

MSP430

Przetwornik analogowo-cyfrowy – ADC10



Dodatkowe
materiały na CD

Kontynuujemy cykl wykładów na temat procesora MSP430 firmy Texas Instruments. Ten jest poświęcony wbudowanemu w strukturę mikrokontrolera przetwornikowi A/C. Uzupełnieniem treści artykułu są programy umieszczone na płycie CD. Wszystkie przykłady programów i konfiguracje sprzętowe wykonano w oparciu o dostępną w ofercie AVT płytke ewaluacyjną eMeSPeK

W zależności od typu mikrokontrolera MSP430, może on mieć przetwornik A/C typu SAR (10-bitowy lub 12-bitowy) lub sigma-delta (16-bitowy). Praktycznie wszystkie mikrokontrolery z serii x1xx mają nowy, 12-bitowy przetwornik typu SAR (ADC12). Tylko mikrokontrolery x11x2 oraz x12x2 mają przetwornik 10-bitowy (ADC10). Zasadniczą różnicą (poza rozdzielczością) pomiędzy nimi jest wzbogacenie tego pierwszego o moduł DTC. Umożliwia on bezpośredni zapis wyników konwersji do pamięci mikrokontrolera. Na płytce ewaluacyjnej eMeSPeK umieszczono mikrokontroler x1232 mający przetwornik ADC10 (rys. 1).

Napięcia referencyjne

Konwersja napięcia do postaci cyfrowej odbywa się przy wykorzystaniu napięć referencyjnych VR- i VR+. Dopuszczalny zakres napięcia VR- to 0...1,2 V, a VR+ 1,4 V...VCC (napięcie zasilania). Zmieniając wartości napięć referencyjnych, konstruktor ma możliwość optymalnego doboru rozdzielczości oraz zakresu pomiarowego przetwornika. Napięcia referencyjne mogą być podawane z zewnątrz (piny VeREF-, VeREF+), lub wewnętrznie za pomocą wbudowanego w strukturę mikrokontrolera modułu napięć referencyjnych.

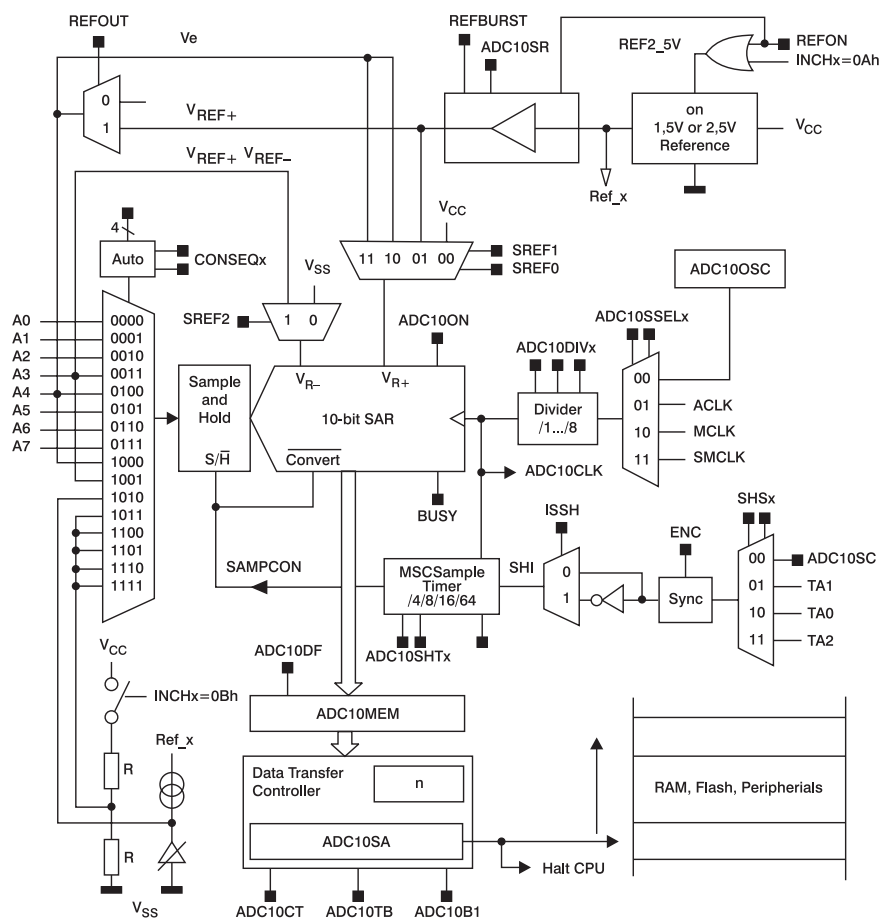
Konfiguracja źródła napięcia referencyjnego wykonywana jest poprzez zmianę stanu bitu SREFx z rejestru ADC10CTL0 (tab. 1). Rejestr ADC10CTL0 jest również odpowiedzialny za konfigurację wbudowanego modułu napięć referencyjnych. Ustawienie bitu REFON na „1” włącza moduł. Zmiana stanu bitu REF2_5V konfiguruje wartość napięcia generowanego przez moduł. Dostępne są dwie wartości: 2,5 V i 1,5 V. Gdy bit REF2_5V, ma stan wysoki, to napięcie referencyjne jest równe 2,5 V, natomiast gdy niski, to 1,5 V. Stabilność temperaturowa napięcia referencyjnego modułu jest nie gorsza niż ± 100 pps/°C. Błąd napięcia jest równy

