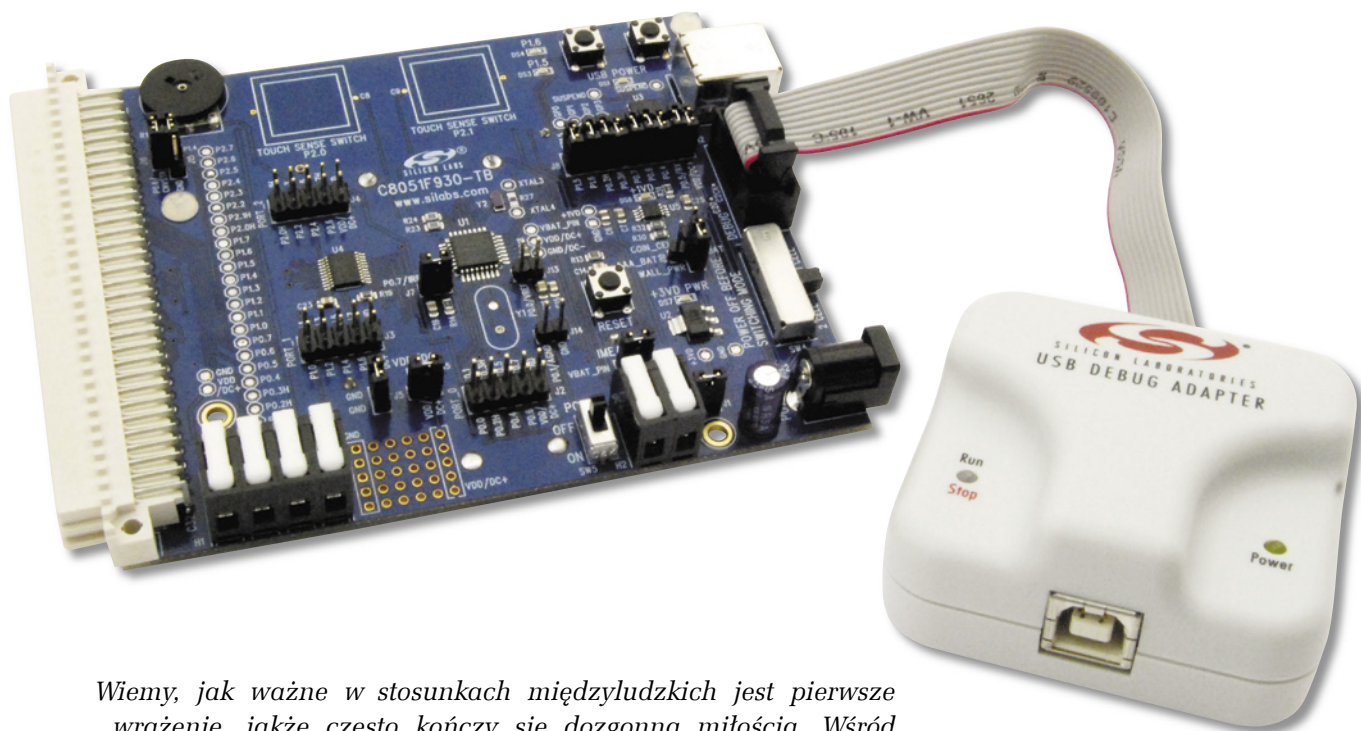


# Starter kit dla mikrokontrolerów C8051F930 firmy Silicon Laboratories



*Wiemy, jak ważne w stosunkach międzyludzkich jest pierwsze wrażenie, jakże często kończy się dozągonną miłością. Wśród elektroników jest prawdopodobnie spora grupa takich, którzy przed laty zafascynowali się mikrokontrolerami rodziny MCS-51 i do dziś nie mogą się z nią rozstać. O ile zabiegami kosmetycznymi ludzie mogą tworzyć tylko iluzję wiecznej młodości, o tyle w przypadku krzemu, zabiegami technologicznymi taką młodość można faktycznie zachować długo.*

