

# Zmierzech 8051?

## Mikrokontrolery firmy Silicon Laboratories

*Przystępując do kolejnego projektu zazwyczaj rozważamy jaki mikrokontroler w nim zastosować. Mamy przy tym swoje przyzwyczajenia i lubimy obracać się w dobrze znanym nam środowisku. Jesteśmy wygodni i leniwi – nie chce nam się poznawać i uczyć nowych rzeczy – to naturalne. Chcemy wykorzystać posiadane wiedzę i doświadczenie, używać znanych nam narzędzi i korzystać z oswojonego warsztatu. Niechętnie przesiadamy się na zupełnie inne „maszyny”, których coraz to nowe typy pojawiają się na rynku, jeśli tylko stare spełniają wszystkie nasze wymagania.*

Nie należy traktować takiego podejścia jako zamknięcie się na nowatorskie rozwiązania, tylko jako profesjonalne i zdrowe ekonomicznie podejście do projektu. Dziś o jakości oferowanego urządzenia – poza cechami funkcjonalnymi – decyduje jego niezawodność i pewność działania. Mało kogo interesuje co jest w środku. Rynek dodatkowo wymusza minimalizację tzw. „time to market”, bo jak historia pokazuje laury zdobywają tylko pierwsi. Jeśli więc mamy do dyspozycji odpowiedni do naszych potrzeb znany nam na wskroś model ulubionego procesora to po co go zmieniać, wygramy na nim ten rynkowy wyścig. Sprawdza się bowiem zasada, że „lepsze jest wrogiem dobrego”.

### Zmieniać, nie zmieniać?

Co stanowi bodziec do rozważań czy to już nie czas zamienić stosowany dotychczas 8-bitowy mikrokontroler na nowszy np. 16-bitowy model? Ogólnie jest to zawsze zbyt mała moc obliczeniowa mikrokontrolera. Biorąc przy tym pod uwagę wymagania całego spektrum współczesnych zastosowań techniki mikroprocesorowej, dziś najczęściej pytamy o zasilanie bateryjne, komunikację przewodową i bezprzewodową, rozmiary urządzenia, sprzężenie z analogowym otoczeniem, moc obliczeniową rozumianą jako szybkość przetwarzania. I tu słyszymy obiegową opinię o rodzinie 8051 – za wolny, za wielki, za słabe zasoby procesora, za duży pobór prądu.

Nic bardziej mylnego. Spośród wielu firm oferujących różne mutacje procesora 8051, Silicon Laboratories – firma z olbrzymim doświadczeniem w technice analogowej CMOS – po połączeniu z firmą Cygnal ma pozytywną odpowiedź na co najmniej trzy stawiane zarzuty:

### Najszybsze, najmniejsze i z najlepszymi układami analogowymi

Mikrokontrolery C8051Fxxx są kompatybilne z punktu widzenia projektanta z dobrze znanym 8051, dzięki zachowaniu architektury i listy instrukcji. Bez problemu można więc przenosić istniejące biblioteki oprogramowania, korzystać z opanowanego już warsztatu i posiadanych narzędzi – assemblerów i kompilatorów. Jednocześnie kilka zastosowanych innowacyjnych rozwiązań daje projektantom nową jakość tak, że „stary” 8-bitowiec może jeszcze konkurować z „młodymi” 16-tkami. Przeprowadzony dodatkowo lifting standardowych bloków funkcjonalnych procesora spowodował, że z technicznego punktu widzenia członkowie rodziny C8051Fxxx prezentują się co najmniej dobrze na tle alternatywnych rozwiązań.

### Ultra szybkie 8051

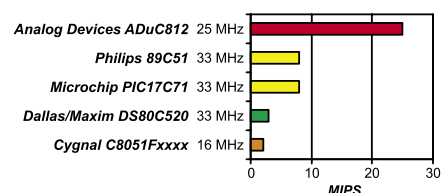
Jak mawiał Hitchcock: najpierw trzęsienie ziemi, a później napięcie musi narastać. Zaczniemy więc od piorunującego parametru – 100 MIPS (*Milions Instructions Per Second*). Taką szybkość wykonywania rozkazów osiągają procesory C8051F120/1/2/3 oraz C8051F130/1/2/3 przy zegarze o częstotliwości 100 MHz. Dodatkowo posiadają koprocesor MAC 16 x 16 (*Multiply & Accumulate*) operujący w 2 cyklach zegara. Również wszystkie inne procesory Silabs są najszybsze w swojej klasie dzięki zastosowaniu potokowania (*pipelined*) i temu, że 70% instrukcji procesora jest wykonywanych w 1 lub 2 cyklach zegarowych. Na 109 instrukcji procesora tylko 4 wymagają więcej niż 4 cykle zegarowe. Typowa maksymalna szybkość przetwarzania dla pozostałych typów procesorów Silabs to 25 MIPS przy zegarze 25 MHz.