$\pm 0,15$ V przy napięciu wyjściowym 2,5 V oraz $\pm 0,09$ V przy 1,5 V (oscyluje w granicach $\pm 6\%$). Konstruktor ma możliwość podania na zewnątrz napięcia generowanego przez moduł. W tym celu powinien wyzerować bit REFOUT. Spowoduje to, że napięcie VR+, będzie dostępne na pinie VeREF+ mikrokontrolera.

Wbudowany moduł napięć referencyjnych został skonstruowany z myślą o energooszczędności. Poza generatorem napięcia jest wyposażony w separowany bufor REFBUF. W momencie, gdy konwersja nie jest ak-

tywna, bufor jest automatycznie wyłączany. Ponownie włączany jest w chwili rozpoczęcia kolejnego pomiaru. Wyłączenie bufora zmniejsza pobór prądu.

Na zmniejszenie poboru prądu wpływa również konfiguracja bitu ADC10SR, którego wyzerowanie powoduje, że przetwornik ADC10 może pracować z maksymalną prędkością do 200 kps, ale przez to pobiera więcej prądu. Ustawienie bitu ogranicza maksymalną prędkość pracy przetwornika do 50 kps, ale tym samym wpływa na zwiększenie energooszczędności przetwornika, ograniczając pobór prądu aż o 50%. Jeśli programista chce, aby bufor nie był automatycznie wyłączany, to powinien on wyzerować bit REFBURST. Przydaje się to w sytuacjach, gdy napięcie referencyjne VR+ jest wyprowadzane na pin VeREF+ mikrokontrolera. Wówczas napięcie jest przez cały czas dostępne, a nie tylko w momencie wykonywania konwersji.



Rys. 1. Schemat blokowy modułu ADC10

Tab. 1. Konfiguracja napięcia referencyjnego

bit SREFx	Znaczenie, bitu.
SREF_0	VR+ = VCC, VR- = VSS
SREF_1	VR+ = VREF+, VR- = VSS
SREF_2	VR+ = VREF+, VR- = VSS
SREF_3	VR+ = VREF+, VR- = VSS
SREF_4	VR+ = VCC, VR- = VREF-/VREF-
SREF_5	VR+ = VREF+, VR- = VREF-/VREF-
SREF_6	VR+ = VREF+, VR- = VREF-/VREF-
SREF_7	VR+ = VREF+, VR- = VREF-/VREF-