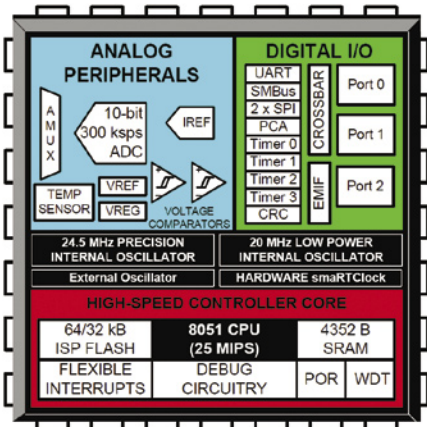
Silicon Laboratories jest producentem kilku rodzin mikrokontrolerów 8051 (wszystkie noszą oznaczenie C8051xxx, w dalszej części artykułu będą nazywane krótko C8051), które ze względu na cechy i przeznaczenie można podzielić na: nisko napięciowe (nisko mocowe), o małych obudowach, z pamięcią OTP-EPROM, do zastosowań w motoryzacji, z obsługą USB, do obróbki sygnałów mieszanych (analogowych i cyfrowych). Mimo, wydawać by się mogło, mocno przestarzałej konstrukcji, mikrokontrolery te nadają się doskonale do takich samych aplikacji, w których dziś powszechnie się stosuje się AVR-y czy ARM-y. Zaliczenie C8051 do zabytków jest więc mocno nieuprawnione. Obecnie są to układy o zupełnie odmiennej technologii, z mocno rozbudowanymi peryferiami uwzględniającymi aktualne oczekiwania konstruktorów.

Właściwie można powiedzieć, że z intelowskiego oryginału pozostała tylko łatwość użycia dowolnego mikrokontrolera C8051 i opracowania dla niego wydajnej aplikacji. Nie bez znaczenia są przy tym olbrzymie zasoby oprogramowania, jakie zgromadzono przez lata świetności rdzenia '51. Nie jest więc wstydem sięganie po te układy podczas opracowywania nowych konstrukcji. O potęgę rodziny C8051 niech świadczy fakt, że produkuje się w oparciu o nie: wbudowane modemy, interfejsy ethernetowe, sterowniki silników, można je znaleźć także w urządzeniach z sensorami dotykowymi. Możliwość „analogowych” zastosowań mikrokontrolerów C8051 są równie imponujące. Konkurencja (Analog Devices) musi się mieć na baczności. Na uwagę zasługuje na przykład technologia DSIT (*Direct Sensor Interface Technology*) pozwalająca na

bezpośrednie łączenie sensorów różnych typów z przetwornikiem analogowo-cyfrowym mikrokontrolera. W skład wewnętrznego bloku akwizycji danych zawarto szereg elementów pozwalających przygotować w odpowiedni sposób analogowy sygnał wejściowy tak, aby mógł być prawidłowo przetworzony przez przetwornik analogowo-cyfrowy. Są to multiplexer analogowy, wzmacniacz o programowanym wzmocnieniu (PGA), układy regulacji offsetu, źródła referencyjne (napięciowe i prądowe), a nawet programowany cyfrowy filtr wyjściowy.

Firma Silicon Labs bardzo poważnie traktuje swoich klientów i udostępnia im wielu świetnych narzędzi oraz solidnie opracowanej dokumentacji technicznej - począwszy od kart katalogowych, po noty aplikacyjne, z których można czerpać wiedzę nie tylko związaną bezpośrednio z mikrokontrolerami.

Na zachętę przedstawiamy Czytelnikom zestaw uruchomieniowy opracowany dla mikrokontrolerów podrodziny C8051F9xx. Aktualnie w jej skład wchodzi: C8051F930, C8051F931, C8051F920 i C8051F921, a więc jest to grupa układów o bardzo małym poborze prądu.



