



Stellaris z CAN-em

Płytkka ewaluacyjna LM3S8962 EVB

Mikrokontrolery rodziny MSP430, mimo wielu zalet, nie osiągnęły wielkiego sukcesu rynkowego – chyba można tak powiedzieć.

Poprawienie pozycji wśród producentów procesorów Texas Instruments osiągnął dopiero po wykupieniu stosunkowo niewielkiej firmy produkującej bardzo nowoczesny i wydajny mikrokontroler.

Teraz sukces nie trzeba było długo czekać.

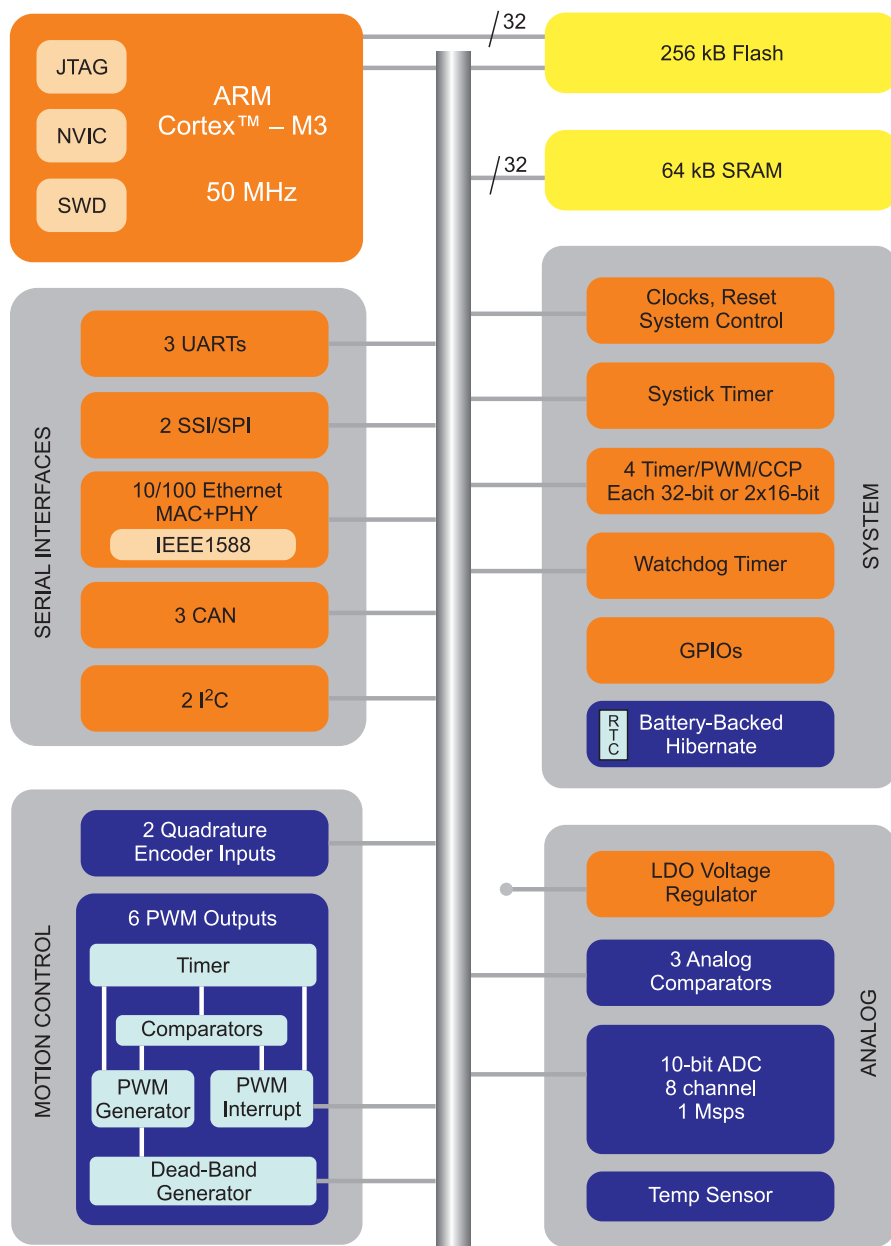
W branży elektronicznej, tak jak w każdej innej, zachodzą częste zmiany własnościowe. Co jakiś czas dowiadujemy się o podziale jakiegos wielkiego giganta na kilka mniejszych firm bądź o połączeniu mniejszych firm w jedną. I tak, w maju 2009 roku Texas Instruments ogłosił przejście Luminary Micro – producenta 32-bitowych mikrokontrolerów Stellaris z rdzeniem ARM Cortex-M3. Nie pierwsza to taka operacja Texasa. W ten sposób firma ta

