

Nowości w rodzinie STM32L1

Lepsze wyposażenie, większe możliwości, coraz bardziej ULP (Ultra Low Power)

Pierwsze wersje not katalogowych mikrokontrolerów STM32L1 ujrzały światło dzienne 12 kwietnia 2010 roku i obejmowały dwie – nowe w ofercie STMicroelectronics – podrodziny mikrokontrolerów STM32L1: STM32L151 oraz STM32L152. Po ponad 2 latach wracamy do tematu, ponieważ producent wprowadził w rodzinie STM32L1 rewolucyjne zmiany, dzięki którym możliwości aplikacyjne mikrokontrolerów znacznie się powiększyły.

Przypomnijmy: rodzina mikrokontrolerów STM32L1 składa się z trzech głównych podrodzin wyposażonych w 32-bitowe rdzenie Cortex-M3 oraz dwóch rodzin mikrokontrolerów wyposażonych w rdzeń Cortex-M4F: STM32L151 i STM32L152.

Do grona mikrokontrolerów wyposażonych w rdzeń z Cortex-M3 należą podrodziny:

- STM32L151 – standardowe mikrokontrolery z wbudowaną pamięcią Flash i bogatym zestawem bloków peryferyjnych, począwszy od I²C/SPI, przez CAN i funkcjonalnie zaawansowane timery, aż po koprocesory kryptograficzne czy interfejsy USB-OTG i MAC ethernetowy,
- STM32L152 – mikrokontrolery z bogatym zestawem bloków peryferyjnych, wzboga-

gaconych 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,

- STM32L152 – rodzina mikrokontrolerów o wyposażeniu zbliżonym do STM32L151, przystosowanych do taktowania sygnałami zegarowymi o częstotliwości do 32 MHz, zoptymalizowanych konstrukcyjnie pod kątem minimalizacji poboru energii z zasilania.
- Obecnie w skład rodziny STM32L1 (**rysunek 1**) wchodzi trzy grupy mikrokontrolerów:
- STM32L151 – mikrokontrolery wyposażone tak samo jak odpowiedniki z grupy STM32L152, bez kontrolera LCD,

Nowe wersje dokumentacji

Wraz z poszerzeniem rodziny STM32L1 o nowe typy mikrokontrolerów producent opublikował nowe wersje dokumentacji, w których zweryfikowano i zmieniono wartości niektórych istotnych parametrów, w tym:

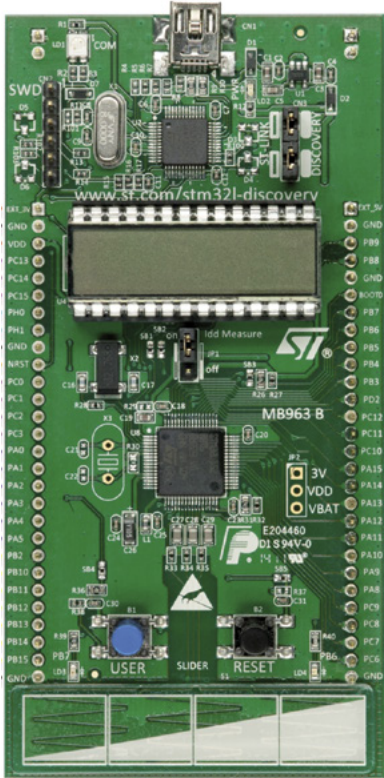
- pobór prądu w trybie standby z aktywnym RTC wynosi 1,1 μ A (przy 3,6 V) zamiast wcześniej podawanej wartości 1,4 μ A,
- pobór prądu w trybie stop z aktywnym RTC wynosi 1,45 μ A (przy 3,6 V) zamiast wcześniej podawanej wartości 1,9 μ A.

- STM32L152 – odpowiedniki mikrokontrolerów STM32L151 z wbudowanym kontrolerem segmentowego LCD,
- STM32L162 – odpowiedniki mikrokontrolerów STM32L152 z wbudowanym koprocesorem kryptograficznym.