Rys. 1. Schemat blokowy mikrokontrolera C8051F930

### Niskie napięcie – mała moc

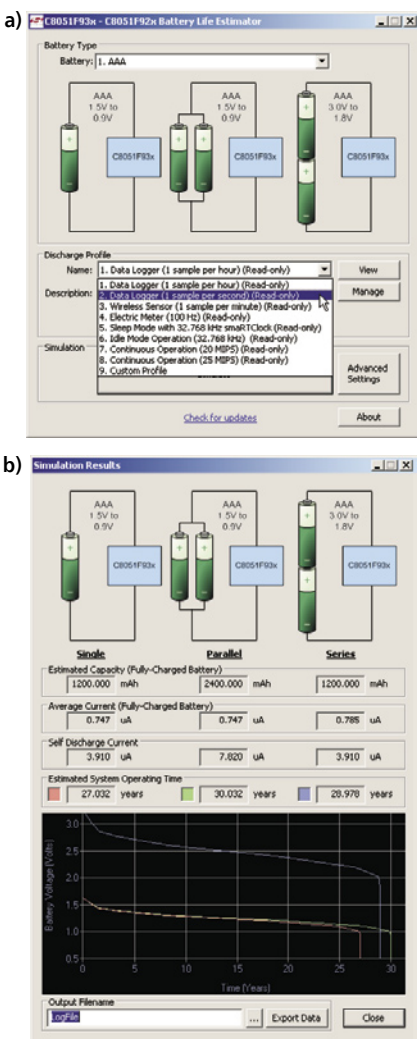
Wymieniona wyżej grupa mikrokontrolerów to układy przeznaczone do zastosowań z możliwie niskim napięciem zasilającym. Schemat blokowy układu C8051F930 przedstawiono na rys. 1. Trzeba przyznać, że konstruktorom Silicon Labs udało się osiągnąć całkiem niezły wynik, gdyż mikrokontrolery *low voltage* mogą

pracować już przy zasilaniu z jednego ogniwa 1,5 V, przy czym minimalna, katalogowa wartość napięcia zasilającego to zaledwie 0,9 V. Wprawdzie maksymalne napięcie zasilające jest równe 3,6 V, ale cały zakres jest podzielony na dwa podzakresy, użytkownik musi więc zdecydować, w jakich warunkach ma pracować mikrokontroler, i ustawić go w odpowiedni tryb. Mamy *one-cell mode* – napięcia 0,9...1,8 V i *two-cell mode* – 1,8...3,6 V. Prąd pobierany z zasilania w trybie uśpienia jest mniejszy od 0,1  $\mu$ A. W tym stanie podtrzymywana jest zawartość pamięci RAM, a krótki czas „budzenia” układu zachęca do stosowania takiego sposobu pracy, dzięki czemu można zaoszczędzić sporo energii. Jakość zasilania jest w każdym przypadku monitorowana przez układ detektora *brown-out*, a właściwie dwóch takich układów wbudowanych w strukturę mikrokontrolera.

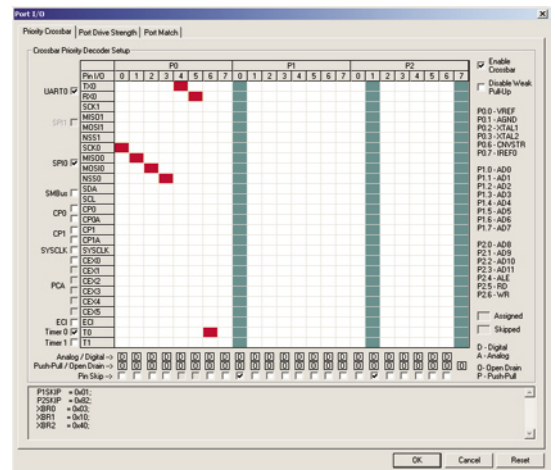
O tych i innych zaletach rodziny *low voltage* C8051 najlepiej będzie przekonać się w praktyce. Starter kit dla układów C8051F930 leży już gotowy do pracy, więc nie tracmy czasu.