staje się dostawcą podzespołów przeznaczonych do bardzo zróżnicowanych zastosowań. Jest to działanie przemyślane. Bogata oferta zwraca bowiem uwagę konstruktorów urządzeń elektronicznych, którzy na pewno chętnie będą realizować projekty stosując elementy od jednego producenta. Przejście Luminary Micro powinno również w przyszłości czasu korzystnie wpłynąć na rozwój linii mikrokontrolerów Stellaris, gdyż zostanie im udostęp-

niona zaawansowana technologia, jaką już wcześniej dysponował Texas Instruments.

Płytkka ewaluacyjna ze Stellarisem, CAN-em i Ethernetem

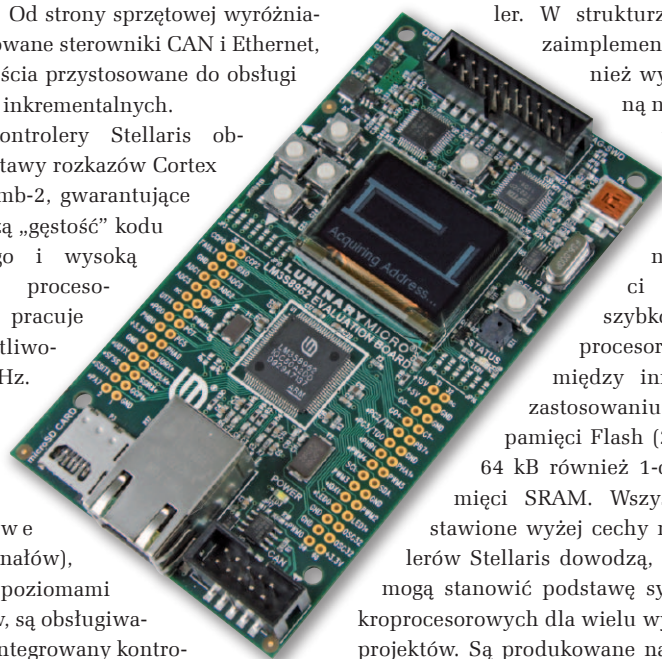
Mikrokontrolery Stellaris podzielono na kilka rodzin różniących się między sobą głównie wyposażeniem w peryferia. Dla każdej z nich zostały opracowane zestawy ewaluacyjne pozwalające jak najpełniej poznać daną grupę procesorów. Nas zainteresowały te mikrokontrolery, które szczególnie dobrze nadają się do systemów kontroli ruchu, sprawdzają się w układach automatyki przemysłowej, aplikacjach sieciowych itp. Założone kryteria bardzo dobrze spełniają mikrokontrolery rodziny 8000, aczkolwiek nie można ich kojarzyć wyłącznie z takimi zasto-



Rysunek 1. Schemat blokowy mikrokontrolera LM3S8962

sowaniami. Od strony sprzętowej wyróżniają ją wbudowane sterowniki CAN i Ethernet, a także wejścia przystosowane do obsługi enkoderów inkrementalnych.