Tab. 2. Konfiguracja kanału pomiarowego

bit INCHx	Znaczenie bitu (dane dla x1232)
INCH_0	wejście A0 – pin P2.0
INCH_1	wejście A1 – pin P2.1
INCH_2	wejście A2 – pin P2.2
INCH_3	wejście A3 – pin P2.3
INCH_4	wejście A4 – pin P2.4
INCH_5	wejście A5 – pin P3.0
INCH_6	wejście A6 – pin P3.6
INCH_7	wejście A7 – pin P3.7
INCH_8	VeREF+
INCH_9	VREF-/VREF-
INCH_10	czujnik temperatury
INCH_11	(VCC-VSS)/2
INCH_12	(VCC-VSS)/2
INCH_13	(VCC-VSS)/2
INCH_14	(VCC-VSS)/2
INCH_15	(VCC-VSS)/2

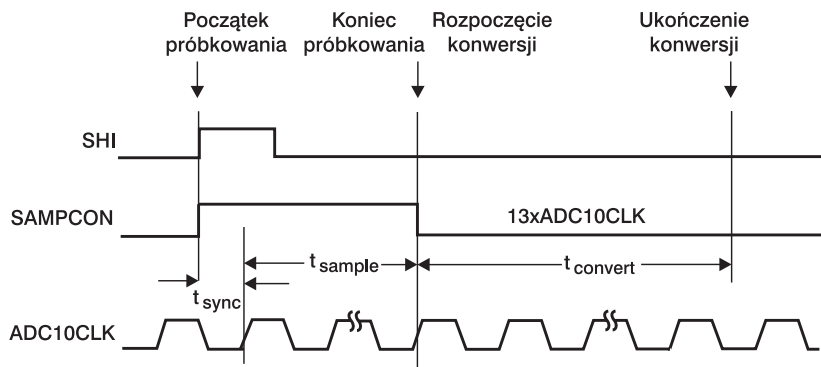
Konwersja

Rdzeń przetwornika ADC10 jest włączany bitem ADC10ON. Włączenie rdzenia, nie jest równoznaczne z rozpoczęciem pomiaru napięcia. Przed uruchomieniem konwersji należy ustawić bit ENC, która to czynność odblokowuje możliwość konwersji.

Konwersja napięcia przebiega dwuetapowo. Najpierw wartość sygnału jest zapamiętywana w module S/H (*sample & hold*), a następnie jest zamieniana jest na postać cyfrową (rys. 2). Próbkowanie inicjalizowane jest następującym zboczem sygnału SHI (bit ISSH, określa polaryzację źródła sygnału SHI). Źródłem sygnału SHI może być wyjście OUTx jednego z liczników CCRx, zegara Timer_A.

Sygnał SHI ustawiany jest także przez bit ADC10SC. Wraz z ustawieniem sygnału SHI, automatycznie ustawiany jest wewnętrzny sygnał SAMPCON. Pozostaje on w stanie wysokim przez czas synchronizacji z zegarem ADC10CLK oraz czas próbkowania. Opadające zbocze sygnału SAMPCON, rozpoczyna konwersję, która trwa 13 taktów zegara ADC10CLK. Błąd konwersji, nie powinien być większy niż ± 2 LSB.

Czas próbkowania sygnału definiuje stan bitów SHTx. Dostępne nastawy to: 4, 8, 16, lub $64 \times$ takt sygnału zegarowego ADC10CLK. Minimalny czas próbkowania T_{sample} zależy od rezystancji R_s źródła mierzonego napięcia. Można go obliczyć zgodnie ze wzorem



Rys. 2. ADC10 – próbkowanie, konwersja

rem $T_{\text{sample}} > (R_s + 2k) \times 7,625 \times 20 \text{ pF} + T_{\text{sr}}$. Czas T_{sr} zmienia się w zależności od stanu bitu ADC10SR. Gdy ma on wartość „0” (szybsza konwersja), to $T_{\text{sr}} = 800 \text{ ns}$, gdy „1” (wolniejsza konwersja), to $T_{\text{sr}} = 2,5 \mu\text{s}$. Przykładowo, dla wartości $R_s = 10 \text{ k}\Omega$, minimalne czasy próbkowania są równe $2,63 \mu\text{s}$ ($\text{ADC10SR} = 0$), $4,33 \mu\text{s}$ ($\text{ADC10SR} = 1$).

