

Mikrokontrolery Infineon z rdzeniem XE166

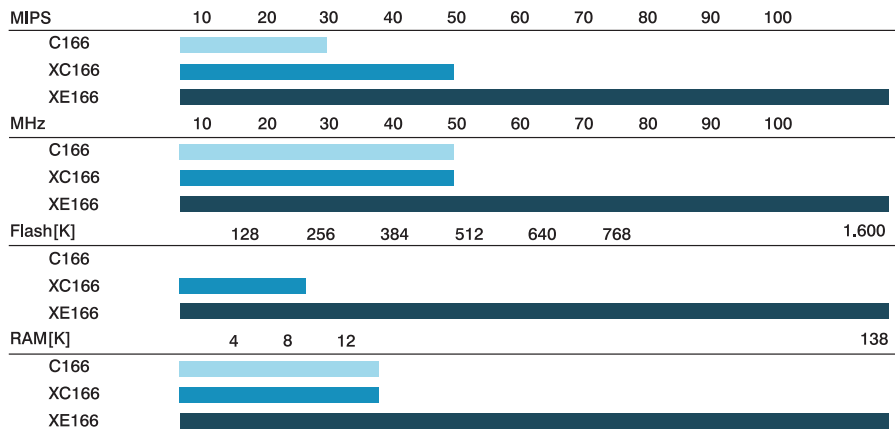
Rys historyczny

Jeszcze nie tak dawno za elitę wśród mikrokontrolerów uznawano jednostki 16 bitowe. Dzisiaj nawet 32 bitowe mikrokontrolery nikogo nie dziwią. Producenci epatują nas wydajnością rdzenia, dużą pamięcią RAM i Flash, oraz bardzo zaawansowanymi peryferiami swoich produktów. W tym gąszczu łatwo pogubić się, a ulegając tylko marketingowym przechwałkom można napotkać przykrą niespodziankę. Przykładem może być mikrokontroler rodziny LPC2100 produkowany przez firmę NXP. Został wyposażony w bardzo szybki i nowoczesny 32-bitowy rdzeń ARM7 i bardzo wolną magistralę

Do najbardziej wymagających aplikacji należą systemy czasu rzeczywistego. Niezwykle ważny jest tutaj jak najkrótszy czas reakcji mikrokontrolera na zachodzące zdarzenia. Musi on szybko wykonywać rozkazy, ale też czas reakcji sprzętowego układu przerwań na zewnętrzne zdarzenia musi być tak krótki, jak to tylko możliwe. Elementami doskonale nadającymi się do takich zastosowań są 16-bitowe mikrokontrolery z rdzeniem XE166 firmy Infineon. Nazywane są RTSC, co oznacza Real Time Signal Microcontrollers.

sterującą liniami portów. Ta wada została przez NXP szybko poprawiona w nowszych wersjach, ale jak widać samo zastosowanie dobrego rdzenia nie gwarantuje sukcesu.

Między innymi z tych powodów, doświadczeni konstruktorzy zanim podejmą decyzję o zastosowaniu tego czy innego elementu do wymagających aplikacji, zwracają uwagę nie