Mikrokontrolery Stellaris obsługują zestawy rozkazów Cortex-M3 i Thumb-2, gwarantujące bardzo dużą „gęstość” kodu wynikowego i wysoką wydajność procesora. Rdzeń pracuje z częstotliwością 50 MHz. Zagnieżdżane przewierania wektorowe (36 kanałów), z ośmioma poziomami priorytetów, są obsługiwane przez zintegrowany kontro-



ler. W strukturze procesora zaimplementowano również wykorzystywaną np. przez systemy operacyjne jednostkę ochrony pamięci MPU. Dużą szybkość działania procesora uzyskano między innymi dzięki zastosowaniu 1-cykłowej pamięci Flash (256 kB) oraz 64 kB również 1-cykłowej pamięci SRAM. Wszystkie przedstawione wyżej cechy mikrokontrolerów Stellaris dowodzą, że układy te mogą stanowić podstawę systemów mikroprocesorowych dla wielu wymagających projektów. Są produkowane na przemysłowo-

wy zakres temperatury pracy (od -40 do +85°C) i na zakres rozszerzony (od -40 do +105°C). Dostępne są układy w obudowach LQFP-100 i BGA-108.

Testowany przez nas zestaw ewaluacyjny dla mikrokontrolerów Stellaris rodziny 8000 nosi nazwę LM3S8962 Ethernet + CAN Evaluation Kit. Z pewnością okaże się on bardzo przydatny nie tylko dla tych, którzy sięgają po Stellarisy po raz pierwszy. Mikrokontroler LM3S8962, zamontowany na płytce bazowej ma bardzo wiele wbudowanych bloków peryferyjnych (rysunek 1), wśród których na szczególną uwagę zasługuje moduł CAN obsługujący protokół 2.0 A/B, pracujący z szybkością do 1 Mb/s. Na płytce dostępny jest standardowy interfejs CAN z sygnałami wyprowadzonymi na łączówkę IDC10. Do typowego gniazda DB-9 konieczne jest zastosowanie odpowiedniego adaptera, który trzeba jednak wykonać we własnym zakresie. Linie sygnałowe interfejsu są zaterminowane rezystorami 120-omowymi. Jeśli płytka nie jest dołączona do końca łańcucha, rezystory te powinny być zdemonstrowane.

CAN jest wykorzystywany do współpracy z urządzeniami wykonawczymi sterowanymi przez mikrokontroler, zaś „oknem na świat” dla takiego systemu jest sterownik ethernetowy 10/100 ze zintegrowanym transceiverem PHY. Do pracy wymagane są elementy zewnętrzne, jakimi są gniazdo RJ45 z transformatorami i kilkoma elementami pasywnymi. Zamontowane przy gnieździe diody świecące sygnalizują poprawność połączenia oraz ruch w sieci i są sterowane przez mikrokontroler. Po dołączeniu ich do portów ogólnego przeznaczenia mogą być również wykorzystywane przez oprogramowanie użytkowe. Interfejs ethernetowy mikrokontrolera LM3S8962 zapewnia automatyczną korekcję MDI/MDI-X cross-over oraz programowany adres MAC.

Inne, dostępne dla tworzonych aplikacji układy we/wy to:

- synchroniczny interfejs szeregowy obsługujący pracę w trybie master i slave SPI, MICROWIRE, TI,
- interfejs I²C (master i slave) pracujący w trybie Standard 100 kb/s i Fast 400 kb/s, z arbitrażem w trybie master i 7-bitowym adresowaniem,
- dwa UART-y ze wsparciem dla IrDA, mogące pracować z szybkością do 3,125 Mb/s,
- 4-kanałowy, 10-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy, z wejściami symetrycznymi lub różnicowymi, pracujący z szybkością 500 kSa/s,
- komparator analogowy wyzwalający pacę przetwornika A/C,
- trzy generatory PWM z 16-bitowymi licznikami,
- dwa wejścia enkoderów kwadraturowych,

- układy czasowe/liczniki o elastycznej konfiguracji: 4 timery ogólnego zastosowania, z których każdy może pracować jako jeden licznik 32-bitowy lub dwa liczniki 16-bitowe, zegar czasu rzeczywistego (RTC), 24-bitowy timer systemowy (SysTick), 32-bitowy watchdog,
- od 5 do 42 portów ogólnego przeznaczenia (zależnie od konfiguracji).
- Mikrokontroler jest zasilany napięciem 3,3 V, ale porty mają tolerancję 5-woltową, mogą być źródłami przerwań i inicjować pracę przetwornika A/C.

