

WYKORZYSTANIE WEWNĘTRZNYCH GENERATORÓW RC DO TAKTOWANIA MIKROKONTROLERÓW AVR

W niektórych aplikacjach mikroprocesorowych, gdzie nie zależy nam w głównej mierze na wysokiej stabilności układów czasowych mikrokontrolerów istnieje szansa wykorzystania wewnętrznych układów generatorów RC przeznaczonych do taktowania jądra procesora i jego wewnętrznych komponentów. We współczesnych mikrokontrolerach firmy Atmel istnieje szansa wymuszania częstotliwości pracy układu nie tylko na zasadzie zmian zewnętrznego rezonatora kwarcowego lecz również wykorzystanie mniej stabilnego źródła częstotliwości taktowania jakim jest wewnętrzny generator RC, ale za to pozwalającego nam na zmiany częstotliwości taktowania podczas pracy w układzie docelowym.

1. Wprowadzenie

Duża część mikrokontrolerów AVR firmy Atmel posiada możliwości pracy z wykorzystaniem wewnętrznego oscylatora RC. Pierwotna kalibracja mikrokontrolerów przeprowadzana na etapie produkcji odbywa się przy stałym zasilaniu 5V lub 3,3V i temperaturze 25°C. Dokładność kalibracji na etapie produkcyjnym waha się w granicach +/- 3% lub +/- 10%. Duża część mikrokontrolerów serii AVR oferuje możliwość późniejszej kalibracji oscylatora RC do przedziału +/- 1% częstotliwości określonej specyfikacją pracy mikrokontrolera.

2. Teoria przeprowadzania kalibracji

Mikrokontrolery AVR wymagają zapisania w nieulotnej pamięci informacji na bazie czego będzie odbywał się proces taktowania wewnętrznego zegara. Odbywa się to na etapie programowania kontrolera, poprzez ustawienie odpowiednich rejestrów mikrokontrolera na ustalone wartości, przedstawione w danych katalogowych producenta (tzw. Fuses). Niektóre mikrokontrolery dają możliwość wyboru nawet spośród czterech różnych generatorów RC. Wówczas zakres regulacji częstotliwości waha się w granicach od 1MHz do 9,6MHz.

Aby właściwie wybrać zakres częstotliwości rejestr kalibracji oscylatora (OSCCAL) jest do dyspozycji programisty w wewnętrznym sektorze AVR IO. Rejestr OSCCAL ma długość jednego bajta. Kalibracja domyślna jest w większości mikrokontrolerów automatycznie ładowana z kolumny „Signature Row” i kopiowana do OSCCAL w czasie startu kontrolera, np. w ATmega8 zegar ustawiony jest standardowo na taktowanie wewnętrzne 1MHz. Wówczas podczas startu

mikrokontrolera wartość ta jest ładowana do OSCCAL automatycznie. Jeśli „fuses” są zmienione np. na 4MHz zamiast domyślnych ustawień, wówczas bajt kalibracji musi być ładowany manualnie. Dodatkowo przy strojeniu rejestru OSCCAL, niektóre mikrokontrolery wykorzystują przeskalowywanie zegara taktującego do wartości odpowiedniej do pracy pozostałych urządzeń mikrokontrolera, przy użyciu rejestru CLKPR. Oczywiście istnieje możliwość ustawienia CLKPR za pomocą rejestru „fuses”. Zaprogramowanie wartości zegara CK/8 ustawi na rejestrze CLKPR wartość odpowiadającą podziałowi zegara systemowego przez 8. Możliwość tę wykorzystuje się w celach zabezpieczenia pracy urządzenia, gdy korzystamy z maksymalnej szybkości pracy mikrokontrolera aby nie przekroczyć granicznej częstotliwości pracy jednostki.

3. Różnice w ustawieniach oscylatorów RC w poszczególnych egzemplarzach mikrokontrolerów AVR

W czasie rozwoju mikrokontrolerów (ich złożoności i możliwości wewnętrznych podzespołów) stosowane były różne wewnętrzne narzędzia do zarządzania parametrami taktowania zegara systemowego. Przegląd kontrolerów wraz z zastosowanymi w nich wersjami oscylatorów przedstawia poniższa tabela. W tabeli przedstawione są tylko te kontrolery, w których można regulować oscylatory.

Tabela 1. Częstotliwości oscylatorów i cechy kontrolerów z wewnętrznymi oscylatorami RC.

