

# SAM4L – mikrokontroler Cortex-M4 o małym poborze mocy

*Termin „mały pobór mocy” (low power) jest używany tak powszechnie, że jego znaczenie „rozmyło się”, a niekiedy bywa ono zupełnie wypaczone. Z punktu widzenia producenta mikrokontrolerów, mały pobór mocy to parametr porównywany z wyrobami konkurencyjnymi i dla inżynierów powinno być oczywiste, że dla przykładu, nie wszystkie mikrokontrolery z rdzeniem Cortex-M4 pobierają podczas pracy tę moc zasilania.*

Aby móc zaoferować komponent, który **rzeczywiście** będzie pobierał niedużą moc z zasilania, producent musi opracować własne technologie i metodologię produkcji, które następnie zastosuje w konkretnym wyrobie, w tym wypadku mikrokontrolerze z rdzeniem Cortex-M4. Autorskie, opatentowane rozwiązanie firmy Atmel nosi nazwę *picoPower*.

Gdy mikrokontroler jest opracowywany z uwzględnieniem małego poboru mocy, to musi ono uwzględniać jego różnorodne aplikacje. Pomiar mocy pobieranej z zasilania, który jest wykonywany w najbardziej sprzyjających warunkach nie jest wiarygodny. Istotne jest, aby inżynier mógł polegać na mikrokontrolerze w każdych warunkach funkcjonowania aplikacji, a nie tylko np. w trybie uśpienia. Pobór mocy przez mikrokontroler odbywa się w dwóch stanach: przy pracy statycznej oraz dynamicznej.

W warunkach pracy dynamicznej, ma znaczenie częstotliwość taktowania obwodów przełączających, ponieważ moc jest w dużej mierze pobierana przez obwody CMOS, w których następuje przełączanie. Obniżenie częstotliwości przełączania, zmniejsza liczbę przełączeń w jednostce czasu, ale nie odnosi się do wymaganej ich liczby po to, aby zostało zrealizowane dane zadanie – ta pozostanie niezmienną.

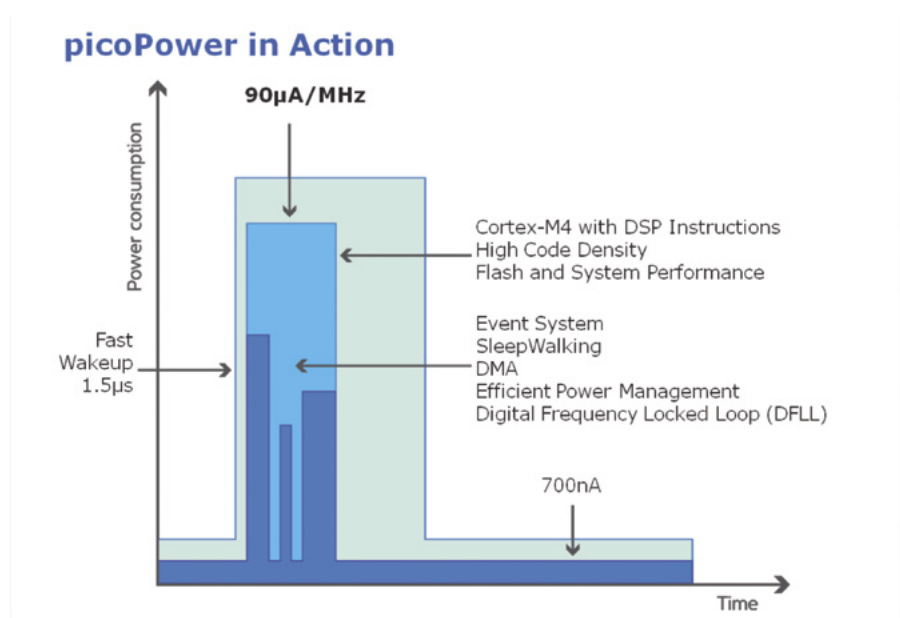
Wartość napięcia zasilającego eksponentalnie oddziałuje na poziom zużycia energii. Obniżenie napięcia zasilającego powoduje znaczne oszczędności mocy – większe, niż zmiana częstotliwości. Jednak wytworzenie układu pracującego przy niższym napięciu zasilającym nie jest tak łatwe, jak obniżenie częstotliwości taktowania i musi być wykonane na poziomie technologicznym.

