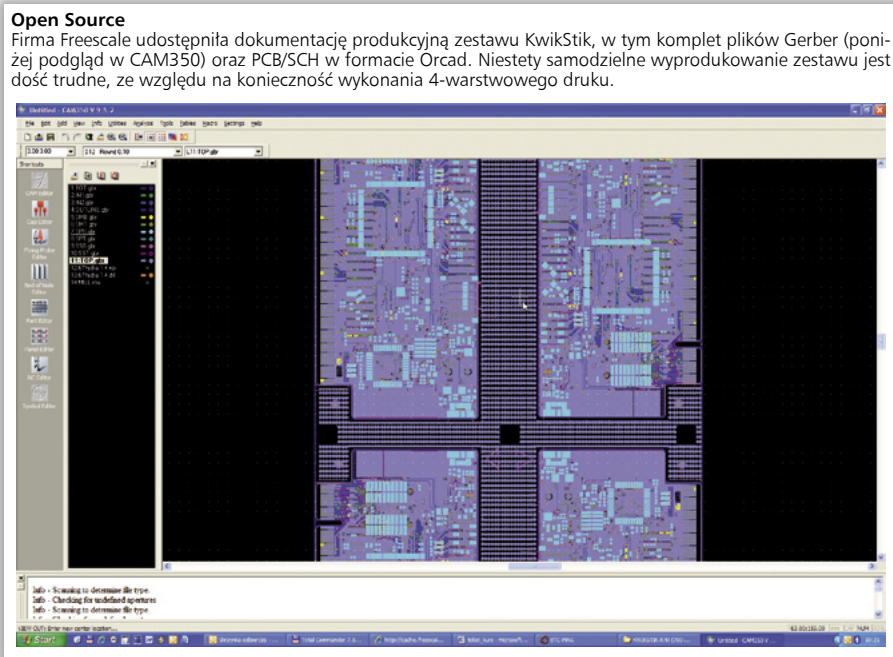
Freescale oferuje dwa rodzaje zestawów uruchomieniowych dla mikrokontrolerów Kinetis:

- Bardzo efektywny (**fotografia 4**) ale dość kosztowny zestaw Freescale Tower (przykładowo zestaw TWR-K60N512-KIT kosztuje ok. 720 PLN brutto), bardzo elastyczny sprzętowo, charakteryzujący się znacznymi możliwościami rozbudowy. Zaletą zestawu Tower jest możliwość poznania różnych mikrokontrolerów z rodziny Kinetis (co wymaga wymiany płytek z CPU).

- Równie efektywny, wyposażony w bogaty zestaw elementów peryferyjnych, zestaw ewaluacyjny KwikStik (**fotografia 5**), który nie tylko jest tańszy (poniżej 180 PLN brutto) i poręczniejszy od Towera, ale pozwala także rozpocząć przygodę z mikrokontrolerami wyposażonymi w wewnętrzny kontroler LCD (podrodzina K40).

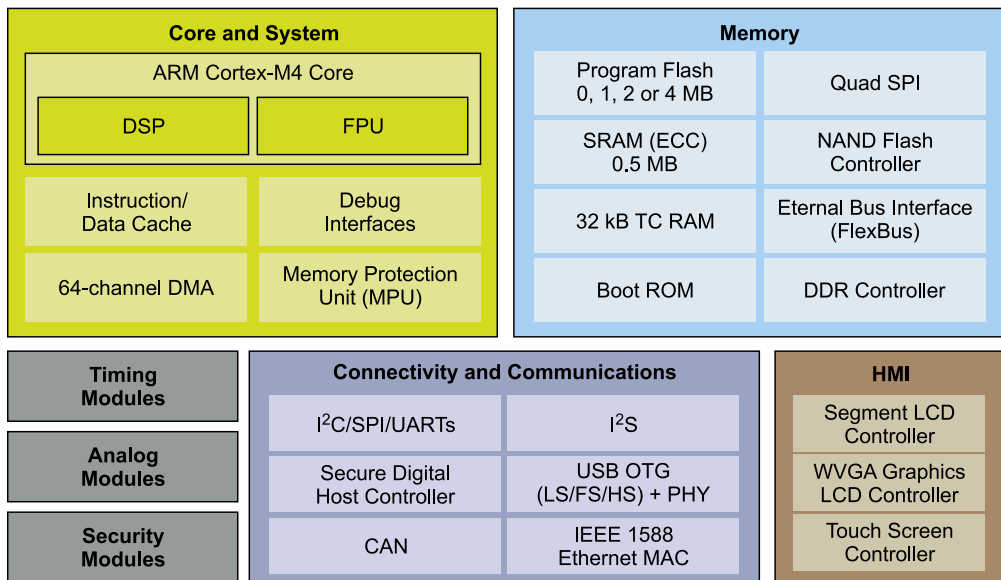
Biorąc pod uwagę koszty rozpoczęcia przygody z mikrokontrolerami Kinetis, jako platformę kursową wybraliśmy zestaw KwikStik K40, którego podstawowe możliwości przedstawiamy w dalszej części artykułu.