Jeśli chodzi o architekturę C8051Fxxx to, z wyjątkiem najmniejszych układów ze zredukowaną liczbą linii portów, rdzeń procesora typowo zawiera wszystkie układy peryferyjne standardowej 8052, m.in. od 8 do 64 linii we/wy, 2 standardowe liczniki 16-bitowe i co najmniej jeden dodatkowy zaawansowany licznik z zewnętrznym wejściem oscylatora, UART *full-duplex* z zewnętrznym – nie angażującym liczników generatorem impulsów taktujących, od 256 do 8448 bajtów wewnętrznej pamięci RAM, 128 bajtów przestrzeni adresowej dla specjalnych rejestrów funkcyjnych SFR i pamięć programu typu ISP Flash (*In-System Programmability*) od 2 do 128 kB. Ta podstawowa konfiguracja jest dla poszczególnych procesorów rodziny Silabs rozbudowywana o nowe, nie spotykane w podstawowej jednostce 8052 bloki funkcjonalne.

Czego nowego możemy więc oczekiwać od rodziny C8051Fxxx? Wysokiej klasy konfigurowalnych układów analogowych, a w części cyfrowej rozbudowanych układów interfejsów, timerów/liczników i monitorowania zasilania. Oto jak się więc prezentuje stara ‘51 w nowej krasie.

### Świecie nasz, świecie nasz... cyfrowy

W części cyfrowej prezentowanych mikrokontrolerów, oprócz wspomnianych już rozszerzeń możliwości standardowego 8052, wbudowano nowe bloki funkcjonalne. Są to przede wszystkim dodatkowe interfejsy komunikacyjne. I tak każdy z mikrokontrolerów rodziny oferuje jeden lub dwa rozbudowane interfejsy szeregowe UART *full duplex* z możliwością niezależnej od timerów generacji sygnału taktującego określającego prędkość transmisji oraz co najmniej jeden spośród następujących interfejsów szeregowych SMBUS (*System Management Bus*) odpowiadający standardowi I2C lub SPI (*Serial Peri-*



Rys. 1. Porównanie wartości pracy wybranych mikrokontrolerów

pheral Interface) będący synchronicznym interfejsem szeregowym.

Wśród procesorów C8051Fxxx można wyróżnić dwie specjalne dedykowane grupy tzn. mikrokontrolerów z interfejsem CAN 2.0B oraz z interfejsem USB 2.0. Idealnie pokrywają one zapotrzebowanie związane z aplikacjami CAN i USB.

Innym kierunkiem rozwoju realizowanym przez Silabs jest wyjście na przeciw zastosowaniom w sterowaniach w czasie rzeczywistym i układach automatyki. Tu o sile procesorów C8051Fxxx stanowią rozbudowane układy czasowe i licznikowe. I tak w układzie dostępnych może być do pięciu 16-bitowych liczników, z których jeden może mieć specjalne rozwiązania do implementacji zegara czasu rzeczywistego.

Możliwości funkcjonalne procesora w zakresie wykorzystywania liczników bez angażowania procesora znakomicie rozbudowuje 3...6-kanałowa programowana matryca liczników PCA (Programmable Counter Array) złożona w każdym kanale z 16-bitowego licznika i układu porównania.

C8051Fxxx są przystosowane do zastosowań przemysłowych poprzez wbu-

dowane mechanizmy przeciw zakłóceniom tzn. monitor zasilania i sprzężone z nim układy zerowania POR (Power-On Reset) i PFR (Power-Fail Reset) oraz timer „watchdog”.

Prezentowane mikrokontrolery wyróżnia również opcja wbudowanego wewnętrznego generatora taktującego, którego dokładność wynosi ok. 2%. To podobnie jak inne nowe zasoby mikrokontrolera ogranicza liczbę potrzebnych elementów zewnętrznych i pozwala miniaturyzować aplikację.

Część układów z rodziny C8051Fxxx jest strukturą zamkniętą tzn. nie ma interfejsu do zewnętrznych pamięci programu i danych. Natomiast niektóre mikrokontrolery posiadające taki interfejs dodatkowo wyróżnia unikalny układ bezpośredniego dostępu do pamięci DMA umożliwiający szybkie zbieranie danych analogowych przy zredukowanym zaangażowaniu jednostki centralnej.

### Świecie nasz, świecie nasz... analogowy

Silabs to firma patrząca w przyszłość, szukająca ciągle nowych obszarów zastosowań dla swoich technologii.

