

STM32F411

Entry-level to STM32 F4 series



- Batch Acquisition Mode (BAM)
- 100 MHz/125 DMIPS
- 100 μ A/MHz
- < 10 mm²
- Smart connectivity



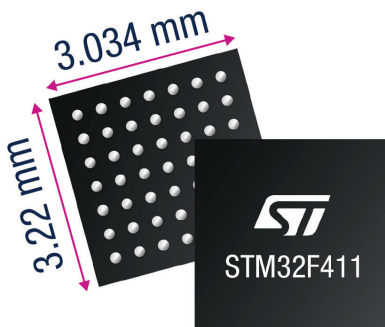
STM32 Dynamic Efficiency Line = wydajność + energooszczędność z rdzeniem Cortex-M4F

Mikrokontrolery STM32F4 (Cortex-M4F) są przez producenta pozycjonowane jako rozbudowane funkcjonalnie układy o dużej mocy obliczeniowej, przeznaczone do wymagających aplikacji, ocierających się o zastosowania DSP. W ten sposób symbol STM32F4 stał się synonimem dużej mocy obliczeniowej, ale – jak się okazuje – ma podstawy zacząć się kojarzyć z małym poborem mocy...

Firma STMicroelectronics ma w swojej ofercie wiele typów mikrokontrolerów zoptymalizowanych do stosowania w aplikacjach *low-power*, które oznaczono prefiksem w nazwie STM32L. Są to mikrokontrolery wyposażone w rdzenie Cortex-M0+ (STM32L0) lub Cortex-M3 (STM32L1), które są taktowane sygnałami zegarowymi o częstotliwości do 32 MHz. Ich główną domeną aplikacyjną są urządzenia zasilane bateryjnie, do czego predestynuje je przede wszystkim niewielki pobór prądu w stanie statycznym i dynamicznym, a także zaawansowane tryby oszczędzania energii:

STM32 Dynamic Efficiency™

Less dynamic power, more performance



- STM32L0: w trybie *ultra-low-power* pobierają zaledwie 250 nA, w czasie normalnej pracy ok. 87 μ A/MHz
- STM32L1: w trybie *ultra-low-power* pobierają zaledwie 280 nA, w czasie normalnej pracy ok. 177 μ A/MHz.

Jeżeli wymogi obliczeniowe aplikacji są duże, może się okazać, że prędkość wykonywania programu osiągnięta przez mikrokontrolery STM32L0/STM32L1 (30.4/33.3 DMIPS) nie jest wystarczająca. Firma STMicroelectronics proponuje w takich przypadkach rozważyć zastosowanie mikro-



kontrolerów STM32F401 lub STM32F411, które w rodzinie STM32F4 zoptymalizowano pod kątem minimalizacji poboru mocy przy zachowaniu dużej wydajności, z czego wynika nazwa podrodziny – *Dynamic Efficiency Line*. I tak:

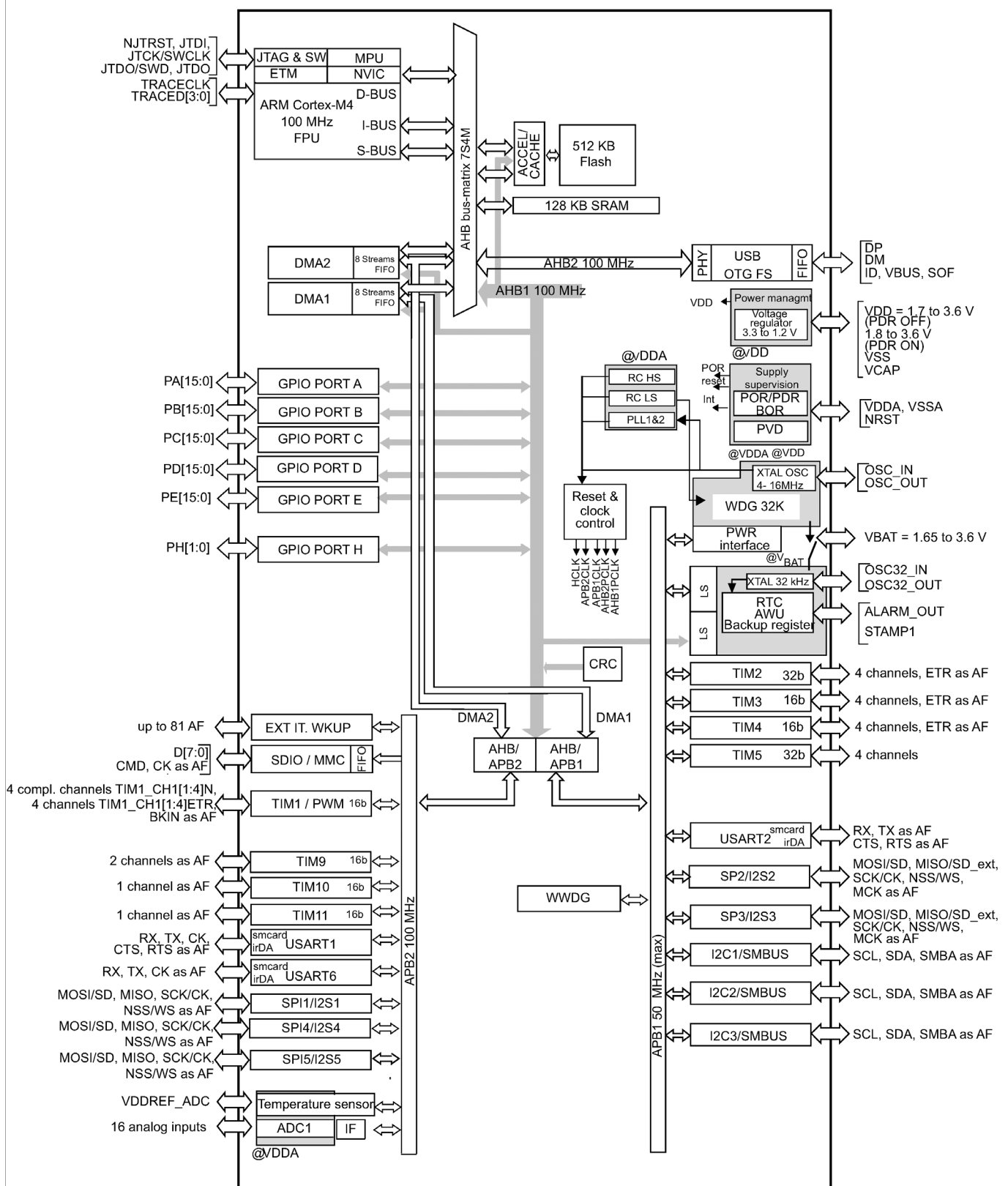
- mikrokontrolery STM32F401 osiągają prędkość wykonywania programu 105 DMIPS przy taktowaniu 84 MHz,

- mikrokontrolery STM32F411 osiągają prędkość wykonywania programu 125 DMIPS przy taktowaniu 100 MHz.

Zastosowane w prezentowanych mikrokontrolerach rozwiązanie nazwane *Dynamic Efficiency*, składa się z trzech istotnych modyfikacji dotychczasowych rozwiązań:

- mikrokontrolery *Dynamic Efficiency Line* są wyposażone w interfejs ART

(*Adaptive Real Time*), którego zadaniem jest akceleracja dostępu CPU do pamięci Flash oraz obsługa pamięci cache w taki sposób, żeby zapewnić dostęp do danych bez taktów oczekiwania (*wait state*) oraz zminimalizować transfer niepotrzebnych danych, zastosowano „gęstsza” niż standardowo technologię produkcji struktur



Rysunek 1. Uogólniony schemat blokowy

(90 nm vs 130 nm), co pozwoliło zmniejszyć dynamiczny pobór mocy,

- zastosowano mechanizm skalowanego napięcia zasilania CPU, dzięki czemu można dobrać jego wartość do wymaganej częstotliwości taktowania, którą z kolei można dynamicznie dobrać do aktualnych wymogów aplikacji.