Płytką drukowana KwikStika jest – jak widać na fotografii 5 – zamknięta w silikonowej, elastycznej obudowie w kolorze pomarańczowym. Poza intrygującym wyglądem, atutem KwikStika jest jego wyposażenie, w skład którego wchodzi wszystkie elementy



Rysunek 2. Koncepcja pamięci FlexMemory

pozwalające przetestować bloki peryferyjne mikrokontrolera K40, w tym kontroler segmentowego LCD, bowiem w skład standardowego wyposażenia zestawu Kwikstik



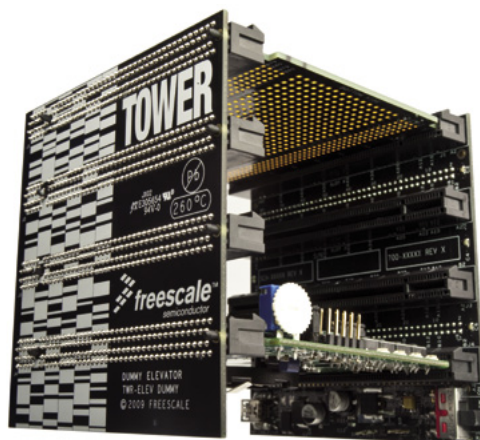
Rysunek 3. Schemat blokowy mikrokontrolerów Kinetis X

wchodzi monochromatyczny wyświetlacz LCD składający się z 306 segmentów!

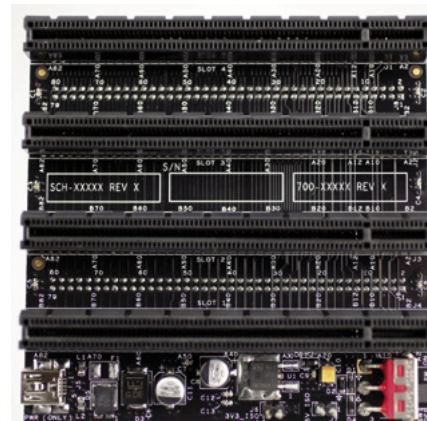
Użytkownik zestawu KwikStik ma do dyspozycji 256 kB pamięci Flash wbudowanej w mikrokontroler. Zastosowano w nim nowoczesny typ pamięci Flash, noszący firmową nazwę FlexMemory, która jest wykonywana w technologii TFS (*Thin Film Storage*) o wymiarze charakterystycznym 90 nm. Kontroler pamięci FlexMemory umożliwia użytkownikowi definiowanie niektórych jej bloków jako pamięci EEPROM o typowej liczbie cykli kasowania/zapis wynoszącej 1 mln, charakteryzującej się dodatkowo bardzo krótkim czasem kasowania i zapisu – nie przekracza on 1,5 ms/bajt.

Z obydwu stron LCD zamontowanego na płycie ulokowano pola czujników zbliżeniowych (**fotografia 6**), które spełniają rolę bezstykowej klawiatury (obsługiwanej przez mikrokontroler K40) wykorzystywanej w przykładowych aplikacjach, mogą z nich korzystać także aplikacje użytkowników.

