



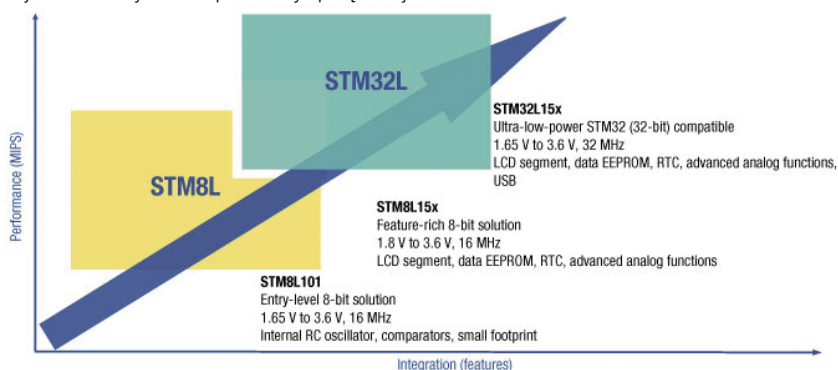
STM32L

Cortex-M3 w wersji energooszczędnej

12 kwietnia 2010 firma STMicroelectronics opublikowała pierwszą wersję noty katalogowej nowych podrodzin mikrokontrolerów STM32: STM32L151/152, przeznaczonych do aplikacji wymagających minimalizacji poboru energii. Zarówno „eko” moda, jak i realne potrzeby współczesnych konstruktorów powodują, że postanowiliśmy się przyjrzeć nieco bliżej tym mikrokontrolerom.

LowPower w ofercie STMicroelectronics

Mikrokontrolery STM32L są jedną z trzech rodzin mikrokontrolerów energooszczędnych w ofercie STMicroelectronics, przeznaczoną do stosowania w aplikacjach wymagających dużej wydajności i elastyczności platformy sprzętowej.



Dodatkowe materiały na CD i FTP:
<ftp://ep.com.pl>, user: 16195, pass: 4k17u606

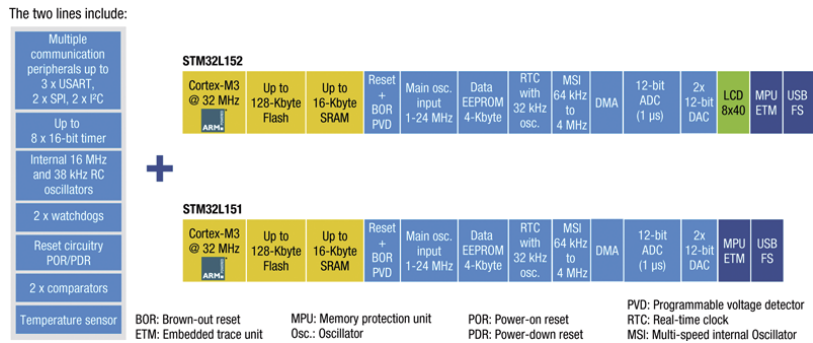
Rodzina mikrokontrolerów STM32 składa się z trzech zasadniczych podrodzin wyposażonych w 32-bitowe rdzenie Cortex-M3:

- STM32F – klasyczne mikrokontrolery z wbudowaną pamięcią Flash i bogatym zestawem bloków peryferyjnych, począwszy od I²C/SPI, przez CAN i funkcjonalnie zaawansowane timery, aż po USB-OTG i MAC ethernetowy,
- STM32W – mikrokontrolery z bogatym zestawem bloków peryferyjnych, wzbogaconych o moduł kryptograficzny realizujący algorytm AES128 oraz kompletny tor radiowy zgodny z zaleceniami IEEE 802.15.4 oraz „dolną” warstwę MAC (*Media Access Control*) protokołu ZigBee,
- STM32L – rodzina mikrokontrolerów o wyposażeniu zbliżonym do STM32F, przystosowanych do taktowania sygnałami zegarowymi o częstotliwości do 32 MHz, zoptymalizowanych konstrukcyjnie pod kątem minimalizacji poboru energii z zasilania.

Uzupełnieniem prezentowanych podrodzin STM32 jest STM32TS60 – wyspecjalizowany mikrokontroler do obsługi touch-paneli rezystancyjnych, przystosowany do jednoczesnego śledzenia 10 śladów dotyku i pomiaru sił nacisku, którego rozdzielczość i prędkość konwersji umożliwia wygodną obsługę wyświetlaczy o przekątnej do ok. 10 cali.

Wystarczy 240 μA/MHz!