Widzi je w otaczającym nas analogowym świecie. A tu, dzięki ciągle wzrastającej szybkości mikroprocesorów, coraz więcej analogowych zadań można rozwiązywać cyfrowo, przetwarzając sygnały analogowe na cyfrowe i te po przekształceniach w binarnym świecie z powrotem przetwarzając na analogowe. Oczywiście jest, że tym szerszy zakres zastosowań im dokładniejsze i szybsze przetworniki A/C i C/A i im więcej kanałów mogą obsłużyć. W tym zakresie firma Silabs ma wyjątkową ofertę.

Mikrokontrolery C8051Fxxx integrują w sobie nawet do 3 wielokanałowych przetworników A/C, a maksymalne osiągalne parametry budzą respekt. I tak zakresy podstawowych parametrów są następujące:

- Rozdzielczość 8...24 bitów
- Szybkość przetwarzania 1 ksp/s... 1 Msp/s
- Liczba kanałów 2...32

Dodatkowo sprzężony z przetwornikami może być programowalny wzmacniacz sygnału PGA -  $\times 0,5...16$  (Programmable Gain Amplifier) i wysokonapięciowy wzmacniacz sygnału różnicowego 60 V HVDA (High Voltage Differential Amplifier).

**MIKROKONTROLERY C8051Fxxx**  
*najmniejsze, najszybsze, najlepsze A/C*

SILICON LABORATORIES

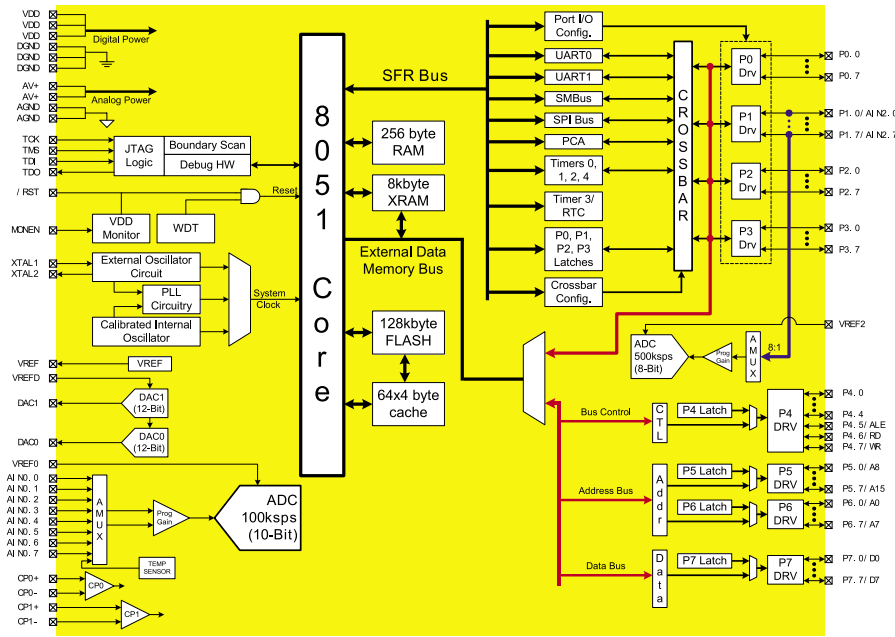
**WG**  
 Electronics

3 mm

SLAB  
 F300  
 2004

**www.wg.com.pl**





Rys. 2. Schemat blokowy mikrokontrolera C8051F122

Jednocześnie w mikrokontrolerach C8051Fxxx dostępne są:

- 1 lub 2 8/12-bitowe przetworniki C/A
- 1...3 komparatory napięcia z programowaną histerezą
- Wewnętrzne źródła referencyjne 15 ppm/°C
- Czujniki temperatury o dokładności ±3°C

Te układy analogowe w połączeniu z szybkością procesora otwierają niewątpliwie nowe obszary zastosowań.

### 8051 z mikrokosmosu

Współczesna elektronika to skrajna miniaturyzacja urządzeń czego ewidentnym przykładem jest telefonia komórkowa. Uniwersalne mikrokontrolery nie pozostają obojętne na te trendy. Procesory Silabs wpisują się jako jedne z pierwszych w ten mikroświat. Najmniejsze w obudowie MLP11 mają wymiary 3x3 mm, a największy „gigant” w obudowie TQFP100 ma wymiary 16 x 16 mm. Ponadto stosowane są obudowy TQFP48/64, LQFP32 oraz MLP20/28.