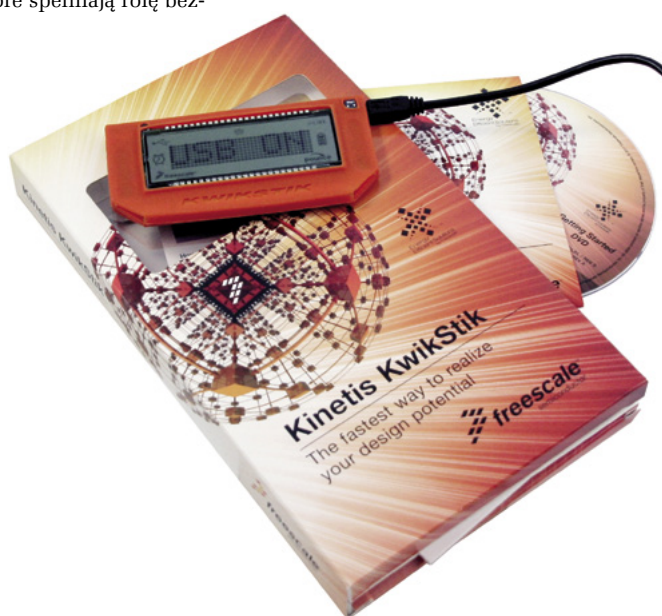
Szczególne możliwości rdzenia Cortex-M4 ujawniają się w aplikacjach wymagających obróbki sygnałów (DSP), co ułatwia wyposażenie KwikStika w mikrofon analogowy oraz analogowy tor wyjściowy audio bazujący na wewnętrznym przetworniku C/A z wyjściem sy-



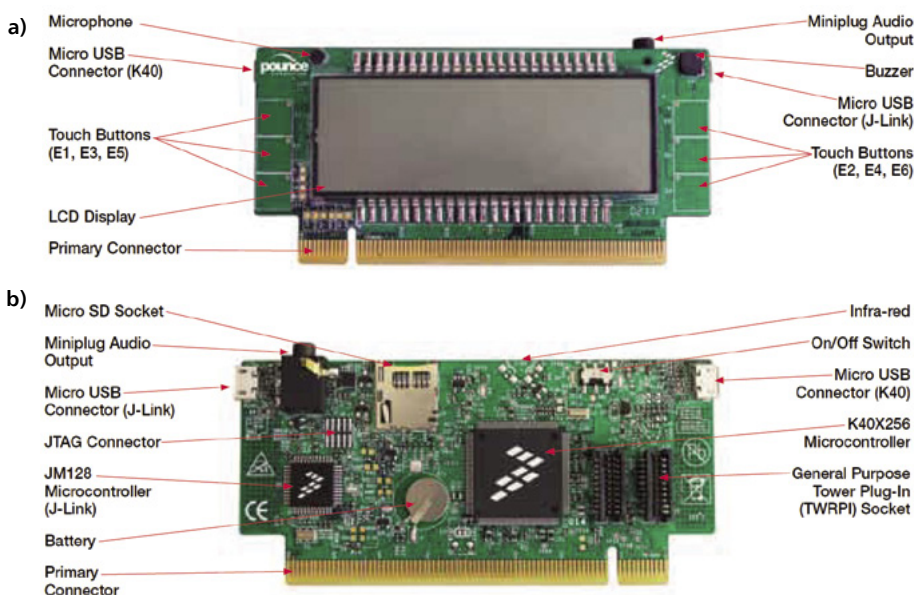
Fotografia 4. Widok jednego z wielu wariantów konfiguracji sprzętowej zestawu Freescale Tower



Fotografia 7. Zestaw KwikStik można zamontować w płycie elevator z zestawu Tower



Fotografia 5. Wygląd zestawu KwikStik z dostarczonymi elementami



Fotografia 6. Rozmieszczenie elementów na płycie zestawu KwikStik: strona wyświetlacza a), strona elementów b)

gnału 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 silikonowej 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 złożone złącze krawędziowe, umożliwiające montaż zestawu w płycie elevator zestawu Tower (**fotografia 7**). 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 ucieszy zapewne wyposażenie KwikStika w interfejs J-Link firmy Segger, 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.

Andrzej Gawryluk, EP