Wersja oscylatora	Mikrokontroler	Częstotliwość oscylatora RC [MHz]	CKDIV	PRSCK
1.1	ATtiny12	1,2	-	-
1.2	ATtiny15	1,6	-	-
2.0	ATmega163, 323	1	-	-
3.0	ATmega8, 16, 32 ATmega8515 ATmega8535 ATtiny26	1; 2; 4; 8	-	-
3.1	ATmega64, 128	1; 2; 4; 8	-	XDIV ⁽¹⁾
4.0	ATmega162 ATmega169 ⁽²⁾ ATmega165	8	tak	tak
4.1	ATtiny13	4,8 i 9,6	tak	tak
4.2	Attiny2313	4 i 8	tak	tak
5.0	Atmega48, 88, 168 Attiny25, 45, 85 Atmega325, 3250 Atmega645, 6450 Atmega329, 3290 Atmega649, 6490 AT90CAN128 AT90PWM2 AT90PWM3	8	tak	tak

¹ Rejestr preskalera w tej wersji nazwany jest XDIV

² W wersji ATmega169/F używana jest wersja 5.0

Wersja oscylatora 1.x

Jest to najwcześniejsza wersja wewnętrznego oscylatora RC stosowana dla kontrolerów AVR, która posiada możliwość kalibracji. Oferowana jest z możliwością regulacji w zakresie 1,2MHz do 1,6MHz. Bajt kalibracji jest zapisany w „Signature Row”, lecz nie jest automatycznie ładowany przy starcie. Ładowanie rejestru OSCCAL musi być przeprowadzone w czasie programowania. Częstotliwość pracy oscylatora jest wysoce zależna od napięcia i temperatury pracy.

Wersja oscylatora 2.x

Oscylator jest oferowany z częstotliwością 1MHz. Zależność pomiędzy częstotliwością oscylatora a napięciem i temperaturą pracy jest znacząco zredukowana w stosunku do wersji 1.x

Wersja oscylatora 3.x

Wersja ta została wprowadzona wraz z rozpoczęciem nowego procesu technologicznego. System oscylatora RC został rozszerzony w celu zaoferowania kilku możliwości wyboru częstotliwości. Do wyboru są cztery różne oscylatory RC z częstotliwościami 1, 2, 4 i 8MHz. W wersji tej automatycznie ładowana jest wartość kalibracji 1MHz z rejestru SR. Ponieważ istnieją 4 niezależne oscylatory RC, są dostępne 4 niezależne bajty kalibracji zapisane w rejestrze SR. Jeśli wymagana jest inna niż domyślna wartość częstotliwości (1MHz), rejestr OSCCAL powinien być ładowany wraz z odpowiednim rejestrem kalibracji.

Wersja oscylatora 4.x

W wersji 4.0 oferowany jest jeden oscylator 4MHz. W wersjach późniejszych 4.x dostępne są dwie częstotliwości (4 i 8MHz dla ATtiny2313 oraz 4,8 i 9,6 dla ATtiny13). Zmieniony został rejestr OSCCAL i tylko 7 bitów jest używanych od regulacji częstotliwości oscylatora. Pierwszy bit jest nie używany. Występuje również automatyczne ładowanie domyślnej wartości kalibracji przy starcie systemu.

Wersja oscylatora 5.x

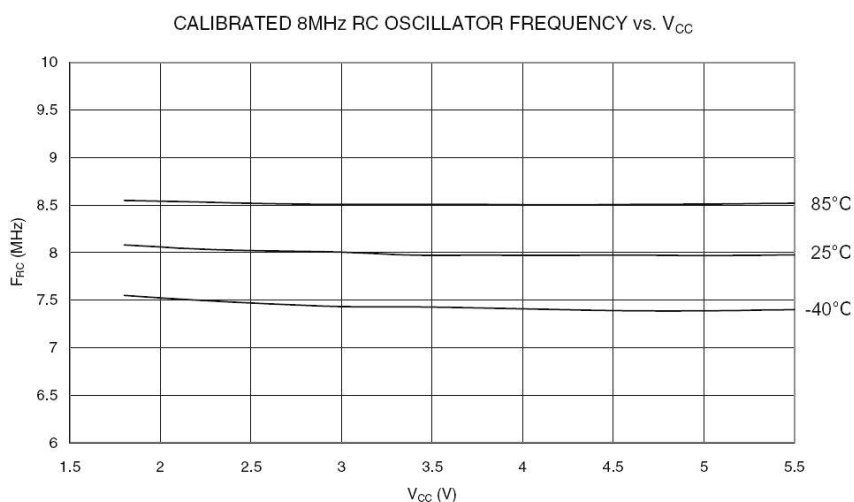
W tej wersji dostępna jest tylko jedna wartość częstotliwości oscylatora, 8MHz. Wszystkie 8 bitów w rejestrze OSCCAL są dostępne do programowania. Występuje również automatyczne ładowanie domyślnej wartości kalibracji przy starcie systemu. Rejestr OSCCAL został podzielony na dwie części. Bit MSB określa jeden z dwóch podzakresów częstotliwości, zaś 7 pozostałych bitów używanych jest do regulacji częstotliwości oscylatora.