### Teoria teorii, ale nie ma to jak praktyka

Na wstępie wspomniałem o poważnym traktowaniu klientów przez firmę Silicon Labs. Teraz będziemy się mogli o tym naocznie przekonać, starter kit C8051F930DK jest bowiem dla konstruktorów niemal doskonałym narzędziem uruchomieniowym. Świadczy o tym nie tylko jakość i możliwości płytki ewaluacyjnej, ale również bogactwo software’owe udostępnione użytkownikom. Mamy więc: środowisko uruchomieniowe IDE firmy Silicon Labs; narzędzia uruchomieniowe firmy Keil (o ich jakości nie trzeba nikogo przekonywać) – są to: makro-assembly, linker, ewaluacyjna wersja kompilatora C, IDE  $\mu$ Vision; bardzo przydatny szczególnie dla początkujących programistów (ale nie tylko) Configuration Wizard 2, pozwalający przygotować kod inicjalizujący dla danego systemu poprzez wybór odpowiednich opcji z zestawu wszystkich możliwości; sterowniki dla środowiska  $\mu$ Vision firmy Keil; sterowniki wirtualnego portu COM dla interfejsu USB; bogatą dokumentację, przykładowe źródła programów, instrukcję korzystania z zestawu. Kupując opisywany zestaw uruchomieniowy można również zapoznać się z produktami innych firm, takich jak: IAR, Reasonance, Hi-Tech, Altium, tym bardziej, że kompilator Keila jest w wersji ewaluacyjnej, posiadającej ograniczenie kodu do 2 kB i adres startu 0x0800 (ograniczenie można rozszerzyć do 4 kB, adres startu kodu ustalić na 0x0000 po zapoznaniu się z notą aplikacyjną AN104 firmy Silicon Labs). W skład narzędzi software’owych wchodzi również dość specyficzny program



Rys. 2. Program Battery Life Estimator a) wybór konfiguracji zasilania i warunków pracy mikrokontrolera, b) wyniki czasu życia baterii



Rys. 3. Okno programu Configuration Wizard 2

Battery Life Estimator, służący do szacowania czasu pracy urządzenia, w którym zastosowano mikrokontroler C8051F93x i baterie zasilające połączone w różnych konfiguracjach (rys. 2). Praktyczna przydatność tego programu jest jednak dość wątpliwa, bo wyniku przedstawionego na rys. 2b nie należy raczej traktować poważnie.

Wróćmy jeszcze do wspomnianego wcześniej programu Configuration Wizard 2. Jest to bardzo przydatne narzędzie nie tylko dla początkujących programistów, pozwala bowiem bardzo dobrze zapanować nad odpowiednią inicjalizacją wszystkich użytych w danym projekcie bloków peryferyjnych. Wiemy jak łatwo się tu pomylić, albo coś przeoczyć. Do prawidłowego skonfigurowania systemu konieczne jest ustalenie określonych rejestrów mikrokontrolera. Configuration Wizard 2 daje nam możliwość wizualnego wglądu w grupy rejestrów odpowiadających za poszczególne peryferia (rys. 3). Po zakończeniu konfigurowania tworzony jest automatycznie kod w języku C lub w assemblerze, który następnie wklejamy bezpośrednio do źródeł aplikacji, albo dołączamy z odrębnego pliku przy użyciu dyrektyw kompilatora.