Kolejny aspekt, to wyjście naprzeciw wymaganiom urządzeń przenośnych i przewoźnych, zasilanych bateryjnie. Napięcie zasilania to wynosi od 2,7/3 V do 3,6 V przy typowym poborze prądu 50 mA dla maksymalnej częstotliwości zegara 100 MHz lub 18 mA dla 25 MHz. Są też dostępne prostsze mikrokontrolery, o poborze prądu 6,4 mA dla 25 MHz i tylko 9 µA dla 32 kHz. Dla całej rodziny typowy pobór prądu w stanie zatrzymania procesora wynosi 0,1...0,4 µA.

Przy tym wszystkim linie we/wy procesora tolerują standard 5 V.

Warto na koniec zwrócić uwagę, na zakres temperatur w jakich mogą operować standardowe procesory Silabs – od -40 do +85°C. Każdy „mikroświat” jest więc dla nich osiągalny.

### Czym to „gryźć”?

I tu przechodzimy do sedna. Jesteśmy praktycznie gotowi do natychmiastowego korzystania z tych szerokich, oferowanych przez mikrokontrolery firmy Silabs możliwości. Znamy język i zasady funkcjonowania procesora. Możemy korzystać z posiadanych assemblerów i kompilatorów C (np. firmy Keil). Nie musimy inwestować w nowe narzędzia i poznawać specyfiki nowego kontrolera. Przy tym dostajemy coś na co w większości przypadków nigdy nie było nas stać – możliwość uruchamiania i testowania naszego oprogramowania w układzie docelowym z pełną szybkością działania, na poziomie assemblera lub języka C. Zamiast drogich emulatorów układowych ICE (*In-Circuit Emulator*) dostajemy równoważny „nie inwazyjny” debugger RT ISD (*Real Time In-System Debugger*) umożliwiający przy pracy z pełną szybkością procesora, zastawianie pułapek typu *breakpoints* i *watchpoints*, pracy krokowej, monitorowania stosu oraz podglądu i modyfikacji zawartości pamięci i rejestrów procesora.

Wszystko to jest zrealizowane w oparciu o wbudowany interfejs JTAG lub 2-liniowy interfejs firmy Silabs. Interfejs JTAG dodatkowo udo-

stępnie nam technologię *Boundary Scan* (standard IEEE 1149.1) testowania i diagnozowania urządzeń elektronicznych oraz programowania w systemie układów pamięci i PLD, zarówno w fazie projektowania jak i produkcji seryjnej. Procesory Silabsa C8051Fxxx są jedynymi w rodzinie 8051 oferującymi tę możliwość.

Ponadto, aby nie czekać na własny prototypowy układ naszego nowego urządzenia, firma Silabs oferuje za rozsądną cenę dla każdego ze swoich mikrokontrolerów odpowiedni pakiet (*Starter Kit*), zawierający płytke prototypową dla celów ewaluacyjnych z zasilaczem, adapter szeregowy do interfejsu debuggera, komplet kabli, zintegrowane środowisko IDE (*Integrated Development Environment*) z interfejsem do makroassemblera i kompilatora C oraz pełną dokumentacją techniczną. Startować można natychmiast.

### Podsumowanie

Przytaczane w artykule parametry graniczne charakteryzują całą rodzinę mikrokontrolerów Silabs. Oczywiście nie mają wszystkie na raz zastosowania w którymś z procesorów rodziny. Na próżno szukać takiego super-mikrokontrolera. Cała rodzina jest jednak tak liczna (ponad 75 typów układów), że można znaleźć odpowiedni mikrokontroler do każdego zastosowania i zrobić dowolny układ „na miarę”. Pomocne w tym będzie na pewno zestawienie „rodzinne” przedstawione w artykule na str. 92.

Trzeba również powiedzieć, że mimo niewygórowanej ceny, procesory C8051Fxxx nie stanowią szybkiej alternatywy do najprostszych 8051 w zastosowaniach gdzie koszt układu jest krytyczny. Są natomiast niewątpliwie konkurencyjne w zastosowaniach, w których potrzebna jest duża szybkość wykonywania programu i dobrej jakości tor analogowy. Stanowią wówczas alternatywę dla konkurencyjnego procesora i otaczających go układów zewnętrznych. W takich przypadkach stosując C8051Fxx firmy Silabs na pewno zyskamy na kosztach, rozmiarach i pobieranej mocy.

Oczywistym jest, że w ramach krótkiej prezentacji nie można omówić wszystkich szczegółów technicznych. Dlatego osoby w których wzbudziłyśmy zainteresowanie zapraszamy do odwiedzenia strony [www.silabs.com](http://www.silabs.com).

**Tadeusz Górnicki,**  
**WG Electronics sp. z o.o.**