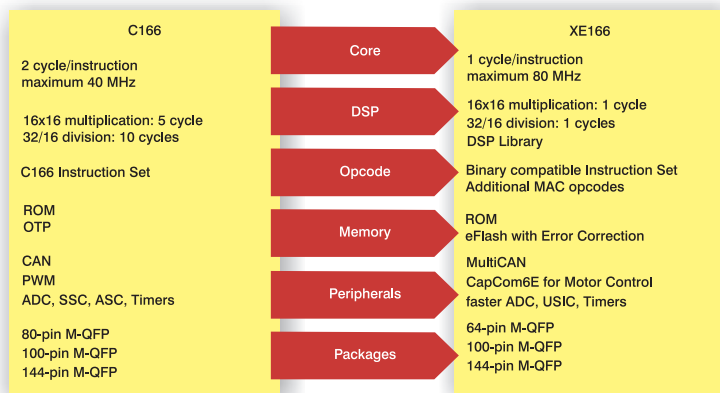


Rys. 1. Porównanie rodzin mikrokontrolerów rodzin 166

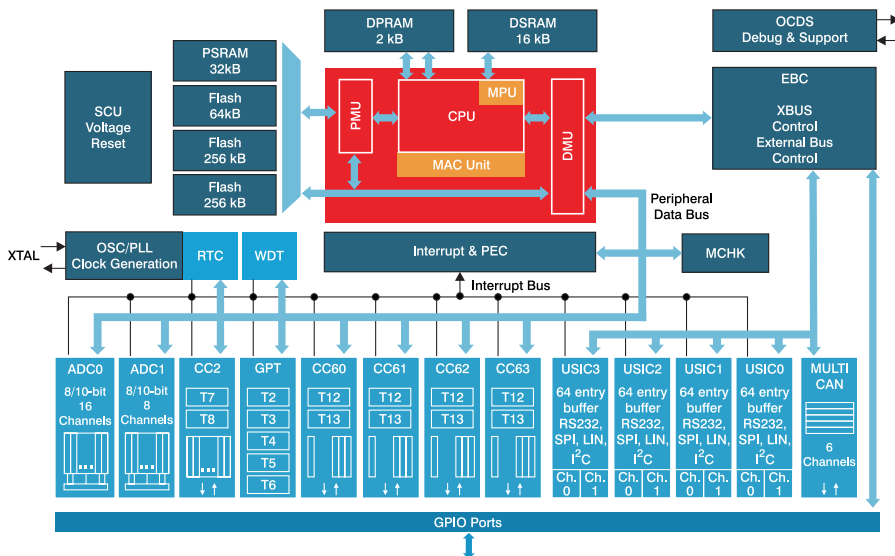
tylko na ilość bitów słowa danych rdzenia, czy wielkość pamięci. Te marketingowo nośne właściwości są oczywiście bardzo ważne, ale i inne są też dość istotne.

Jednymi z najbardziej wymagających aplikacji, w których pracują mikrokontrolery są systemy czasu rzeczywistego. Niezwykle ważny jest tutaj jak najkrótszy czas reakcji mikrokontrolera na zachodzące zdarzenia. Aby temu sprostać mikrokontroler musi szybko wykonywać rozkazy, ale też czas reakcji sprzętowego układu przerwań na zewnętrzne zdarzenia musi być tak krótki, jak to tylko możliwe.

Jednymi z elementów, które doskonale nadają się do takich zastosowań są 16-bitowe mikrokontrolery z rdzeniem XE166 firmy Infineon. XE166 nazywane są RTSC, co oznacza *Real Time Signal Microcontrollers*. To już piąta generacja 16-bitowych jednostek zaprojektowana i produkowana najpierw przez firmę Simens, a potem przez wydzielony z niej dział półprzewodników – Infineon. Historycznie pierwszym był mikrokontroler 80C166, a potem kolejne generacje 80C167, 80C164 i zaprojektowane około 2001 roku XC166 (rys. 1). Na rys. 2 pokazano porównanie rdzeni C166 i XE166.