Wynik pomiaru NADC jest 10-bitowy. Może być prezentowany w postaci binarnej lub uzupełnien do dwóch (bit ADC10DF). Po konwersji zapisywany jest w rejestrze ADC10MEM. Rezultat konwersji w postaci binarnej jest zgodny z następującym wzorem:

$$N_{\text{ADC}} = 1023 * \frac{(V_{\text{IN}} - V_{R-})}{(V_{R+} - V_{R-})}$$

Jeśli wartość mierzonego napięcia $V_{\text{IN}} \geq V_{R+}$, to wynik przyjmuje wartość maksymalną równą 1023. Gdy $V_{\text{IN}} \leq V_{R-}$, to wynik pomiaru jest równy 0.

Wpisanie wyniku do rejestru ADC10MEM powoduje ustawienie flagi ADC10IFG. W momencie, gdy ADC10 korzysta z (opisywanego w dalszej części artykułu) modułu DTC, to flaga ADC10IFG ustawiana jest po zakończeniu transmisji bloku danych. Jeśli w mikrokontrolerze aktywowano globalne przerwania maskowane oraz przerwania od modułu ADC10 (bit ADC10IE, rejestr ADC10CTL0), to program przechodzi do procedury obsługi przerwania. Flaga ADC10IFG jest czyszczona automatycznie w momencie rozpoczęcia wykonywania procedury obsługi przerwania. Może być także czyszczona przez programistę (rejestr ADC10CTL0).

Taktowanie

Rdzeń przetwornika ADC10 taktowany jest sygnałem zegarowym ADC10CLK. Źródłem sygnału taktującego może być jeden z wewnętrznych sygnałów zegarowy ACLK, MCLK, SMCLK, lub wbudowany w strukturę mikrokontrolera oscylator kwarcowy ADC10OSC. Konfigurację źródła sygnału wykonuje się przy pomocy bitu ADC10SSELx. Częstotliwość sygnału może być programowo podzielona przez $1 \dots 8$ (bit ADC10DIVx). Maksymalna dopuszczalna częstotliwość sygnału ADC10CLK jest równa $6,3 \text{ MHz}$, a minimalna 450 kHz .

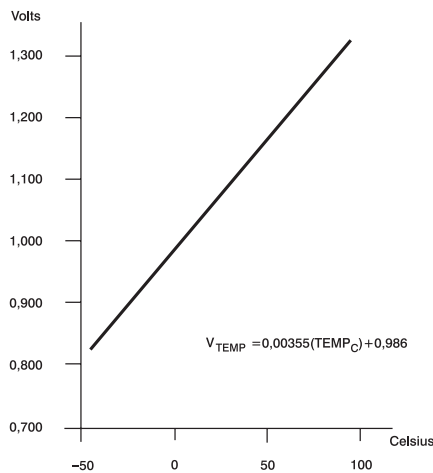
Wbudowany oscylator ADC10OSC, generuje sygnał o częstotliwości 5 MHz . Włączany jest na czas trwania konwersji oraz automatycznie wyłączany po jej zakończeniu. Może być stosowany w trybach energooszczędnych LPMx. Decydując się na taktowanie rdzenia ADC10 z oscylatora należy wziąć pod uwagę fakt, że jest on generatorem RC i z tego powodu generowana częstotliwość ma pewne fluktuacje.

Tryby pracy

Przetwornik ADC10 może pracować w jednym z czterech trybów pracy. Jego wyboru dokonuje się zmieniając stany bitów CONSEQx. Dostępne tryby pracy to: konwersja jednego kanału, konwersja grupy kanałów, cykliczna konwersja jednego kanału, oraz cykliczna konwersja grupy kanałów. Za wybór kanału odpowiadają bity INCHx z rejestru ADC10CTL1 (tab. 2). Zmiana ich stanu umożliwia pomiar sygnału doprowadzonego do jednego z ośmiu pinów mikrokontrolera, pomiar temperatury z wykorzystaniem wbudowanego czujnika temperatury, pomiar zewnętrznego napięcia referencyjnego, czy też napięcia zasilania. W przypadku konwersji grupy kanałów, bit INCHx określa „najstarszy” kanał w grupie, a konwersja odbywa się od wyznaczonego kanału do kanału zerowego.