Już w założeniach koncepcyjnych mikrokontrolery STM32L1 optymalizowano konstrukcyjnie i technologicznie pod kątem aplikacji wymagających minimalizacji poboru energii. Rdzenie nowych mikrokontrolerów, funkcjonalnie identyczne z zastosowanymi w klasycznej rodzinie STM32L1, są przystosowane do taktowania sygnałami zegarowymi o częstotliwości do 32 MHz, pobierają przy tym prąd o natężeniu od 50 do 285 μ A/MHz (w zależności od napięcia zasilającego i in-

Energooszczędność łatwa do zweryfikowania

Firma STMicroelectronics przygotowała dwa zestawy ewaluacyjne z serii Discovery, które umożliwiają użytkownikom samodzielną ocenę możliwości mikrokontrolerów STM32L, są to: STM32L-DISCOVERY (fotografia A) - typowy zestaw z serii Discovery, wyposażony m.in. w alfanumeryczny LCD i suwakowy nastawnik analogowy, M24LR-DISCOVERY (fotografia B) – zestaw dedykowany dwuportowym pamięciom EEPROM z serii M24LR, w które wbudowano bloki umożliwiające pozyskiwanie zasilania dla mikrokontrolera STM32L z toru transmisyjnego RFID (zasilanie bezprzewodowe).



Wygląd zestawu STM32L-DISCOVERY



Wygląd zestawu M24LR-DISCOVERY

nych parametrów). 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, regenerowalnych ogniw zasilających.

W chwili wprowadzenia na rynek mikrokontrolerów STM32L były wyposażane w pamięć Flash o pojemności 64 lub 128 kB, obecnie dostępne są wersje z pamięciami Flash o pojemności od 32 kB do 384 kB (przy tej pojemności *dual-bank*) i pamięcią RAM od 10 kB do 48 kB (zamiast 10/16 kB dostępnych w pierwszych mikrokontrolerach STM32L). Zawartość pamięci programu jest z chroniona za pomocą bloków sprzętowych MPU (*Memory Protection Unit* – mechanizm przydatny przy współdzieleniu pamięci przez różne zadania realizowane przez CPU) oraz ECC (*Error Correction Code* – chroni mikrokontroler przed wykonywaniem błędnych kodów w przypadku uszkodzenia Flash). Działanie mechanizmów ECC wspiera wysoką trwałość pamięci Flash, która według danych producenta może być modyfikowana aż 10000 razy. Standardowym wyposażeniem mikrokontrolerów STM32L jest także pamięć EEPROM o pojemności 4 kB, której zawartość także chroniona za pomocą bloku ECC. Żywotność tej pamięci producent określa na 300000 cykli kasowanie/zapis każdego 128-bitowego bloku.

Ponadto, niektóre typy mikrokontrolerów nowych w rodzinie STM32L charakteryzują się rozszerzonym zakresem temperatur pracy – producent przesunął górną granicę dopuszczalnej temperatury pracy struktury półprzewodnikowej z +85°C na +105°C!

W skład standardowego wyposażenia mikrokontrolerów STM32L wchodzi 6 lub 8 timerów, po 2 lub 3 interfejsy SPI i I²C, 3 lub 5 USART-ów, jeden kanał USB *device*, dwa komparatory analogowe, 12-bitowy przetwornik A/C (od 16 do 40 multipleksowanych kanałów wejściowych), dwa 12-bitowe przetworniki C/A z wyjściami napięciowymi, a także interfejsy umożliwiające sterowanie segmentowymi LCD – te ostatnie są dostępne wyłącznie w mikrokontrolerach STM32L152 oraz STM32L162. Mikrokontrolery STM32L162 wyposażono dodatkowo w koprocessor kryptograficzny realizujący algorytm AES128 w trybach ECB (*Electronic CodeBook*), CBC (*Cypher Block Chaining*) oraz CTR (*Counter Mode*).