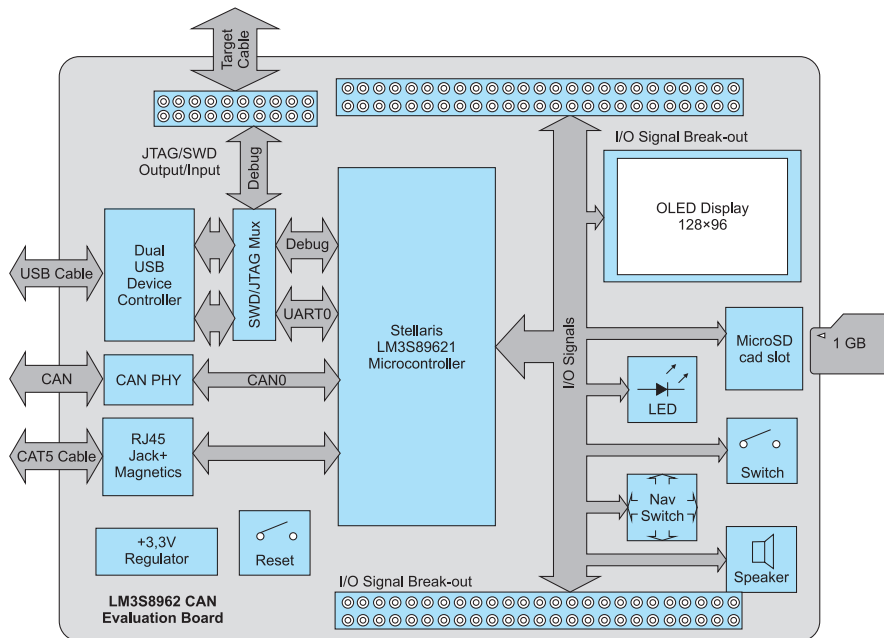
W płytce ewaluacyjnej używa się trzy z czterech dostępnych w mikrokontrolerze generatorów przebiegów zegarowych. Jeden z nich, o częstotliwości 12 MHz, taktuje wewnętrzne układy mikrokontrolera. Także drugi generator 8 MHz taktuje wewnętrzne bloki cyfrowe, a po powieleniu częstotliwości do 50 MHz „napędza” rdzeń procesora i układy peryferyjne. Ostatni z generatorów (25-megahercowy) jest niezależny od poprzednich i służy do taktowania interfejsu ethernetowego.

Płytkę LM3S8962 Ethernet + CAN Evaluation Kit nie wymaga do pracy żadnych dodatkowych urządzeń. Zawiera wszystkie elementy niezbędne do prawidłowej pracy systemu. Są to: układ zerowania (po włączeniu zasilania lub przyciskiem *Reset*) i wewnętrzny zasilacz wytwarzający napięcie 3,3 V z napięcia pobieranego ze złącza USB.