Bit MSC z rejestru konfiguracyjnego ADC10CTL0 umożliwia zapętlenie pracy przetwornika. Ustawiony powoduje, że w przypadku konwersji grupy sygnałów, sygnał SHI wyzwala konwersję dla całej grupy i nie ma konieczności wyzwala konwersji przed każdym pomiarem w grupie. W przypadku konwersji cyklicznych (kanał/grupa kanałów), zostają one zapętlone. Raz aktywowane sygnałem SHI pomiary trwają aż do momentu ich wyłączenia, czyli wyzerowania bitu ENC.

W przypadku konwersji pojedynczego kanału jej wyłączenie w trakcie trwania pomiaru spowoduje, że w rejestrze ADC10MEM znajdzie się niepoprawny wynik. Dlatego też przed wyzerowaniem bitu ENC, należy sprawdzić stan przetwornika ADC10 (bit ADC10BUSY rejestru ADC10CTL1). Jeśli przetwornik nie wykonuje konwersji (bit ADC10BUSY = „0”), to można go bezpiecznie wyłączyć. W pozostałych trybach pracy nie



Rys. 3. Parametry pracy wewnętrznego czujnika temperatury

ma konieczności sprawdzania bitu zajętości przetwornika. Wyłączenie konwersji następuje po zakończeniu cyklu pomiarów.

Czujnik temperatury

Mikrokontrolery MSP30 mają wbudowany czujnik temperatury w postaci złącza PN. Parametry pracy czujnika pokazano na rys. 3. Napięcie na czujniku w temperaturze 0°C jest równe 986 mV. Współczynnik nachylenia prostej kalibracyjnej 3,55 mV/°C. Duży rozrzut parametrów pracy czujnika sprawia, że wymaga on kalibracji. Dodatkowo, używając wbudowanego czujnika temperatury należy mieć na uwadze fakt, że wskazuje on temperaturę mikrokontrolera.

Na płycie CD, umieszczono program Temperature.eww demonstrujący użycie przetwornika ADC10 do pomiaru temperatury. W aplikacji wykorzystano wbudowany czujnik temperatury (kanał INCH=10) oraz tryb pracy z konwersją pojedynczego kanału (bit CONSEQ_0). Konwersja inicjalizowana jest programowo, przy wykorzystaniu bitu ADC10SC z rejestru ADC10CTL0. Inicjalizacja konwersji ma miejsce w procedurze obsługi przerwania od zegara Timer_A. Przed nią wykonywana jest konfiguracja przetwornika (procedura ADC10Configure), w której min. włączane jest zezwolenie na konwersję

(bit ENC). Następnie programowe opóźnienie czeka przez czas potrzebny do włączenia modułu wewnętrznego napięcia referencyjnego (ponad 30 μs) i przy pomocy wspomnianego bitu ADC10SC następuje zainicjowanie konwersji.

W procedurze obsługi przerwania od ADC10, po wykonaniu pierwszego pomiaru, programowo są inicjalizowane kolejne pomiary. Wykonywana jest seria 32 pomiarów, po czym program rekonfiguruje przetwornik (procedura ADC10Deconfigure), opuszcza tryb pracy energooszczędnej LPM3, przechodzi do trybu aktywnego AM i wykonuje pętlę główną. Rezultat pomiaru jest średnią arytmetyczną poszczególnych wyników (podział przez liczbę pomiarów w serii). Jest on przekształcany na wartość w °C oraz wyświetlany na LCD. Następnie program powraca do trybu pracy energooszczędnej LPM3. Po sekundzie cykl pomiarowy jest powtarzany (interwał pracy zegara Timer_A to jedna sekunda). Program ponownie wchodzi do procedury obsługi przerwania od zegara Timer_A, konfiguruje ADC10, inicjalizuje konwersję etc.