Ważnym elementem wyposażenia prezentowanych mikrokontrolerów są wbudowane w bloki GPIO komórki sensorów pojemnościowych, które można wykorzystać do budowy klawiatur i nastawników bezstykowych. Ich implementację ułatwiają przykłady i biblioteka *STM32 Touch Sensing Library* udostępniona bezpłatnie przez firmę STMicroelectronics.

W zależności od rodzaju obudowy, liczba dostępnych GPIO zmienia się od 36 do 114. Producent zadbał o kompatybilność rozmieszczenia wyprowadzeń i większości możliwości funkcjonalnych bloków peryferyjnych mikrokontrolerów STM32L z klasycznymi STM32, montowanymi w ta-

Energooszczędny, ale szybki

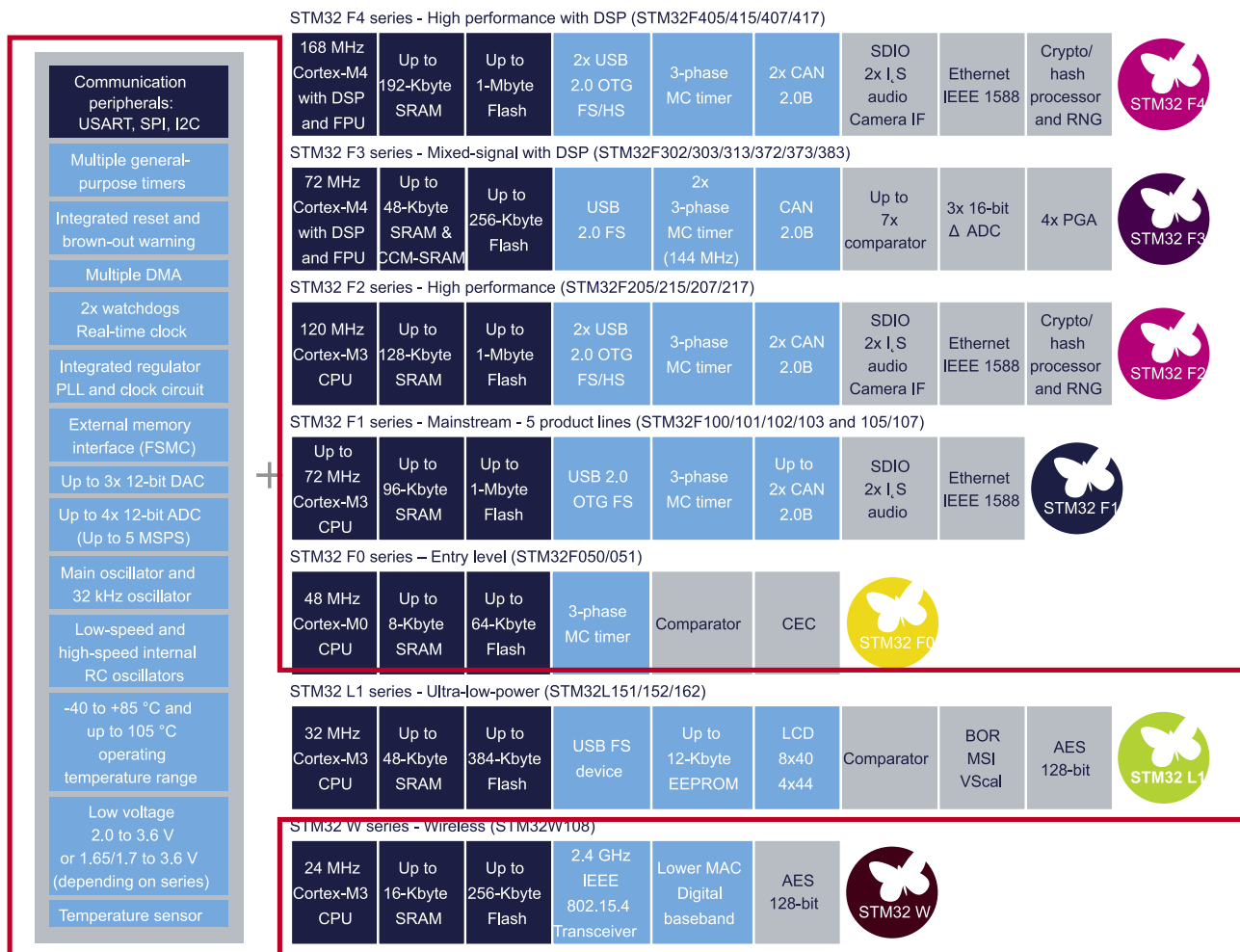
Oszczędzanie energii nie jest zbieżne ze wzrostem wydajności mikrokontrolera, co może powodować obawy o realne możliwości mikrokontrolerów STM32L. Testy CoreMark wykazują, że mikrokontrolery STM32L dobrze sobie radzą uzyskując wynik 1,05 DMIPS/MHz, 1,79 CM/MHz (@ >16MHz, 10,1 mA), co jest doskonałym wynikiem m.in. w stosunku do uzyskiwanych przez – powszechnie uznawane za wzór energooszczędności - mikrokontrolery MSP430F5 (0,39 DMIPS/MHz, 0,62 CM/MHz, @25 MHz max, 8,7 mA). Dane za www.coremark.org