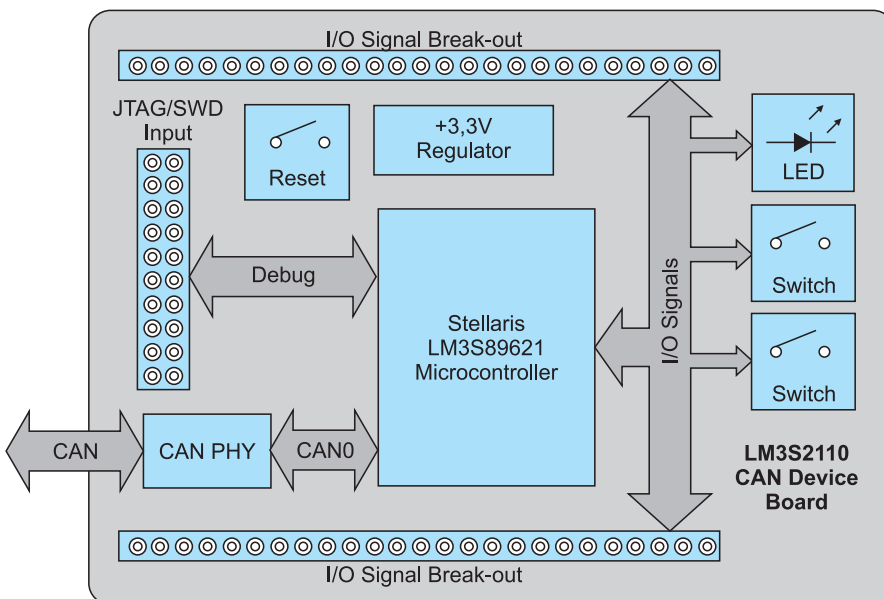
Zabawa nie tylko przez Ethernet i CAN

Prezentacja działania interfejsu CAN wymaga połączenia dwóch urządzeń, więc w zestawie ewaluacyjnym oprócz płytki bazowej dodano małą płytkę, na której zamontowano nieco prostszy mikrokontroler Stellaris – LM3S2110. Płytkę tę symuluje działanie urządzenia komunikującego się z hostem (płytką główną) poprzez CAN. Jest ona dołączana za pośrednictwem typowej „tasiemki” 10-przewodowej. Obok gniazda CAN umieszczono gniazdo Ethernet 10/100. Schematy blokowe obu płytek przedstawiono na **rysunkach 2 i 3**.

Do komunikacji z komputerem przewidziano interfejs USB z gniazdem miniUSB. Odpowiedni kabelek jest dostarczany z zestawem, tak więc pierwsze próby można rozpocząć zaraz po rozpakowaniu pudełka. Port USB oprócz swojej podstawowej funkcji komunikacyjnej dostarcza również napięcie zasilające dla wszystkich elementów. W centralnym polu płytki, obok mikrokontrolera, umieszczono bardzo efektowny wyświetlacz graficzny OLED z matrycą monochromatyczną 128×96 punktów o białym kolorze świecenia. Mimo niewielkich wymiarów pola roboczego (26,86×20,14 mm) obraz jest bardzo ostry i czytelny, co jest zresztą typowe dla tego typu wyświetlaczy. Na płytce znajdują



Rysunek 2. Schemat blokowy płytki głównej zestawu ewaluacyjnego

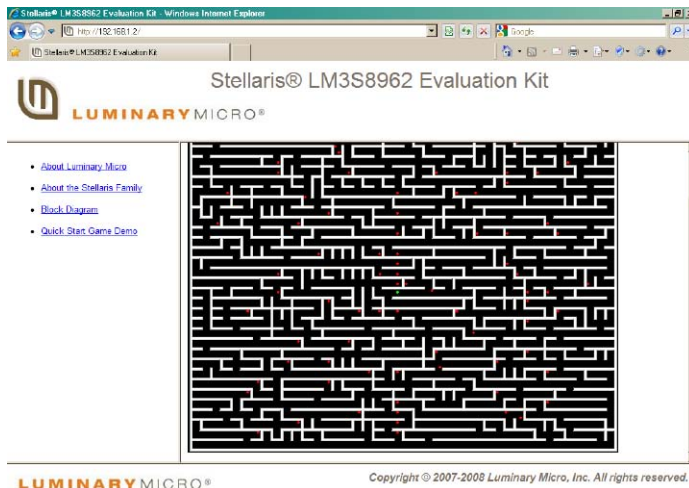


Rysunek 3. Schemat blokowy płytki dodatkowej zestawu ewaluacyjnego

się również 4 przyciski nawigacyjne i przycisk wyboru, a sygnalizację dźwiękową zapewnia miniaturowy buzzer, na którym można wygrywać nawet proste melodyjki. Wokół mikrokontrolera rozmieszczono punkty lutownicze wyprowadzające porty I/O. Należy jeszcze wspomnieć o złączu JTAG/SWD i gnieździe dla kart microSD. W udostępnionych źródłach programów zawarto m.in. kod służący do odczytu kart sformatowanych z FAT-em. Ich obsługa jest prowadzona przez SPI, co wprawdzie nie jest zalecane przez producentów, ale możliwe w większości przypadków.