4. Charakterystyki oscylatorów

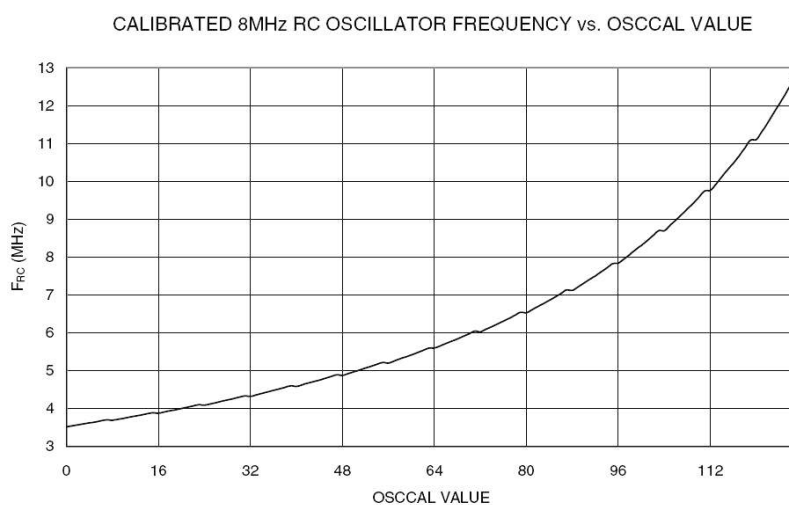
Ponieważ częstotliwość wewnętrznego generatora RC w oczywisty sposób zależy od temperatury otoczenia i napięcia zasilającego, przy projektowaniu układów należy zwrócić na to uwagę.

Na poniższym wykresie pokazano charakterystykę wpływu ww. parametrów na stabilność częstotliwości pracy oscylatora RC 8MHz w procesorze ATmega169.

Jak widać częstotliwość rośnie wraz ze wzrostem temperatury i delikatnie maleje przy zwiększaniu napięcia zasilania. Zmiany parametrów mogą być różne w różnych typach procesorów AVR, dlatego należy zwracać uwagę na dane katalogowe producenta.



Wszystkie procesory AVR z regulowanymi oscylatorami posiadają specjalnie do tego celu przeznaczony rejestr OSCCAL. Należy pamiętać, że rejestr ten działa w odmienny sposób jak pozostałe rejestry. Dla niektórych typów procesorów pojedynczy wzrost wartości OSCCAL nie musi powodować wzrostu częstotliwości pracy rezonatora RC a wręcz delikatnie zmniejszać, gdzie w innych każdorazowy wzrost wartości OSCCAL powoduje natychmiastowy wzrost częstotliwości pracy rezonatora RC. Inaczej jest przy zmianie wartości OSCCAL o dwie wartości w górę lub w dół. W takim przypadku zawsze nastąpi zmiana częstotliwości zgodnie ze zmianą wartości rejestru. Informacja ta jest bardzo ważna w przypadku programowego poszukiwania właściwej częstotliwości np. do ustalania parametrów pracy portów szeregowych w różnych konfiguracjach układowych. W przypadku procesora ATmega169 wartość częstotliwości w funkcji wartości OSCCAL zmienia się następująco:



Dodatkowo, bardzo ważną informacją jest fakt, że producent nie zaleca „podkręcania” częstotliwości pracy oscylatora RC o więcej niż 10% powyżej nominalnej wartości częstotliwości pracy oscylatora przedstawionej w danych katalogowych. Skutkiem tego może być nieprawidłowa praca liczników wewnątrz procesora, uzależnionych bezpośrednio od pracy oscylatora RC. Znajomość podstawowych charakterystyk oscylatora RC dla danego typu procesorów pomocna jest w ustalaniu kalibracji najbardziej wydajnej w każdym zakresie temperatury i napięcia zasilania przy zachowaniu dokładności rzędu 1%.

Wnioski

Zastosowanie tego typu rozwiązania poza oczywistymi korzyściami finansowymi wynikającymi z eliminacji układów kwarcowych ma jeszcze kilka dodatkowych zalet. Podstawową zaletą tego typu rozwiązania jest możliwość pracy samego mikrokontrolera w ujemnych temperaturach, gdzie zastosowanie rezonatora kwarcowego byłoby kłopotliwe oraz oszczędność energii zużywanej przez sam mikrokontroler. Istnieje możliwość takiej modyfikacji oprogramowania zapisanego w pamięci procesora, aby ten w zależności od wymaganej szybkości pracy dostosowywał sobie niejako sam warunki taktowania przebiegów zegarowych.

W chwili, gdy nie ma konieczności pracy bardzo szybkiej pociągającej za sobą duże zużycie energii procesor może sam zdecydować o przejściu w tryb oszczędzania energii lub zmniejszyć sobie częstotliwość pracy. W chwili zapotrzebowania na pracę wydajną zmienia tryb pracy i przez to odpowiednio szybkość taktowania do wartości przewidzianej do wykonania danego działania.

Literatura:

www.atmel.com