kich samych obudowach (STM32L są oferowane w: LQFP/VFQFN48, LQFP/BGA64 i LQFP/BGA100, LQFP144 oraz BGA132), dzięki czemu konstruktorzy mogą dostosować wydajność obliczeniową i pobór mocy przez mikrokontroler do wymogów aplikacji bez konieczności modyfikowania płytki drukowanej.

Technologia półprzewodnikowa zastosowana do produkcji mikrokontrolerów STM32 zapewnia minimalizację prądów pasożytniczych, dzięki czemu pobór prądu przez mikrokontroler w stanie spoczynku (*standby*) nie przekracza 0,3 µA, a w stanie *stop* nie przekracza 0,57 µA (obydwie wartości przy 3,6 V). Tak dobre wyniki 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. Możliwość indywidualnego włączania i wyłączenia sygnałów taktujących 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 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 nastę-





Rysunek 1.

pnie – 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, różniące się od stosowanych w klasycznych wersjach STM32:

- 12-bitowy przetwornik A/C potrafiący funkcjonować bez konieczności interwencji CPU, samoczynnie obsługujący tryb pomiaru *burst*,
- wybudzający rdzeń interfejs USART z mechanizmem ochrony danych – bit wybudzający CPU nie jest tracony podczas transmisji,
- komparatory analogowe, pozostające w stanie aktywności we wszystkich trybach oszczędzania energii – można je wykorzystać do „budzenia” mikrokontrolera w chwili zmiany wartości monitorowanego napięcia,
- samodzielny sterownik LCD (wyłącznie w STM32L152) 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.

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, 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 me-

chanizmach „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.

Podsumowanie

Rosnące wymagania aplikacji mobilnych tworzą szeroki obszar aplikacyjny dla energooszczędnych mikrokontrolerów o dużej wydajności, takich jak STM32L. Atutem tych układów – poza niewielkim poborem mocy – jest kompatybilność z mikrokontrolerami z niezwykle popularnej rodziny STM32 i wynikająca z tego możliwość przenoszenia oprogramowania pomiędzy tymi dwiema rodzinami. Nie bez znaczenia jest także dostępność bezpłatnego oprogramowania narzędziowego (jak choćby oparty na Eclipse i GCC pakiet TrueSTUDIO firmy Atollic, pakiety MDK-ARM firmy Keil/ARM oraz EWB firmy IAR), dostępność tanich narzędzi sprzętowych (w tym programatorów-debuggerów JTAG, takich jak J-Link firmy Segger), a także rosnąca liczba przykładowych aplikacji dla STM32 publikowanych w Internecie (m.in. na polskiej stronie www.stm32.eu).

Andrzej Gawryluk