Rys. 2. Porównanie rdzeni C166 i XE166



Rys. 3. Architektura mikrokontrolera z rdzeniem XE166

Doświadczenie robi swoje

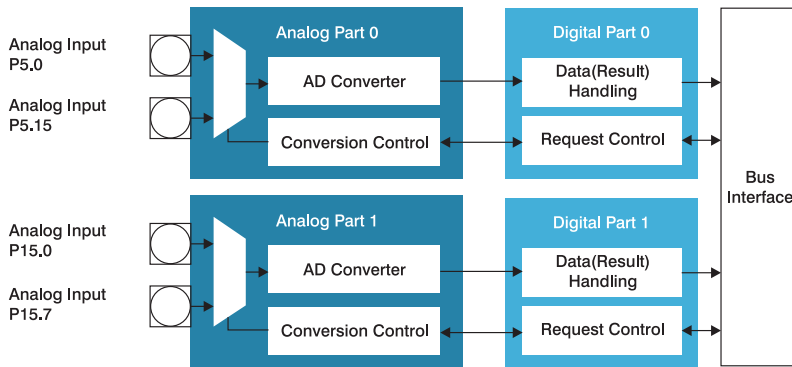
Architekturę XE166 przedstawiono na rys. 3. Jego rdzeń jest rozwinięciem najbardziej zaawansowanego rdzenia czwartej generacji XC166S V2. Już rdzeń XC166 zoptymalizowano do zastosowań w systemach czasu rzeczywistego: był taktowany zegarem 40 MHz, większość instrukcji wykonywała się w czasie jednego taktu zegara. Ponadto układy z rodziny XC166 miały niezłe peryferia i dużą pamięć flash i RAM. W porównaniu z nim XE166 oferuje 2 razy większą prędkość taktowania rdzenia (80 MHz). Przy rozkazach wykonywanych w jednym takcie zegara daje to maksymalną wydajność 80 MIPS. Taka wydajność jest wyliczana dla fragmentów programów bez rozkazów skoków, ale mimo to wynik jest bardzo dobry i można go porównywać z wydajnością jednostek 32 bitowych.

Pamięć programu Flash może mieć pojemność do 768 kB. W sterownik pamięci wbudowany jest moduł korekcji błędów EEC (*effective error correction*). EEC potrafi korygować błędy na jednym bicie i wykrywać błędy na 2 bitach w słowie pamięci Flash. Podobne rozwiązania stosowane są w kartach pamięci SD i zdecydowanie poprawiają niezawodność zapisu i odczytu pamięci programu mikrokontrolera.

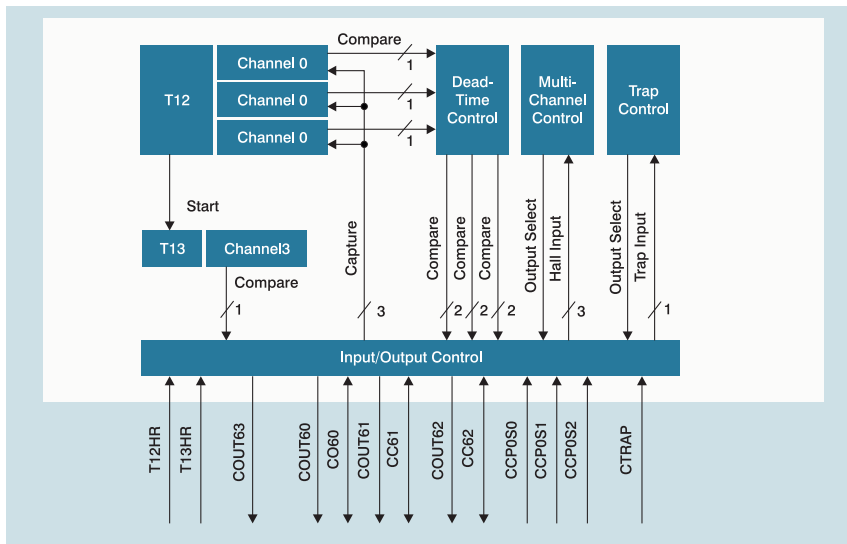
Pamięć RAM jest podzielona na 3 obszary i może mieć maksymalnie 82 kB. Pierwszy obszar (2 kB) to dwuportowa pamięć DPRAM przeznaczona na rejestry ogólnego przeznaczenia, DMA i obszar operandów dla jednostki MAC w operacjach DSP. Pamięć danych o pojemności 16 kB standardowo przeznaczona jest dla zmiennych użytkownika i stosu. Ostatni obszar RAM o rozmiarze do 64 kB przeznaczony jest dla pamięci programu.

