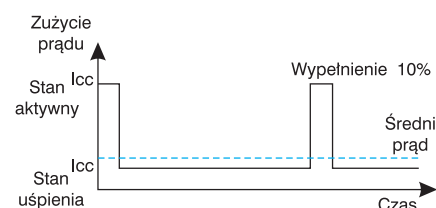


# Technologia picoPower w mikrokontrolerach AVR

**P**roblem niskiego poboru mocy zaznaczył się zwłaszcza w ostatnich latach, kiedy coraz więcej urządzeń jest zasilanych bateryjnie. W niektórych aplikacjach czas życia baterii jest tożsamy z czasem życia urządzenia. Ponadto niski pobór energii oznacza mniejsze i tańsze źródła zasilania. Coraz częściej spotykane są także urządzenia zasilane z linii sygnałowych. Odpowiedzią na te problemy jest wprowadzona przez firmę Atmel technologia picoPower.

Najważniejszym kryterium podczas doboru mikrokontrolera do aplikacji o bardzo niskim poborze mocy (Ultra Low Power – ULP) jest chwilowy pobór prądu. Jednak kompleksowe podejście powinno uwzględniać szereg innych cech układu. Równie istotne, co pobór prądu, jest niskie napięcie zasilania. Kolejnym kluczowym elementem jest częstotliwość pracy, która ma związek zarówno z układami peryferyjnymi mikrokontrolera, jak również z architekturą rdzenia i listą rozkazów. Mikrokontrolery AVR należą do układów RISC, w których większość operacji wykonywanych jest w jednym taktie zegara. Z kolei inne obecne na rynku układy potrzebują kilku lub kilkunastu taktów na wykonanie jednej instrukcji. W praktyce oznacza to, że na wykonanie tego samego zadania konkurencyjne mikrokontrolery potrzebują większej częstotliwości oscylatora, a tym samym większej ilości energii.

W wielu aplikacjach mikrokontroler pracuje głównie w stanie uśpienia i tylko czasami przechodzi do stanu aktywnego. Z tego



**Rys. 1.** Przykładowy cykl pracy mikrokontrolera w urządzeniach ULP

Niski pobór mocy był jednym z kluczowych czynników branych pod uwagę podczas projektowania pierwszego mikrokontrolera AVR. Od tamtego czasu, czyli od 10 lat, wymagania co do minimalizacji zużycia energii znacznie wzrosły.

względu w urządzeniach ULP kluczowe znaczenie dla zużycia energii ma prąd pobierany w trybie uśpienia (rys. 1). Właśnie na zmniejszeniu tego prądu koncentruje się technologia picoPower. Zastosowanie technologii picoPower pozwoliło na zmniejszenie prądów zarówno w stanie uśpienia, jak również w stanie aktywnym.

## METODY OGRANICZENIA MOCY W STANIE UŚPIENIA

Na technologię picoPower składa się kilka czynników. Po pierwsze, możliwość zasilania mikrokontrolerów napięciem z zakresu 1,8V–5,5V. Oznacza to, że w przypadku typowego zasilania urządzenia z dwóch ogniw 1,2V można dopuścić na każdym z nich spadek napięcia do poziomu 0,9V. Warto podkreślić, że zwłaszcza analogowe części układu oraz pamięci Flash i EEPROM przy tak niskim zasilaniu zachowują pełną funkcjonalność. Wiele konkurencyjnych rozwiązań może być zasilanych niskim napięciem, jednak wiąże się to z poważnymi ograniczeniami. Najczęściej posłuszeństwa odmawiają pamięci EEPROM, układy nadzoru napięcia (Brown Out), problemem staje się również programowanie pamięci Flash.

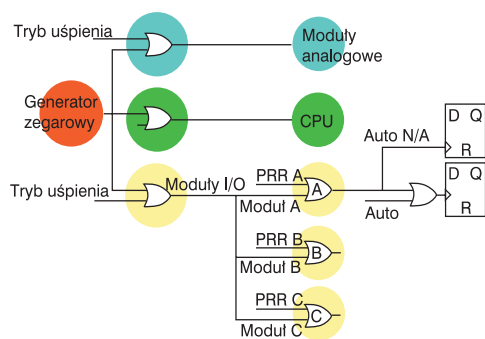
Drugim czynnikiem jest mechanizm uśpionego detektora BOD (Brown Out Detector). Układ ten zazwyczaj musi pobierać stosunkowo duży prąd. W jednym z konkurencyjnych rozwiązań podjęto próbę obniżenia tego prądu. To spowodowało, że BOD stał się praktycznie bezużyteczny i w celu zapewnienia poprawnej pracy mikrokontrolera konieczny stał się dodatkowy układ nadzorujący. W technologii picoPower zastosowano inne podejście. Pozostawiono BOD z jego znacznym poborem prądu i wysoką skutecznością, wyłączając go, kiedy tylko jest taka możliwość. Po przejściu mikrokontrolera do stanu uśpienia BOD zostaje wyłączony, a przed powrotem do stanu aktywnego zostaje włączony. Zakładając sposób działania, opisany powyżej (rys. 1), spowoduje to znaczne zmniejszenie poboru prądu.