Wprowadzenie tych udoskonaleń spowodowało, że natężenia poboru prądu podawane przez producenta wyglądają zaskakująco dobrze:

- CPU w STM32F401 pobierają podczas normalnej pracy ok. 128 μ A/MHz,
- CPU w STM32F411 pobierają podczas normalnej pracy ok. 100 μ A/MHz.

Pomimo niskiego poboru mocy, wewnętrzne wyposażenie prezentowanych mikrokontrolerów jest bardzo bogate, co widać na uogólnionym schemacie blokowym pokazanym na **rysunku 1**. Interfejsy komunikacyjne wbudowane w mikrokontrolery charakteryzują się dużą prędkością transmisji (USART do 12,5 Mb/s, SPI do 50 Mb/s, I²C do 1 Mb/s), „oszczędności” nie widać także w szybkości pracy przetwornika A/C (do 2,4 MHz), szybkości taktowania timerów (84/100 MHz) czy częstotliwości próbkowania SPI (do 192 kHz).

Mikrokontrolery F401/F411 wyposażono w pamięć SRAM o relatywnie dużej pojemności (do 128 kB), co – w połączeniu z szybkimi interfejsami komunikacyjnymi – ułatwia wykorzystanie m.in. ich jako inteligentne integratory sensorów (**rysunek 2**). Żeby ułatwić energooszczędną implementację tego typu rozwiązań, mikrokontrolery STM32F411 producent wyposażył w mechanizm BAM (*Batch Acquisition Mode*), który umożliwia gromadzenie danych z sensorów w pamięci SRAM bez udziału CPU i dostępu do pamięci Flash, które mogą zostać zatrzymane (co znacznie ogranicza pobór mocy) i wybudzane tylko w celu obrobienia zgromadzonych danych i ich wysłania do urządzenia nadrzędnego. W ten sposób można budować zasilane bateryjnie systemy telemetryczne działające w sposób *always-on*, mechanizm ten jest także wykorzystywany w Androidzie od wersji 4.0 (KitKat) począwszy, co tworzy duże perspektywy dla nowych mikrokontrolerów w urządzeniach mobilnych.

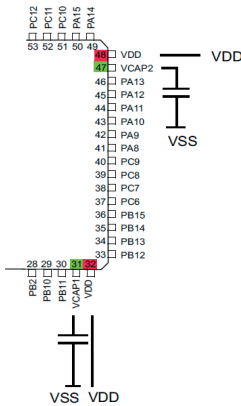
Przedstawione w artykule rozwiązania promowane przez firmę STMicroelectronics nieco zaburzają dotychczas kreowany wizerunek rodziny STM32F4, jako mikrokontrolerów dużych i wydajnych, przeznaczonych do stosowania w wymagających aplikacjach. Wydaje się, że producent znalazł dobry sposób, żeby cechy te skutecznie połączyć z energooszczędnością, co jest o tyle ważne, że coraz częściej wymagania stawiane urządzeniom zasilanym z baterii są tak duże, że 32-bitowy mikrokontroler nie ma w nich specjalnie czasu, żeby się nudzić...