W rdzeń wbudowano pięciopozomowy układ kolejkowania. Jak już wspomniano, większość rozkazów jest wykonywanych w trakcie jednego cyklu maszynowego. Dla zegara 80 MHz czas trwania cyklu maszynowego jest równy 12,5 ns. Układ MAC może wykonać sprzętowe mnożenie dwóch liczb 16-bitowych, również w trakcie jednego cyklu maszynowego. Dwie liczby 32-bitowe mnożone są w czasie 15 cykli maszynowych. W operacjach DSP mnożenie jest najbardziej pracochłonna operacją. Tak szybkie wykonanie mnożenia daje możliwość zaimplementowania wydajnej jednostki DSP niezbędnej w wielu aplikacjach przemysłowych, na przykład w sterowaniu silnikami elektrycznymi.

Oprócz bardzo szybkiego rdzenia i dużej pamięci, w przypadku mikrokontrolerów dla systemów wbudowanych *embeded*, niezwykle ważne jest wyposażenie w układy pomocnicze i peryferyjne. Tutaj też Infineon nie ma się czego wstydzić. Umieszczenie układów oscylatora, watchdoga, nadzoru na-



Rys. 4. Moduł przetwornika analogowo cyfrowego



Rys. 5. Moduł CCP/CCU6E

pięcia zasilania (BOR), czy emulacji pamięci EEPROM zmniejsza ilość układów zewnętrznych i upraszcza płytę drukowaną. Rdzeń i układy analogowe (przetworniki analogowo cyfrowe) zasilane są przez oddzielne wyprowadzenia. Można zasilić układy cyfrowe niższym napięciem zakresu 3...5 V po to, aby zmniejszyć pobieraną przez układ moc. Z kolei układy analogowe zasilane wyższym napięciem (maks. 5,5 V) to większe zakresy pomiarowe i rozdzielczości pomiarów.

Mikrokontrolery z rdzeniem XE166 można wyposażać w wiele rozbudowanych układów peryferyjnych. Pokazany na rys. 4 moduł przetwornika analogowo cyfrowego (ADC) zawiera dwa synchronizowane przetworniki A/C z programowaną rozdzielczością (10 lub 8 bitów), czasem konwersji około 1 μ s i zależnie od typu obudowy, do 24 multipleksowanych wejść analogowych. Szczególnie ciekawa jest współpraca przetwornikaz modułem CCP/CCU6E. Połączenie zaawansowanego wyzwalania pomiarów z możliwościami CCU6E pozwala na precyzyjne sterowanie nawet czterema silnikami elektrycznymi.

W moduł CCU6E (rys. 5) wbudowano blok timera T12 z trzema kanałami CCP i blok timera T13 z jednym kanałem porównania (compare). T12 może generować do 6 sygnałów PWM, lub przyjmować wyzwa-

lanie z 6 zdarzeń przechwytywania (capture). Te właściwości umożliwiają sterowanie mostkami mocy z generacją czasu martwego (dead time) silnikami prądu przemiennego. Specjalny tryb pozwala na sterowanie silnikami prądu stałego typu BLDC.

Mikrokontrolery z rodziny XE166 mogą mieć wbudowane do trzech modułów transmisji szeregowej nazywanych USIC (*Universal Serial Interface Channel*) Każdy z modułów zawiera 2 identyczne kanały (rys. 6), czyli w sumie dostępnych jest 6 elastycznie programowanych kanałów transmisji w standardach UART (RS232), SPI, I²C, I²S i LIN. Każdy USIC Channel taktowany jest niezależnym generatorem prędkości transmisji. Dane wejściowe i wyjściowe są buforowane

(FIFO), a długość słowa danych jest programowana.