Dalsze ograniczenie zużycia prądu sprowadza się do wprowadzenia odpowiednich trybów pracy, w których działa zegar czasu rzeczywistego (RTC). Ponieważ to właśnie przerwanie RTC są najczęstszą przyczyną przejścia mikrokontrolera do stanu aktywnego, w AVR wprowadzono stan Power Save, w którym pracuje zarówno układ BOD, jak i oscylator (32kHz). Wartość prądu pobieranego w tym trybie utrzymuje się na poziomie 650nA, co jest porównywalne z prądem pobieranym w stanie Power Down, w którym oscylator nie pracuje.

Konstruktorzy firmy Atmel postarali się także ograniczyć prąd upływności, który dzięki zastosowaniu nowoczesnej technologii produkcji nie przekracza 100nA.

## OBNIŻANIE POBORU MOCY W STANIE AKTYWNYM

Na technologię picoPower składają się także zabiegi, które ograniczają pobór mocy w trybie aktywnym – ten, który wynika ze zmiany stanów logicznych sygnałów przetwarzanych w technologii CMOS. Pierwszą z wykorzystanych metod jest bramkowanie sygnałów zegarowych realizowane poprzez trzypoziomowy system, przedstawiony na rysunku 2. Pierwszy poziom bramkowania sprowadza się do wykorzystania trybów pracy, takich jak Idle, Power Down, Power Save itd. Drugim poziom realizowany jest poprzez wprowadzenie rejestru PRR (Power Reduction Register). Pozwala on na całkowite odłączenie danego modułu od sygnału zegarowego. W odróżnieniu od tradycyjnego podejścia, w którym funkcję bramkowania pełni sygnał enable, za pomocą PRR możliwe jest odłączenie także układów wejściowych danego bloku. W rezultacie odłączenie sygnału zegaro-



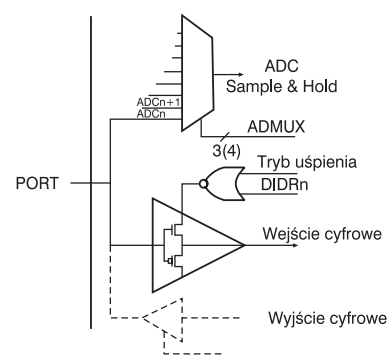
**Rys. 2.** Trzystopniowy system bramkowania sygnałów zegarowych

wego jednego modułu powoduje redukcję poboru mocy o 5–10% w stanie aktywnym i o 10–20% w stanie *idle*. Trzecim poziomem jest bramkowanie sygnałów zegarowych rejestrów w taki sposób, aby ograniczyć liczbę zapisów tylko do sytuacji, w których sygnał wejściowy różni się od danych aktualnie zapisanych w rejestrze. Funkcja ta nazywana jest autobramkowaniem i ogranicza niepotrzebne zużycie prądu.

Aby ograniczyć prąd statyczny pobierany przez pamięć Flash w układach ULP, które

pracują z niskimi częstotliwościami oscylatora, mikrokontrolery AVR wykorzystują próbkowany odczyt pamięci. Takt zegarowy trwa z reguły dłużej niż czas potrzebny na odczyt pamięci i przez resztę trwania taktu pamięć jest włączona niepotrzebnie. W nowych AVR zastosowano próbkowany odczyt pamięci Flash polegający na odczytaniu zawartości pamięci i natychmiastowym wyłączeniu jej w celu ograniczenia zużycia energii.

Ponieważ w wielu mikrokontrolerach wejścia analogowe i cyfrowe współdzielą porty (rys. 3), podanie napięcia o wartości pośredniej pomiędzy stanem wysokim a niskim sygnału cyfrowego spowoduje otwarcie tranzystorów CMOS bufora wejściowego, przez które popłynie prąd upływności. Aby ograniczyć to zjawisko, układy AVR w technologii *picoPower* wyposażono w rejestr DIDR (Digital Input Disable Register) umożliwiający odłączenie części cyfrowej portu, jeśli jest on używany jako wejście analogowe. Dodatkowo AVR wyposażono w mechanizm automatycznego odłączenia cyfrowych wejść przy przejściu do trybu uśpienia.



**Rys. 3.** Budowa portu wejściowego analogowo-cyfrowego w mikrokontrolerach AVR

Większość z istniejących oraz wszystkie nowe mikrokontrolery AVR będą produkowane w technologii *picoPower*. Układy wykonane w tej technologii oznaczone są sufiksem „P” (np. ATmega169P). Obecnie w ofercie są już ATmega169P i ATmega165P.

**Marcin Korus**

JM elektronik  
ul. Karolinki 58, 44-100 Gliwice  
Tel. 032 339 69 00, Faks 032 339 69 09  
jm@jm.pl, www.jm.pl