Warto także zwrócić uwagę na fakt, że dla nowych mikrokontrolerów są dostęp-

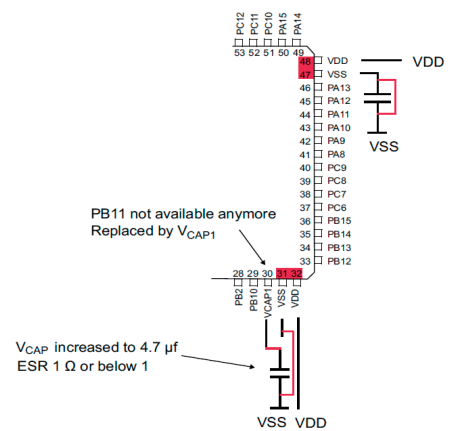
(Prawie) kompatybilne

Mikrokontrolery STM32F401/F411 w obudowach LQFP64 i LQFP100 są kompatybilne z pozostałymi mikrokontrolerami z tej rodziny, z drobnymi zastrzeżeniami pokazanymi na rysunkach poniżej. Trzeba o tym pamiętać podczas projektowania PCB, na szczęście informacja o niezbędnych zmianach jest wyraźnie pokazana w dokumentacji mikrokontrolerów.

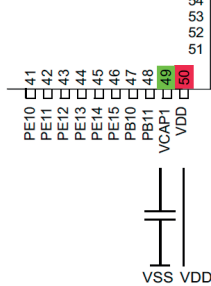
STM32F405/STM32F415 line



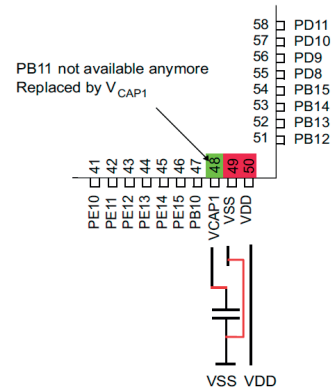
STM32F4x1



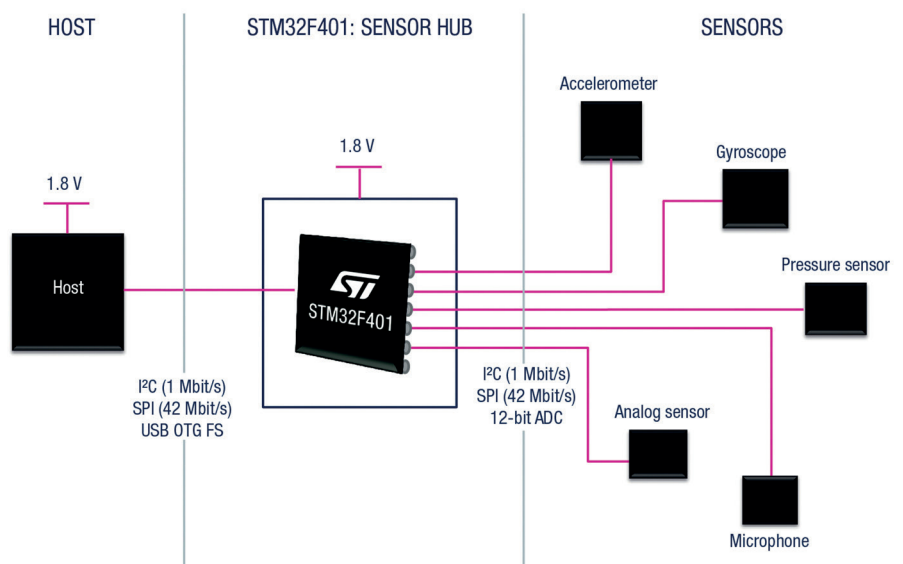
STM32F405/STM32F415 line
STM32F407/STM32F417 line
STM32F427/STM32F437 line
STM32F429/STM32F439 line



STM32F4x1



STM32F401 sensor hub application example



Rysunek 2. Przykładowe zastosowanie – inteligentny integrator sensorów

ne bezpłatnie narzędzia programowe (jak STM32Cube) oraz tanie narzędzia sprzętowe (jak 32F401CDISCOVERY), które pozwalają na łatwe i szybkie rozpoczęcie własnych ekspe-

rymentów z energooszczędnymi mikrokontrolerami. Warto spróbować!

Piotr Zbysiński, EP