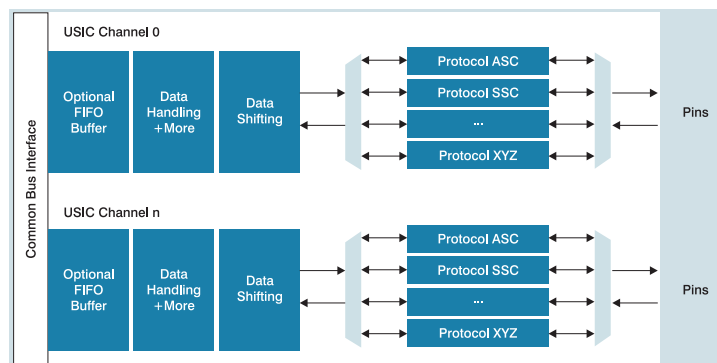
Kolejnym aspektem istotnym z punktu widzenia wykorzystania w przemyśle jest interfejs MultiCAN. MultiCAN wspiera 5 niezależnych węzłów CAN 2.0B i maksymalnie 128 sygnalizacji obiektowych. Można też zaimplementować programowe filtry, bufory FIFO, oraz bramę CAN.

Oczywiście to nie wszystkie dostępne układy peryferyjne. Mikrokontrolery Infineona są wyposażane w dwa moduły liczników ogólnego przeznaczenia:

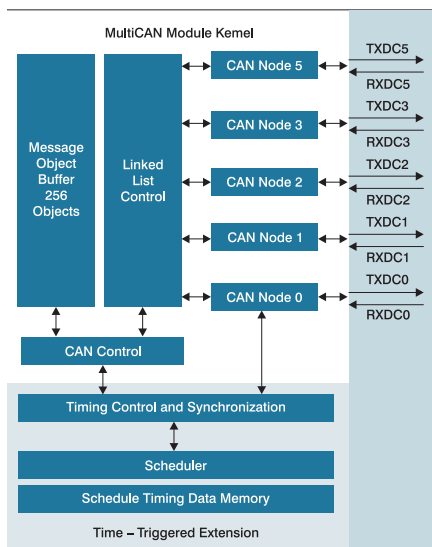
- GPT1 zawierający trzy 16-bitowe liczniki/timery liczące z maksymalną rozdzielczością $f_{sys}/4$ i GPT2 zawierający dwa 16-bitowe liczniki/timery liczące z maksymalną rozdzielczością $f_{sys}/2$.
- Moduł zegara czasu rzeczywistego RTC z generowaniem przerwań dla funkcji alarmów.
- Licznik watchdog z programowanym czasem przepełnienia.
- Interfejs JTAG do debugowania programu.

Ilość modułów jest zależna od typu mikrokontrolera i zastosowanej obudowy. W układach XE164 stosuje się obudowę 100-pinową LQFP (75 linii I/O), a w układach XE167 obudowę 144-pinową LQFP (118 linii I/O).

Wspomniana już bardzo szybka reakcja na przerwania i szybkie przełączanie kontekstów RTOS ułatwia, a w niektórych przypadkach wręcz umożliwia, na przykład optymalne sterowanie silnikami, chociaż nie tylko. W mikrokontrolerach rodziny XE166 zastosowano unikalne rozwiązanie *Peripheral Event Controller* (PEC). PEC używa do transferu danych pomiędzy układami peryferyjnymi, a pamięcią mechanizmu DMA. Dane (bajt lub słowo 16-bitowe) przesyłane są przez PEC w jednym cyklu zegara. Transmisja danych z peryferii do pamięci mikrokontrolera może być wyzwolona przez zgłoszenie wewnętrznego przerwania. Przesłanie nie wymaga wykonania programowej procedury obsługi przerwania, bo jest sprzętowo wykonywane przez PEC. Przerwania zgłaszane są z 87 źródeł i mają 16 poziomów priorytetów.