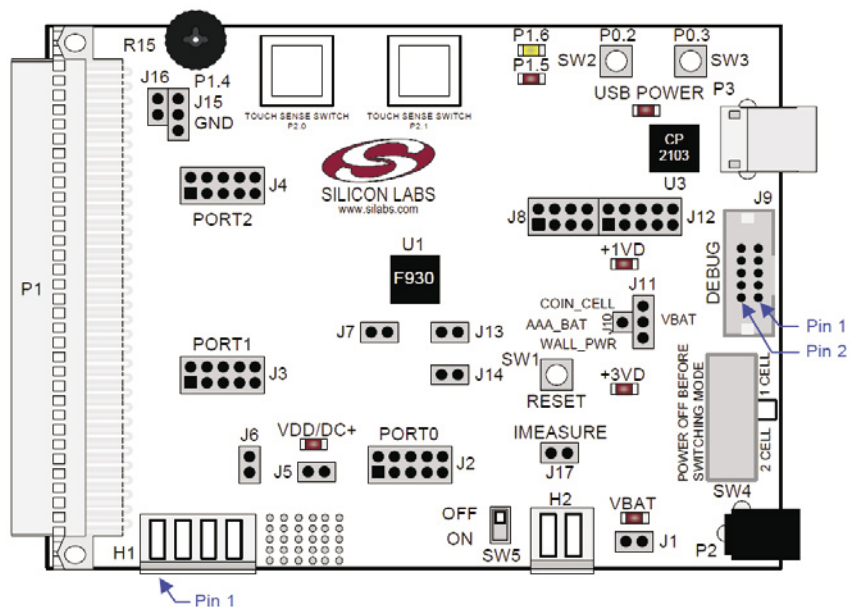
Pierwsze doświadczenia na „żywym organizmie” rozpoczynamy od gotowego projektu dostarczanego ze środowiskiem IDE – tak będzie najłatwiej. Jak w większości zestawów startowych, jest to programik, który zamruga do nas lampką. Przy pierwszym uruchomieniu płytki może się zdarzyć, że nie będzie ona widoczna w środowisku IDE (brak komunikacji, nie świeci się nawet lampka „Power”). Może to wywołać drobną frustrację (uczucie znane autorowi z autopsji), ale wystarczy tylko dokładnie czytać komunikaty, jakie się pojawiają na ekranie. Przyczyną jest konieczność zaktualizowania sterowników. Ostatecznie wszystko powinno „ruszyć” i po skompilowaniu projektu *F93x\_Blinky\_c.wsp*, zaprogramowaniu mikrokontrolera, wreszcie po naciśnięciu klawisza *F5*, dioda LED mruga. Na tym etapie kończy się – można powiedzieć – bezmyślne działanie. Kolejne eksperymenty będą wymagały włożenia

własnego wysiłku w ich przygotowanie. Dysponujemy wprawdzie źródłami przykładowych programów, ale cały projekt trzeba będzie przygotować już samodzielnie. Na szczęście zadanie to nie jest zbyt trudne i po kilku chwilach możemy się cieszyć z rezultatu naszej pracy. A jest z czego, bo w kolejnym ćwiczeniu będziemy się bawić przełącznikami dotykowymi. Na płytce ewaluacyjnej umieszczono dwa pola dotykowe, które są obsługiwane bezpośrednio przez mikrokontroler. Wszystkie czynności, jakie należy wykonać, aby sensory zaczęły działać są opisane w źródle programu.

Podobnie łatwe w uruchomieniu są pozostałe przykładowe programy. Utworzenie dla nich projektów wykonuje się bardzo intuicyjnie, nie powinien mieć z tym problemów nawet początkujący elektronik. Zaletą wszystkich programów przykładowych jest umieszczenie w źródłach wszystkich instrukcji uruchomieniowych. W ten sposób są one zawsze pod ręką, nie trzeba przeglądać stosu dokumentów rozrzuconych po różnych katalogach na dysku komputera.

W krótkim artykule nie da się dokładnie opisać wszystkich przykładów udostępnianych razem z zestawem. Poniżej zostaną więc tylko zasygnalizowane poruszane w nich zagadnienia. Podczas prób można korzystać z elementów regulacyjnych, złącz, zworek, przełączników, gniazd itp., jakie znajdują się na płytce ewaluacyjnej (rys. 4). Oprócz wymienionych wcześniej programów mamy jeszcze kilka innych „gotowców”.