Gdy element logiczny CMOS jest w stanie spoczynku, to z zasilania jest pobierana

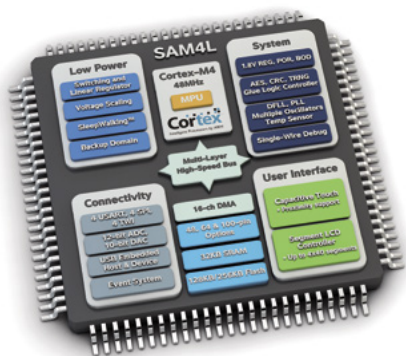
znaczna moc statyczna. Teoretycznie, w tym stanie z zasilania nie powinna być pobierana żadna energia. Jednak w praktyce zbudowanie tranzystora o nowoczesnym kształcie struktury, zapewniającym dobre parametry przełączające, który w stanie spoczynku nie będzie pobierał żadnego prądu, jest bardzo trudne. Ogólnie rzecz ujmując, im mniejsza wielkość tranzystora, tym jest większy prąd upływu. Z drugiej strony, rośnie skala integracji układów scalonych i jak łatwo domyślić się, większa liczba tranzystorów zintegrowana w strukturze podwyższa sumaryczną wartość natężenia prądu upływu w stanie spoczynku. Firma Atmel rozwiązała ten problem opracowując technologię *picoPower*, która jest panaceum na opisywane

wyżej problemy i umożliwia uzyskanie prądu upływu blisko teoretycznego zera bez poświęcania wydajności (**rysunek 1**).

W związku z tym, że najszybsze i najczęściej przełączane tranzystory w mikrokontrolerze pracują w pamięci RAM rdzenia oraz w samym rdzeniu doprowadza to do wniosku, że jeśli rdzeń i jego podsystemy są aktywne, to właśnie one będą rozpraszały największą ilość mocy systemu. Dlatego producenci coraz powszechniej „uzbrajają” mikrokontrolery w różnorodne tryby uśpienia. Rdzeń Cortex-M4 został opracowany przez firmę ARM jako mający możliwość pracy w dwóch trybach uśpienia, z których każdy w większym lub mniejszym stopniu manipuluje częstotliwością zegara systemowego. Jak łatwo domyślić się, te dwa tryby to za mało dla nowoczesnego i mikrokontrolera i dlatego producenci implementują własne rozwiązania, jednak każde z nich wymaga aktywności rdzenia do zapamiętania krytycznych danych systemowych w rejestrach i pamięci RAM, tak aby były one gotowe do odtworzenia i użycia po opuszczeniu trybu uśpienia. To zajmuje czas, a w typowej apli-



**Rysunek 1.** Jeden z najbardziej wydajnych, dostępnych mikrokontrolerów, Atmelowski SAM4L osiąga 28 pkt. w teście CoreMark/mA przy zastosowaniu IAR Embedded Workbench w wersji 6.40



Rysunek 2. Schemat blokowy mikrokontrolera SAM4L firmy Atmel

kacji mikrokontrolera, czas jest synonimem szybkości reakcji.

Na podstawie powyższych rozważań można łatwo wysnuć wnioski, że mały pobór mocy jest nie tylko skutkiem odpowiedniej technologii wykonania komponentów, ale rezultatem całkowitej, przemyślanej architektury mikrokontrolera. Tylko dzięki ujęciu systemowemu producent może dostarczyć rozwiązanie o rzeczywistym, małym poborze energii. Wykonanie rdzenia Cortex-M4 w technologii niskiego poboru energii będzie skutkowało, co oczywiste, mikrokontrolerem pobierającym znacznie mniejszą moc, niż gdyby był on wykonany w technologii gwarantującej najwyższe osiągi. Jednak jeśli jego projekt będzie skupiony wokół rdzenia sprawującego nadrzędną kontrolę nad wszystkim blokami funkcjonalnymi, to jest prawdopodobne, że nawet najbardziej prozaiczne zadania będą wymagały interwencji CPU. Na przykład, procedura obsługi przerwania, nawet taka niewymagająca podejmowania żadnej akcji, będzie wymagała użycia rdzenia, pamięci Flash i innych modułów systemowych, które trzeba będzie aktywować. Przy zastosowaniu rdzenia o dużej wydajności, takiego jak Cortex-M4, proces aktywowania CPU i jego podsystemów z głębokiego uśpienia, będzie przebiegał zauważalnie dłużej niż czas potrzebny na wykonanie tego zadania. Nie tylko spowoduje to zużycie energii, ale większość z niej zostanie skonsumowana w celu obudzenia systemu. Jeśli jest to robio-

ne tylko po to, aby stwierdzić, że... CPU nie ma nic do zrobienia, to chyba każdy dostrzeże tu jawne marnowanie energii zasilającej.