Rys. 6. Moduł USIC



Rys. 7. Moduł MultiCAN

Różnorodne zastosowania

Rodzinę mikrokontrolerów z rdzeniem XE166 przedstawiono na rys. 8 i w tab. 1. Obszar ich zastosowań jest bardzo duży. Są wyposażone we wszystko co potrzebne do relatywnie prostego sterowania pompami, wentylatorami, kompresorami. Można je z powodzeniem stosować w systemach HVAC (ogrzewanie, wentylacja klimatyzacja). Rozwiązania zastosowane przez producenta, a szczególnie zaawansowany moduł CCU6E, pozwalają inżynierom na tworzenie wysokowydajnych aplikacji sterujących niezależnie od typu silnika i algorytmów sterujących.

Wbudowane mechanizmy wspomagające sterowanie różnymi silnikami umożliwiającą kontrolowanie pracy serwo mechanizmów, frezarek CNC, robotów, układów zasilania i maszynowych przekształtnikach DC/AC (inwerters). Obszarów stosowania można znaleźć więcej: w lokomotywach, wózkach elektrycznych, tramwajach. Od małych urządzeń do wielkich wysokonapięciowych silników trakcyjnych.

Istnieje też specjalna rodzina mikrokontrolerów z tym rdzeniem nazwana XC2000. Mogą pracować w zakresie temperatur od -40°C do +125°C i są przeznaczone do stosowania w przemyśle samochodowym. Oprócz możliwości pracy w szerokim zakresie temperatur XE2000 są wyposażane w niezbędne dla tych zastosowań peryferia, na przykład już wspomniany moduł CAN.

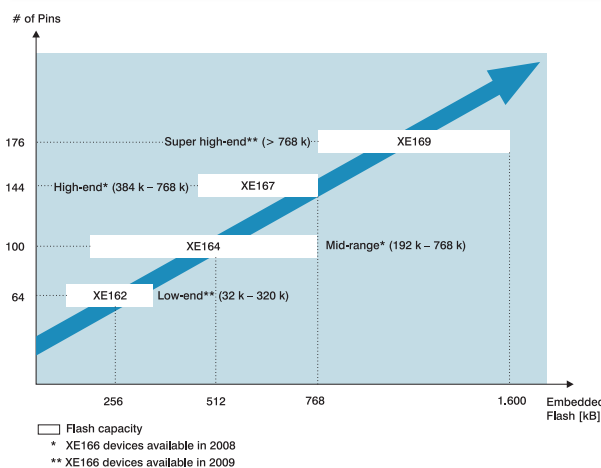
Obecnie rodzina mikrokontrolerów składa się z 2 podstawowych typów XE164 i XE167. W tym roku ma być dostępny typ XE162, a w przyszłym najbardziej zaawansowany XE169.

Narzędzia

Najlepszy nawet mikrokontroler będzie trudno zastosować bez narzędzi projektowych. Przyzwyczailiśmy się, że pierwsze kroki z nowymi tego typu elementami naj-

Tab. 1. Przegląd mikrokontrolerów z rdzeniem XE166

Typ	Liczba wypr.	eFlash	SRAM	Węzły CAN	I/O	Timery	Porty szereg.	Dostępność
XE162	64	32...320	6...34	0...2	do 40	do 9	2...4	2009
XE164	100	192...768	28...62	0...4	do 75	do 12	2...6	2008
XE167	144	384...768	26...82	0...6	do 116	do 16	4...8	2008
XE169	176	>1600	>138	0...6	do 140	do 24	4...8	2010



Rys. 8. Rodzina mikrokontrolerów z rdzeniem XE166

lepiej stawiać z wykorzystaniem płytek ewaluacyjnych. Producent przygotował i oferuje na swoich stronach internetowych kilka różnych zestawów startowych dla rodzin XE164 i XE167. Jednym z nich jest Easy Kit XE167FM.