Źródłem sygnału taktującego konwersję jest wewnętrzny oscylator kwarcowy ADC10OSC (bit ADC10SSEL_0). W związku z tym, że konwersja temperatury nie wymaga szybkiego taktowania, to częstotliwość oscylatora została podzielona przez 4 (bit ADC10DIV_3) i jest równa $ADC10CLK = 5 \text{ MHz} / 4 = 1,25 \text{ MHz}$. Czas próbkowania S/H dla czujnika temperatury nie powinien być krótszy niż 30 μs. Zgodnie ze wzorem $SHT > (30 \mu s \times 1,25 \text{ MHz}) > 37,5$, wartość podzielnika SHT powinna być większa niż 37,5. Najbliższą wartością większą od wyliczonej jest 64 i taka została wybrana podczas konfiguracji przetwornika (bit ADC10SHT_3).

Źródłem napięcia referencyjnego jest wbudowany moduł napięć referencyjnych (bit REFON). Wybrano wartość 1,5 V.

Wynik pomiaru jest prezentowany w formie binarnej. Po uśrednieniu jest przekształcany na wartość w °C. Przekształcenie odbywa się zgodnie ze wzorem

$$T[^\circ\text{C}] = \frac{V_s[mV] - 986[mV]}{3.55[mV/^\circ\text{C}]}$$

Vs określa spadek napięcia na czujniku temperatury

$$V_s[mV] = \frac{V_{R+}[mV]}{1024} * N_{ADC} =$$

$$\frac{1500[mV]}{1024} * N_{ADC} = 1.46[mV] * N_{ADC}$$

Po podstawieniu wartości Vs do wzoru na temperaturę w stopniach Celsjusza i wykonaniu przekształceń otrzymujemy

$$T[^\circ\text{C}] = \frac{1.46[mV] * N_{ADC} - 986[mV]}{3.55[mV/^\circ\text{C}]} = 0.413[^\circ\text{C}] * N_{ADC} - 278$$

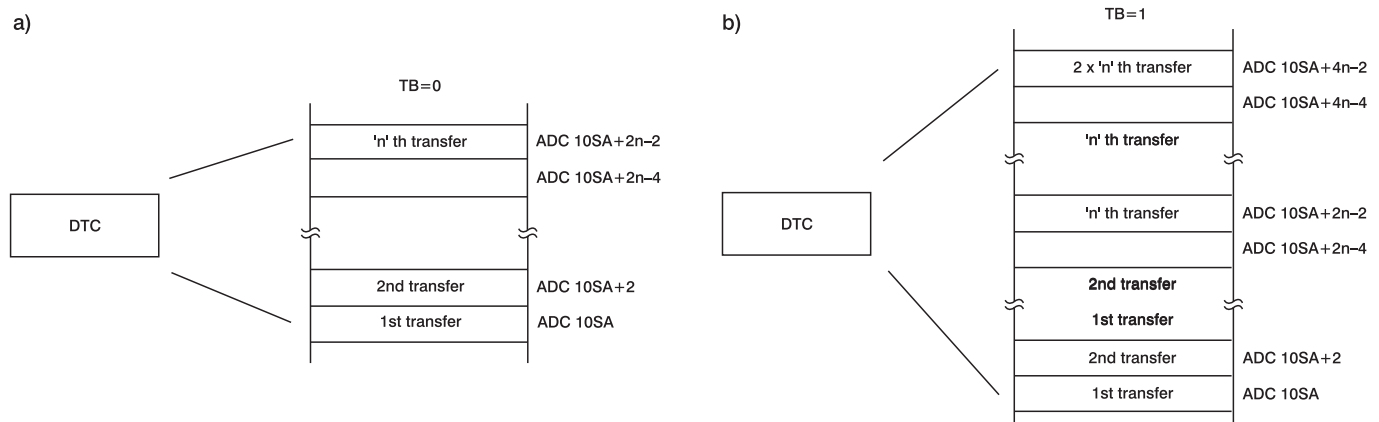
W oprogramowaniu w miejsce N_{ADC} , podstawiana jest uśredniona binarna wartość pomiaru. Wykonywane jest przekształcenie, a wynik pomiaru jest prezentowany na wyświetlaczu LCD.