Rdzenie nowych mikrokontrolerów, funkcjonalnie identyczne z zastosowanymi w kla-



Rysunek 1. Schematy blokowe mikrokontrolerów z rodziny STM32L

sycznej rodzinie STM32, są przystosowane do taktowania sygnałami zegarowymi o częstotliwości do 32 MHz, pobierają przy tym prąd o natężeniu (wg danych katalogowych) do 240 μA/MHz (przy napięciu zasilającym rdzeń o wartości 1,2 V). Zastosowanie do produkcji mikrokontrolerów z rodziny STM32L technologii o wymiarze charakterystycznym 130 nm pozwoliło na obniżenie napięcia zasilającego do wartości 1,65 V, przy czym mikrokontrolery mogą pracować w urządzeniach zasilanych napięciem do 3,6 V – zakres dopuszczalnych napięć zasilających pozwala bardzo efektywnie wykorzystać dynamikę współczesnych, regeneralnych ogniw zasilających.

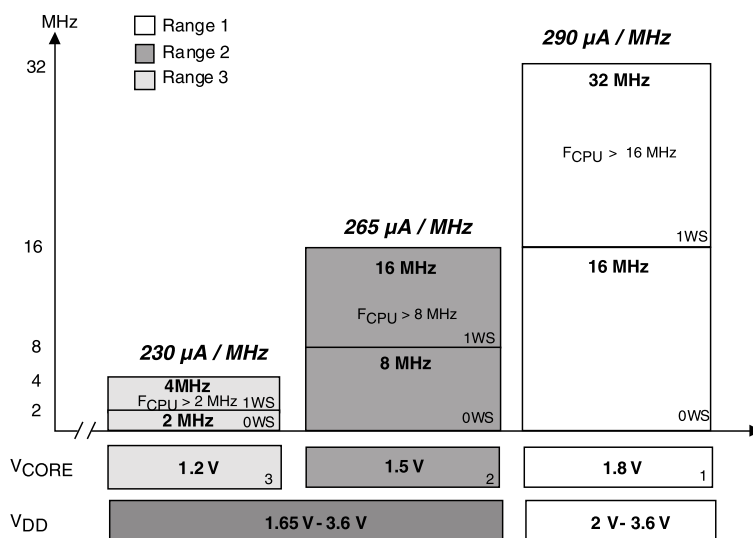
Zawartość pamięci Flash o pojemności 64 lub 128 kB jest chroniona za pomocą bloków MPU (*Memory Protection Unit*) oraz ECC (*Error Correction Code*). Mikrokontrolery wyposażono także w pamięć SRAM o pojemności 10 lub 16 kB oraz EEPROM o pojemności 4 kB, której zawartość także jest chroniona za pomocą bloku ECC. W skład standardowego wyposażenia mikrokontrolerów STM32L wchodzi 8 timerów, po dwa interfejsy SPI i I²C, trzy USART-y, jeden kanał USB *device*, a także 12-bitowy przetwornik A/C (od 16 do 24 kanałów wejściowych), dwa 12-bitowe przetworniki C/A z wyjściami napięciowymi, komparatory analogowe oraz interfejsy umożliwiające sterowanie segmentowymi LCD – te

ostanie są dostępne wyłącznie w mikrokontrolerach STM32L152xx (rysunek 1).

Producent zadbał o kompatybilność rozmieszczenia wyprowadzeń i większości możliwości funkcjonalnych bloków peryferyjnych mikrokontrolerów STM32L z klasycznymi STM32, montowanymi w takich samych obudowach (STM32L są oferowane w: LQFP/VFQFN48, LQFP/BGA64 i LQFP/BGA100), dzięki czemu konstruktorzy mogą dostosować wydajność obliczeniową i pobór mocy przez mikrokontroler do wymogów aplikacji bez konieczności modyfikacji płytki drukowanej.

Jak to się udało?

Technologia półprzewodnikowa zastosowana do produkcji mikrokontrolerów STM32 zapewnia radykalną minimalizację prądów pasożytniczych, dzięki czemu pobór prądu przez mikrokontroler w stanie spoczynku (*standby*) nie przekracza 0,27 μA. Tak dobry wynik osiągnięto m.in. dzięki zastosowaniu zaawansowanego systemu taktowania bloków peryferyjnych, co jest rozwiązaniem wprowadzonym na rynek wraz z mikrokontrolerami wyposażonymi w rdzenie z rodziny Cortex-M. Ciekawostką jest fakt, że taktowania wymagają nawet porty GPIO mikrokontrolerów, traktowane zazwyczaj jako proste „bramy” wejściowo-wyjściowe. Możliwość indywidualnego włączania i wyłączania sygnałów taktujących



Rysunek 2. Maksymalne częstotliwości taktowania i statyczny pobór prądu w zależności od napięcia zasilania CPU

Mikrokontrolery STM32L będą dostępne w pierwszym kwartale 2011 roku

bloki peryferyjne, a także możliwość doboru częstotliwości tych sygnałów powodują (w technologii CMOS natężenie pobieranego prądu jest zależne od częstotliwości przełączania tranzystorów), że projektant ma duży wpływ na sposób wykorzystania w tworzonej aplikacji wewnętrznych bloków peryferyjnych i w wyniku tego na pobór mocy przez mikrokontroler podczas pracy.