Jednym z bardziej efektownych programów zawartych w pakiecie StellarisWare, o którym będzie jeszcze mowa w dalszej części artykułu, jest prosta gra typu „strzelanka” z chodzeniem po labiryncie i likwidowaniem wrogów. Wyświetlacz stanowi okno,

przez które jest widoczny tylko niewielki wycinek wszystkich korytarzy. Nie ułatwia to znalezienia wyjścia, tym bardziej że zewsząd atakują groźni przeciwnicy. Pewnym ułatwieniem jest dołączenie płytki do dostępnej sieci ethernetowej i uruchomienie w przeglądarce strony o adresie odpowiadającym IP modułu ethernetowego płytki ewaluacyjnej. Na ekranie powinien ukazać się odświeżany na bieżąco, pełny rysunek labiryntu (**rysunek 4**), co świadczy o prawidłowej komunikacji przez sieć. Zapisana w pamięci mikrokontrolera strona WWW, prezentowana w przeglądarce, zawiera ponadto kilka dodatkowych informacji o rodzinie Stellaris wyświetlanych po uaktywnieniu odpowiednich odnośników. Pozostaje jeszcze wyjaśnienie sposobu wykorzystania interfejsu CAN w grze demonstracyjnej. Chciałoby się, żeby jego rola była istotna dla przebiegu



Rysunek 4. Pełny rysunek labiryntu przesłany do przeglądarki via Ethernet

wydarzeń w labiryncie, tak jednak nie jest. Komunikacja poprzez CAN jest ograniczona do regulacji głośności buzera, którą przeprowadza się dwoma przyciskami na płytce dodatkowej. Aby przekonać użytkownika, że transmisja może przebiegać w dwóch kierunkach, diodę LED umieszczoną na małej płytce wykorzystuje się do sygnalizacji naciśnięcia przycisku wyboru na płycie bazowej. Gra wydaje się początkowo nie do przejścia, ale już po kilku próbach udaje się znaleźć sposób na napastników. Tak więc krew leje się niemiłosiernie, a do wyjścia z labiryntu jak zwykle doprowadza metoda „lewej ręki”.

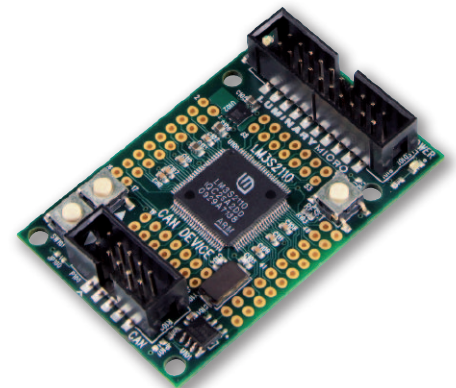
Teraz poważnie

Opisana gra w sposób przekonujący pokazuje działanie komunikacji poprzez CAN i Ethernet, ale użytkownika z pewnością zainteresują także inne, nieco poważniejsze sposoby wykorzystania zestawu ewaluacyjnego. Możliwości jest sporo, gdyż nabywając LM3S8962 Evaluation Kit dostajemy niemało profesjonalnych narzędzi, które posłużą do poznania mikrokontrolerów Stellaris oraz będą przydatne przy projektowaniu własnych aplikacji. Na płytce CD zawarto opro-

gramowanie StellarisWare, w skład którego wchodzi:

- MDK-ARM Keila (Microcontroller Development Kit),
- IAR Embedded Workbench,
- Code Sourcery GCC development tools,
- Code Red Technologies development tools.