Zestaw zawiera:

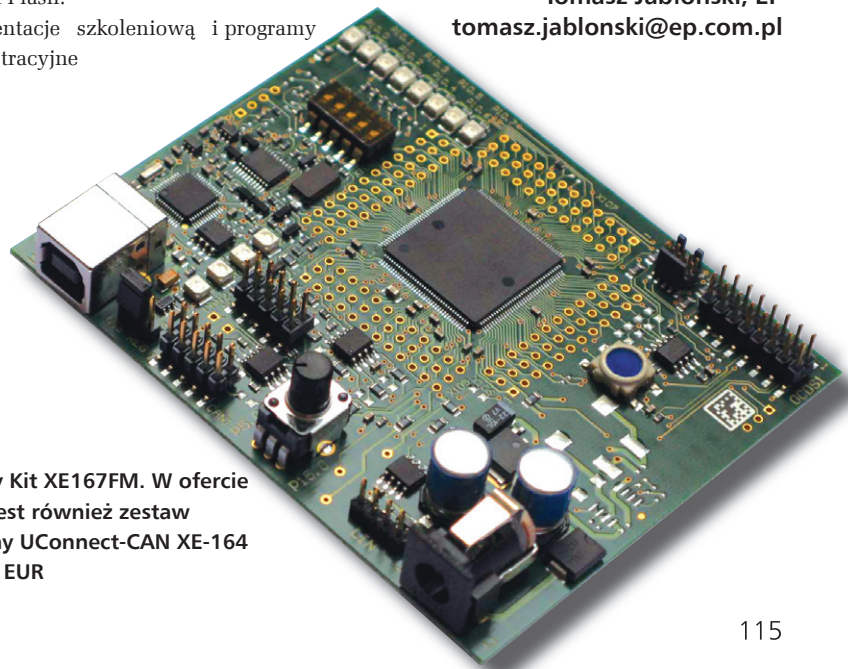
- Płytkę ewaluacyjną (fot. 9) ze złączami USB, JTAG, LIN i CAN, transceiverami CAN (TLE6250G) i LIN TLE7259G, pamięcią eeprom AT25128 itp.
- Wyczerpującą dokumentację techniczną: podręcznik użytkownika, opis architektury noty aplikacyjne, erraty i schematy.
- Ewaluacyjną wersję kompilatora C i debugera.
- Firmowy program DAVe do graficznej konfiguracji peryferii.
- Program Memetool do programowania pamięci Flash.
- dokumentacje szkoleniową i programy demonstracyjne

Easy Kit XE167FM kosztuje 149 Euro. Nie jest tani, ale nie zapominajmy, że obszar zastosowań mikrokontrolera raczej wyklucza hobbystyczne zastosowania, a dla firm nie jest to duży wydatek.

Profesjonalne kompilatory języka C oferuje firma Altium i tradycyjnie Keil. Altium, w porozumieniu z Infineonem, dostarcza darmowy XE166 Tasking C Compiler z jednoroczną licencją. Kompilator ten zintegrowany jest ze środowiskiem projektowym IDE z debugerem Cross View Pro pozwalającym uruchamiać programy wykorzystując sprzętowy moduł debugera OCDS wbudowany w rdzeń mikrokontrolera. Każdy zestaw ewaluacyjny Infineona zawiera to narzędzie projektowe z programami przykładowymi w postaci gotowych projektów. Po zainstalowaniu dostarczonego z zestawem oprogramowania wystarczy tylko połączyć płytkę z komputerem i można przystąpić natychmiast do testowania. Darmowe oprogramowanie można też pobrać ze strony producenta mikrokontrolerów.

Keil znany z doskonałych kompilatorów miał w swojej ofercie już kompilator C dla pierwszej wersji rdzenia C166. Konstruktorzy przyzwyczajeni do tego narzędzia mogą go używać również dla tej wersji rdzenia wykorzystując znane środowisko uruchomieniowe μ Vision.

Tomasz Jabłoński, EP
tomasz.jablonski@ep.com.pl



Fot. 9. Easy Kit XE167FM. W ofercie dostępny jest również zestaw ewaluacyjny UConnect-CAN XE-164 w cenie 49 EUR