W programie zostały również aktywowane przerwanie od modułu ADC10 (bit ADC10IE). Istotne jest wyłączenie zezwolenia na konwersję (bit ENC), przed sekcją konfiguracyjną. Mianowicie, część bitów z rejestrów konfiguracyjnych ADC10CTL0, ADC10CTL1 może być ustawiana tylko i wyłącznie wtedy, gdy konwersja jest wyłączona (bit ENC=0).

Bateria – przykład

Kolejnym programem demonstrującym użycie przetwornika ADC10 jest umieszczony na płycie CD Power.eww. Aplikacja wykonuje pomiar napięcia zasilania mikrokontrolera. Napięcie jest mierzone na wyjściu wewnętrznego dzielnika napięcia zasilania (kanał INCH=11). W stosunku do programu mierzącego temperaturę, algorytm pomiaru uległ znaczącym modyfikacjom. Mimo tego ogólna idea działania programu pozostała niezmieniona.

Zmieniono również tryb konwersji na cykliczną konwersję jednego kanału (bit CONSEQ_2). Dodatkowo, konwersja została zapętłona (bit MSC) dzięki czemu raz zainicjalizowana trwa aż do momentu jej wyłączenia (koniec serii pomiarowej, bit ENC=0). Inicjalizacja konwersji wykonywana jest sprzętowo, przy wykorzystaniu sygnału OUT1 licznika TACCR1 (bit SHS_1). Interwał pomiarów nie został zmieniony i nadal



Rys. 4. Tryby pracy modułu DTC

wynosi jedną sekundę. Ze względu na szerzy zakres pomiarowy zmianie uległa również wartość napięcia referencyjnego, które jest teraz równe 2,5 V (bit REF2_5V).

Współczynnik podziału dzielnika napięcia zasilania wynosi 1:2. Przekształcając zmierzoną wartość z reprezentacji binarnej na wartość w Voltach należy mieć ten fakt na uwadze i pomnożyć wynik razy 2. Wzór na napięcie zasilania V_{zas} reprezentowane w V jest następujący:

$$V_{zas}[V] = 2 * \frac{V_R[V]}{1024} * N_{ADC} =$$

$$2 * \frac{2.5[V]}{1024} * N_{ADC} = 0.00488[V] * N_{ADC}$$

Analogicznie jak w przypadku programu mierzącego temperaturę, również i tym razem wynik pomiaru cyklicznie; co jedną sekundę; wyświetlany jest na LCD.

DTC

Moduł kontrolera DTC (Data Transfer Controller), umożliwia bezpośredni transfer wyniku pomiaru ADC10 z rejestru ADC10MEM w dowolne miejsce w przestrzeni adresowej mikrokontrolera. Przykładowo może to być pamięć Flash, RAM, lub odwzorowany w przestrzeni adresowej moduł urządzenia peryferyjnego np.: UART.

Po zakończeniu konwersji A/C i wpisaniu wyniku do rejestru ADC10MEM automatycznie aktywowany jest transfer danych. Cała transmisja wykonywana jest sprzętowo, bez konieczności ingerencji programisty. Taktowana jest zegarem MCLK i trwa jeden takt zegara.

Moduł DTC, został zaprojektowany z myślą o energooszczędności mikrokontrolera. Do poprawnej pracy, nie wymaga aktywności CPU, które można wyłączyć. W trakcie transmisji musi być aktywny zegar MCLK.

Jeśli mikrokontroler pracuje w trybie energooszczędnym LMPx (CPU oraz MCLK są wy-

łączone), to DTC automatycznie aktywuje zegar MCLK, nie włączając przy tym CPU. Włączenie MCLK trwa nie dłużej niż 4 cykle zegarowe + czas ewentualnego włączenia DCO, który w przypadku MSP430F1232 jest równy 6 μ s. Po przetransmitowaniu danych, moduł DTC rekonfiguruje parametry pracy zegara MCLK.

Parametry pracy modułu DTC ustalone są za pomocą rejestrów ADC10DTC0, ADC10DTC1, i ADC10SA. Ich zawartość można zmieniać, gdy moduł ADC10 nie wykonuje konwersji. Jeśli konwersja jest aktywna, to należy ją wyłączyć (bit ENC), poczekać na jej zakończenie (bit ADC10BUSY) i wówczas konfigurować moduł.