Najlepszym i najbardziej skutecznym sposobem zoptymalizowania poboru energii jest wspomniane wcześniej ujęcie kompleksowe. Stopień uwzględnienia różnych aspektów jest tym, co w rzeczywistości różnicuje wyroby producentów mikrokontrolerów z rdzeniem Cortex-M4. Podczas projektowania układu scalonego, zanim moc pobierana w stanie statycznym zacznie spędzać sen z powiek zespołu projektantów, to jest brana pod uwagę przede wszystkim moc pobierana w trybie aktywnym. Firma Atmel może poszczycić się różnymi produktami mikrokontrolerowymi, które w porównaniu do wyrobów konkurencyjnych mają największą wydajność przy najmniejszej mocy pobieranej w trybie aktywnym. To nie jest przypadkowe.

Jednym z aspektów utrzymywania niskiego poziomu poboru mocy w trybie aktywnym jest znalezienie najbardziej efektywnej drogi załączenia trybów uśpienia oraz aktywowania mikrokontrolera. Im szybciej ponownie może być ustabilizowana częstotliwość generatora sygnału zegara systemowego, tym szybciej rdzeń może wykonać zadanie i jest zużywane mniej energii.

Idąc dalej, firma Atmel implementuje w swoich mikrokontrolerach bloki funkcjonalne, które mogą pracować niezależnie od rdzenia (rysunek 2). Inteligentne, autonomiczne peryferia mają możliwość przetwarzania sygnałów wejściowych i reagowania niezależnie od CPU. Taka filozofia pracy układu umożliwia dłuższe pozostawanie CPU w trybie uśpienia, mało tego – dzięki specjalnej architekturze bloki funkcjonalne mogą również wymieniać pomiędzy sobą dane używając współdzielonej magistrali oraz samodzielnie podejmować decyzje na podstawie zaistniałych warunków, bez konieczności aktywowania rdzenia. Takie zezwolenie peryferiom rdzenia na autonomiczną pracę jest teraz postrzegane jako kluczowy dodatek do trybu obniżonego poboru mocy. Jednak ponownie ogromne znaczenie odgrywa fakt, że implementacja peryferiów

autonomicznych jest integralną częścią architektury całego mikrokontrolera. Powinny one mieć jak najkrótszy czas odpowiedzi od punktu pobudzenia do podjęcia czynności przy jednocześnie niedużym poborze energii, aby ich implementacja ogóle miała sens. Dla przykładu, w mikrokontrolerze SAM4L zaimplementowano *Peripheral Event System*. Jest on niezależny od rdzenia i sygnału zegara systemowego. Z własnym systemem kontroli zegara czasu rzeczywistego, PES ma możliwość pracy, gdy CPU i generator systemowego sygnału zegarowego są wyłączone.

Technologię *picoPower* opatentowaną przez firmę Atmel po raz pierwszy zastosowano w 8-bitowych AVR z rodziny XMEGA. Teraz znalazła ona również zastosowanie w pierwszym mikrokontrolerze Atmela z rdzeniem Cortex-M4 – SAM4L. Rozwiązuje ona problemy występujące w trzech głównych obszarach konsumpcji mocy przez mikrokontroler: trybie uśpienia, trybie aktywnym i podczas zmiany trybu z uśpienia na aktywny. Zastosowanie technologii *picoPower* w mikrokontrolerze SAM4L pozwoliło na osiągnięcie w trybie aktywnym poboru prądu znacznie niższego niż u konkurencji, to jest zaledwie 90  $\mu\text{A}/\text{MHz}$ . Jest on osiągnięty za pomocą bloku przetwornicy *buck* o ultra niskim poborze mocy, która obniża napięcie dla większości często przełączanych obwodów logicznych mając przy tym bardzo dobrą sprawność.

Dzięki kompleksowemu ujęciu zagadnień związanych z oszczędzaniem energii podczas projektowania mikrokontrolera SAM4L, może on być zasilany napięciem 1,62 V. Mikrokontroler SAM4L pobiera znikomy prąd o natężeniu 1,5  $\mu\text{A}$  w trybie *Wait* przy podtrzymaniu zawartości całej pamięci RAM. Mając bezkonkurencyjny czas aktywowania wynoszący zaledwie 1,5  $\mu\text{s}$ , podczas zmiany trybu SAM4L pobiera najmniejszą moc. W stanie uśpienia, przy pracującym module zegara RTC, z zasilania jest pobierany prąd nie większy niż 0,5  $\mu\text{A}$ , a czas wybudzenia jest krótszy od 2  $\mu\text{s}$ .

Andreas Eieland  
Senior Product Manager, Atmel

## Regulator temperatury AVT1699

- zakres regulacji temperatury: +10°C...+80°C
- obciążalność styków przełącznika: 8A/230V
- zasilanie: 12 VDC

www.sklep.avt.pl