Są to wersje z ograniczeniami czasowymi lub ograniczeniem wielkości kodu. Ponadto udostępniona jest dokumentacja mikrokontrolerów Stellaris w tym oddzielnie rdzenia ARM Cortex-M3, przewodnik szybkiego startu, przykładowe źródła programów. Oprogramowanie StellarisWare jest rozprowadzane w większości z licencją *free*, biblioteki Peripheral Driver Library z licencją *royalty-free* (jednorazowa opłata). Można przy tym wybrać obsługę urządzeń peryferyjnych w trybie odpytywania (*pooling*) lub z przerwaniem. Biblioteki zawierają kod wykorzystywany zarówno do inicjowania pracy poszczególnych bloków funkcjonalnych, jak i ich obsługi podczas pracy. Działanie bibliotek graficznych można zaobserwować na wyświetlaczu płytki ewaluacyjnej, na przykład jako efektowny, dobrze znany z dużych komputerów



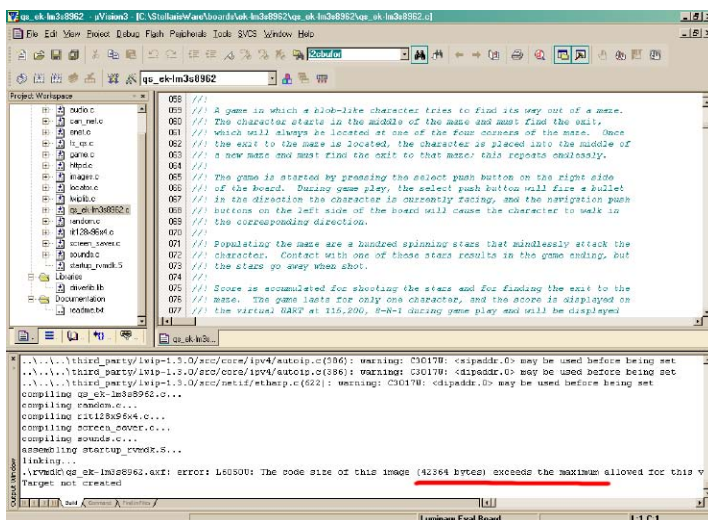
wygaszacz ekranu. Z dużym zadowoleniem na pewno zostanie przyjęta również biblioteka USB obsługująca USB Host, USB Device i USB On-The-Go.

Mikrokontrolery Stellaris są bardzo przyjazne pod względem programowania wewnętrznej pamięci Flash. Na płytce ewaluacyjnej można to robić zarówno poprzez złącze programowania i debugowania JTAG/SWD bezpośrednio ze środowiska IDE, jak również poprzez jeden z portów szeregowych. W oprogramowaniu narzędziowym znajduje się m.in. LM Flash Programmer, za pomocą którego można programować pamięć Flash mikrokontrolera z plików .BIN bez ograniczeń wielkości kodu. Ma to znaczenie, gdyż kod, np. wspomnianej wcześniej gry przekracza wielkość możliwą do debugowania w ewaluacyjnej wersji środowiska uruchomieniowego np. Keila (rysunek 5). Cały program kompiluje się jednak bez problemu i można go wprowadzić do pamięci mikrokontrolera, a następnie uruchomić. Pozostając w tematyce programowania należy dodać, że z myślą o wygodzie użytkowników, Texas Instruments opracował i udostępnił na licencji *royalty-free* bootloader szeregowy współpracujący z dowolnym portem szeregowym (UART, I²C, SSI, CAN, USB DFU, a także Ethernetem).

Texas rulez!

Texas Instruments przywiązuje bardzo dużą wagę do jakości zestawów ewaluacyjnych i zaopatrywania swoich potencjalnych klientów we wszystko, co może być im później przydatne w pracy – oczywiście z zastosowaniem podzespołów ze znacznikiem TI. Dbałość zaczyna się od perfekcyjnego opracowywania starter kitów, a kończy na dostarczeniu źródeł wiedzy, która wydaje się nawet lekko na wyrost. Programiści będą zadowoleni z możliwości korzystania z wersji źródłowych oprogramowania, tym bardziej, że obejmuje ono bardzo szeroki zakres tematyczny. Będą z niego na pewno korzystać nawet ci, którzy wszystko lubią zrobić po swojemu. Płytki ewaluacyjnej można oczywiście użyć nie tylko do uruchamiania programów przykładowych.

Jarosław Doliński, EP
jaroslaw.dolinski@ep.com.pl



Rysunek 5. Wynik kompilacji programu w środowisku µVision dla mikrokontrolerów Stellaris