Moduł DTC może pracować w jednym z dwóch trybów pracy: transmisja pojedynczego bloku danych, oraz transmisja dwóch bloków danych. O wyborze trybu pracy decyduje bit ADC10TB z rejestru ADC10DTC0. Adres bloku danych określany jest po przez wpis wartości do rejestru ADC10SA, natomiast o liczbie danych zapisywanych w bloku decyduje wartość wpisana do rejestru ADC10DTC1.

W trybie pracy transmisji jednego bloku danych (rys. 4a), dane z rejestru ADC10MEM są zapisywane do pamięci począwszy od adresu zdefiniowanego w rejestrze ADC10SA do adresu ADC10SA + 2n - 2. Współczynnik „n” określa liczbę danych transmitowanych do pamięci (wartość z rejestru ADC10DTC1). Po każdym zapisie adres ADC10SA jest automatycznie zwiększany o 2, natomiast licznik transmitowanych danych zmniejszany o 1. W momencie, gdy licznik osiągnie 0, co będzie równoznaczne z zapisem pełnego bloku danych, to zostanie ustawiona flaga przerwania ADC10IFG.

W trybie pracy transmisji dwóch bloków danych (rys. 4b), najpierw zapisywany jest pierwszy blok danych (ADC10SA – ADC10SA + 2n - 2). Ustawiana jest flaga ADC10IFG, a współczynnik „n” przyjmuje wartość początkową z rejestru ADC10DTC1. Następnie rozpoczyna się

zapis drugiego bloku danych (ADC10SA + 2n – ADC10SA + 4n - 2). Zakończenie zapisu drugiego bloku również skutkuje ustawieniem flagi ADC10IFG. W procedurze obsługi przerwania od ADC10 programista ma możliwość zdiagnozowania czy ustawienie flagi ADC10IFG było skutkiem zakończenia zapisu pierwszego, czy też drugiego bloku danych. Taką informację zwraca bit ADC10B1 z rejestru ADC10DTC0 („0” – blok drugi, „1” – blok pierwszy).

DTC – przykład

Wśród materiałów umieszczonych na płycie CD, znajduje się program PowerDTC.eww. Aplikacja jest zmodyfikowaną wersją oprogramowania wykonującego pomiar napięcia zasilania mikrokontrolera – Power.eww. Modyfikacja polega na zaimplementowaniu pomiaru A/C z wykorzystaniem modułu DTC.

Moduł DTC skonfigurowano do pracy trybie transmisji jednego bloku danych. Dane są przesyłane do bloku danych zadeklarowanego w obszarze pamięci RAM mikrokontrolera. Po wypełnieniu bufora danych (32 próbki pomiarowe), i opuszczeniu trybu energooszczędnego LPM3 wynik pomiaru jest uśredniany, a następnie wyświetlany na LCD.

Konfiguracja wejść A0...A7

Na zakończenie artykułu chciałbym wspomnieć o konfiguracji zewnętrznych wejść analogowych. Mianowicie, jeśli czytelnik zdecyduje się na pomiar napięcia doprowadzonego do któregoś z ośmiu dostępnych wejść analogowych (A0...A7), to musi je aktywować. Ponieważ pobiera ono więcej prądu niż wejście I/O, to powinno być włączane tylko na czas wykonywanej konwersji, a po jej zakończeniu rekonfigurowane na pin o funkcjonalności I/O. Za konfigurację wejść analogowych odpowiedzialny jest rejestr ADC10AE.

Łukasz Krysiwicz

R
E
K
L
A
M
A

■ przetwornice DC/DC

■ zasilacze AC/DC

■ indukcyjności

JM elektronik
 ul. Karolinki 58, 44-100 Gliwice
 tel. 32 339 69 00, fax 32 339 69 09
 www.jm.pl • jm@jm.pl

JM
 profesjonalne elementy elektroniczne

A u t o r y z o w a n y d y s t r y b u t o r p r o d u k t ó w