Ograniczenie poboru mocy w mikrokontrolerach STM32L uzyskano także dzięki możliwości różnicowania wartości napięcia zasilającego rdzeń (rysunek 2) w zależności od wykonywanego zadania, co wiąże się także z maksymalną częstotliwością taktowania CPU. Pozwala to na przykład gromadzić dane za pomocą przetwornika A/C z rdzeniem zasilanym napięciem 1,2 V, taktowanym sygnałem zegarowym o częstotliwości 1 MHz i następnie – po przełączeniu napięcia zasilającego rdzeń na 1,8 V, zwiększeniu napięcia zasilającego rdzeń i włączeniu taktowania interfejsu USB – wysłanie w krótkim czasie niezbędnych danych do współpracującego komputera.

Pomocne dla programistów piszących „energooszczędne” programy dla STM32L są specyficzne bloki peryferyjne (platforma *EnergyLite*), różniące się od stosowanych w klasycznych wersjach STM32:

- 12-bitowy przetwornik A/C potrafiący funkcjonować bez konieczności interwencji CPU, samoczynnie obsługujący tryb pomiaru *burst*,
- komparatory analogowe, pozostające w stanie aktywności we wszystkich trybach oszczędzania energii – można je wykorzystać do „budzenia” mikrokontrolera w chwili zmiany wartości monitorowanego napięcia,

Wparcie dla programistów

Twórcy środowisk programistycznych dostrzegli problemy z optymalizacją programów pod kątem minimalizacji zużycia energii, w wyniku czego m.in. pakiet Workbench firmy IAR został wyposażony w programowy monitor poboru prądu. Szacuje on z pewną dokładnością (na bazie modelu mikrokontrolera) pobór prądu podczas wykonywania fragmentów programu, a uzyskane wyniki prezentuje graficznie i tekstowo dając programiście precyzyjną informację o skutkach energetycznych jego działań. Ewaluacyjną wersję tego pakietu można pobrać ze strony www.iar.com/ewarm.

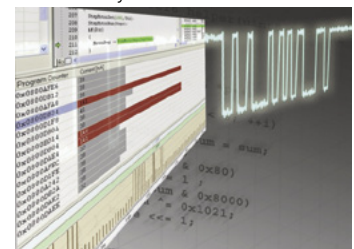


Tabela 1. Zestawienie trybów oszczędzania energii dostępnych w mikrokontrolerach STM32L

Tryb	Pobór prądu	CPU	Flash	RAM	Bloki peryferyjne	Aktywny generator zegarowy	LCD	RTC
Sleep	65...100 μ A/MHz	Nieaktywny	Włączona	Włączona	Aktywne	Dowolny		Aktywne
Low Power Run	10,4 μ A	Aktywny	Włączona lub wyłączona	Włączona	Aktywne	MSI		Aktywne
Low Power Sleep	do 6,1 μ A	Nieaktywny	Wyłączona	Włączona	Aktywne	MSI		Aktywne
Stop + RTC	do 1,6 μ A	Nieaktywny	Wyłączona	Włączona	Zatrzymane	LSE, LSI		Aktywne
Stop	0,5 μ A	Nieaktywny	Wyłączona	Włączona	Zatrzymane	LSE, LSI		Wyłączone
Standby + RTC	do 1,3 μ A	Wyłączony	Wyłączona	Wyłączona	Wyłączone	LSE, LSI	Wyłączone	Włączony
Standby	0,24 μ A	Wyłączony	Wyłączona	Wyłączona	Wyłączone	LSE, LSI	Wyłączone	Wyłączone

- samodzielny sterownik LCD (wyłącznie w STM32L152xx) zintegrowany z generatorem napięcia polaryzującego sterowaną matrycę LCD o wymiarach do 8x40 segmentów,
- zegar RTC zaprojektowany w sposób sprzeczny ze współczesnymi teoriami obowiązującymi w projektowaniu rozbudowanych systemów cyfrowych, dzięki czemu pobiera podczas pracy poniżej 1 μ A. „Sprzeczność” z teorią wynika z jego asynchronicznej budowy, dzięki czemu sygnał zegarowy kluczuje minimalną liczbę tranzystorów, co owocuje spektakularnie małym natężeniem pobieranego prądu – na przykład popularny RTC PCF8583 pobiera nie mniej niż 15 μ A w podobnych warunkach.