- obsługa przetwornika ADC (do wykorzystania jest potencjometr, którym można zmieniać napięcie wejściowe mierzone przez przetwornik),
- obsługa przerwań,
- przykłady konfigurowania źródła sygnału taktującego, którym może być oscylator z kondensatorami zewnętrznymi, zewnętrznym sygnałem zegarowym, z zewnętrznym rezonatorem kwarcowym, zewnętrznym obwodem RC, niskoczęstotliwościowy wewnętrzny oscylator mikrokontrolera,
- generowanie zależności czasowych z użyciem wewnętrznego bloku PCA (*Programmable Counter/Timer Array*),
- obsługa portów I/O,
- przełączanie mikrokontrolera w różne tryby oszczędzania energii z możliwością pomiaru prądu zasilającego (można również prowa-



Rys. 4. Widok płytki ewaluacyjnej dla mikrokontrolerów C8051F930

dzić próby z zasilaniem bateryjnym z wykorzystaniem jednego lub dwóch ogniw AAA lub ogniwa CR2032),

- obsługa komunikacji przez port SMBus (2-przewodową magistralę szeregową zgodną z I<sup>2</sup>C, ale z oczywistych powodów tak nie nazywaną), przykłady dotyczą zarówno pracy w trybie master, jak i slave,
- obsługa SPI (master i slave),
- obsługa timerów - przykłady dotyczą typowych dla 51-ek układów czasowych pracujących w różnych konfiguracjach (8 przykładów),
- obsługa transmisji przez UART, w tym przykład wykorzystania biblioteki *stdio.h* dostępnej w języku C, pozwalającej na wygodne, „wysokopoziomowe” traktowanie portu,
- wykorzystanie timera watchdog.

Starter kity mają na celu przede wszystkim prezentację możliwości podzespołów elektronicznych, dla których zostały skonstruowane. W tym przypadku płytka ewaluacyjna może być z powodzeniem wykorzystywana również do uruchamiania własnych aplikacji. Jest to możliwe dzięki wyprowadzeniu całej szyny systemowej na 96-pinowe gniazdo rozszerzające. Można poprzez nie dołączać do mikrokontrolera własną elektronikę i w ten sposób testować swoje pomysły.

Znajdujące się na płytce gniazdo J9 służy do debugowania programów. Potrzebny jest do

tego jeszcze adapter USB, ale jest on w zestawie. Na płytce nie ma typowego dla interfejsu RS232 gniazda, transmisja szeregowa z wykorzystaniem UART-a jest realizowana przez wirtualny port instalowany w komputerze, a fizycznym medium jest USB.

### Rewizja poglądów

W codziennej praktyce konstruktorskiej często popadamy w rutynę. Wydaje się nam, że stosowane przez nas rozwiązania są optymalne i nie warto sięgać po inne. Po części jest to prawda, wszak - mówiąc językiem sportowym - zwycięskiej drużyny się nie zmienia. Nie zawsze też mamy czas na przeglądanie setek not katalogowych różnych producentów. Powodem do zmian mogą być mniejsze lub większe niepowodzenia, kiedy to jesteśmy zmuszeni do gruntownej zmiany koncepcji opracowywanego projektu. Wreszcie zwykły przypadek w postaci przeczytanej niemal kątem oka notki prasowej. Życzyłbym sobie, aby takim przypadkiem był niniejszy artykuł. Zachęcam do zapoznania się z ofertą firmy Silicon Laboratories na mikrokontrolery z rdzeniem '51. Być może okaże się, że pewne zagadnienia da się dzięki nim zrealizować prościej, taniej i lepiej.

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

R E K L A M M A

KONKURS - ROZDAJEMY  
WZMACNIACZE KLASY D  
- STR. 128