Jednym z dobrze się sprawdzających, przez to coraz popularniejszym pomysłem na zminimalizowanie ilości energii pobieranej przez mikrokontroler podczas pracy są aplikacje wykonywane przez CPU z maksymalną możliwą prędkością (co skraca czas pracy rdzenia) w możliwie dużych (lecz nie obniżających funkcjonalności) odstępach czasu, co zapewnia niewielką wartość średnią natężenia pobieranego prądu.

Niebagatelną pomocą dla programistów tworzących aplikacje dla mikrokontrolerów STM32L jest duża liczba predefiniowanych trybów oszczędzania energii (tabela 1), które powodują pewne ograniczenia wydajności lub funkcjonalności mikrokontrolera, pozwalając w zamian ograniczyć pobór energii. Trzeba pamiętać, że każde przełączenie mikrokontrolera z trybu obniżonego poboru mocy do pełnej aktywności wymaga nieco czasu, przez który program użytkownika nie jest wykonywany.

W każdym z wymienionych przypadków programista tworzący aplikację musi mieć świadomość możliwości tkwiących w mechanizmach „zaszytych” w STM32L, ale – zapewne – w niedługim czasie pojawią się narzędzia programistyczne wspomagające pisanie aplikacji na platformy energooszczędne, które wskażą programiście sposoby zoptymalizowania energetycznego pisanego programu.

Trudne początki

Gama nowości zastosowanych w mikrokontrolerach STM32L zaowocowała z jednej strony bardzo obiecującymi wynikami,

ale producentowi nie udało się uniknąć w pierwszej wersji krzemu kilku wpadek, utrudniających wykorzystanie w pełni zalet platformy EnergyLite. W niektórych przypadkach dokuczliwy może być brak możliwości programowania pamięci Flash w systemie zasilanym napięciem o wartości poniżej 3 V, kłopotliwa jest także konieczność dociążania wyjścia przetwornicy zasilającej LCD (w mikrokontrolerach STM32L152xx) za pomocą zewnętrznego rezystora, który wymusza obciążenie jej dodatkowym prądem o wartości ok. 2 μ A.

Producent w dokumentacji opublikowanej na swojej stronie internetowej opisał wykryte błędy i sposoby zapobiegania im, co jest obecnie standardową praktyką, trudną do uniknięcia z powodu szybkiego tempa wprowadzania nowych układów do sprzedaży i bardzo dużego stopnia skomplikowania współczesnych układów.

Podsumowanie

Mikrokontrolery STM32L mają szansę stać się popularną platformą sprzętową dla

urządzeń zasilanych bateryjnie. Ich atutem – poza niewielkim poborem mocy – jest kompatybilność z mikrokontrolerami z niezwykle popularnej rodziny STM32 i wynikająca z tego możliwość przenoszenia oprogramowania pomiędzy tymi dwiema rodzinami. Dzięki zastosowaniu identycznych rdzeni w obydwu rodzinach mikrokontrolerów, nie ma konieczności modyfikowania programów, co zdarza się przy ich przenoszeniu z Cortex-M0 na Cortex-M3 i odwrotnie.

Nie bez znaczenia jest także dostępność bezpłatnego oprogramowania narzędziowego (jak choćby oparty na Eclipse i GCC pakiet TrueSTUDIO firmy Atollic), dostępność tanich narzędzi sprzętowych (w tym programatorów-debuggerów JTAG), a także rosnąca liczba przykładowych aplikacji dla STM32 publikowanych w Internecie (m.in. na stronie www.stm32.eu).

Trzymajmy kciuki za dalszy rozwój rodziny STM32L i możliwie szybkie wprowadzenie do sprzedaży nowej wersji krzemu z usuniętymi niedociągnięciami wieku dziecięcego.

Tomasz Starak

Pomysł, który upraszcza

ARM opracował kilka wersji rdzeni Cortex-M, przeznaczonych do różnych aplikacji. Do aplikacji energooszczędnych jest przewidziany rdzeń Cortex-M0 (architektura ARMv6-M), który jest znacznie uproszczoną sprzętowo wersją rdzenia Cortex-M3 (architektura ARMv7-M), zredukowano m.in. liczbę obsługiwanych kodów rozkazów do 60 (jak na rysunku). Powoduje to utrudnienia i ogranicza wydajność obliczeniową mikrokontrolerów, czego nie doświadczają konstruktorzy korzystający z mikrokontrolerów z różnych rodzin, ale wyposażonych w taki sam rdzeń.

CORTEX-M0/M1

CORTEX-M3