

MSP430: mikrokontrolery, które (prawie) nie pobierają prądu, część 7

12-bitowy przetwornik A/C

Mikrokontrolery MSP430 są wyposażone w dużą liczbę różnorodnych peryferiów. Czyni to z nich uniwersalne narzędzie do zadań o zmieniającym się charakterze. Standardem w elektronice jest konieczność „penetracji” świata analogowego, co powoduje, że niezbędnym wyposażeniem mikrokontrolerów są przetworniki analogowo-cyfrowe. Kolejne przykłady aplikacji 12-bitowego przetwornika A/C przedstawiamy w artykule.

Pomiar napięcia zasilania

Drugi przykład wykorzystuje wewnętrzny dzielnik napięcia zasilania o współczynniku podziału 1:2. Maksymalny błąd zmierzonego na dzielniku napięcia wynosi $\pm 0,04$ V. Algorytm pomiaru pozostawiono niezmienny. Niewielka różnica pojawia się tylko w konfiguracji przetwornika oraz w funkcji translacji wyniku. Do rejestru konfiguracji wyniku ADC12MCTL0 należy wpisać kanał nr 11 (bity ADC12MCTL0.INCH). Ponadto ze względu na szerszy zakres mierzonych napięć należy ustawić referencję na wartość 2,5 V (bit ADC12CTL0.REF2_5).

Wartość napięcia można wyznaczyć z poniższej zależności:

$$U_{ZAS}[mV] = 2 \cdot \frac{2500[mV]}{4096} \cdot C_{nap} = 1,22[mV] \cdot C_{nap}$$

Zgodnie z ideą optymalizacji rozłożymy współczynnik przekształcenia:

$$1,22 \approx \frac{39}{32} = 1 + \frac{7}{32} = 1 + \frac{2^3 - 1}{2^5}$$

Wyznaczana wartość napięcia w [mV] przecho wywana jest w zmiennej **napięcie (list. 8).**

Analogowe wejście 0...2,5 V

Przykład trzeci prezentuje algorytm pomiaru na-

pięcia na drugim wejściu analogowym (port P6.1). Zakres wynosi 0...+2,5 V ze względu na wykorzystane wewnętrzne źródło referencyjne (2,5 V).

W odróżnieniu od poprzednich przykładów, w tym wyzwalanie konwersji jest dokonywane sprzętowo z wykorzystaniem licznika (TimerA1). Dodatkowo wykonywana jest

List. 8. Pomiar napięcia zasilania

```
// Plik naglowkowy
#include „msp430x44x.h”

// Zmienne globalne
signed short napiecie = 0;

// Przerwanie po zakonczonej konwersji
#pragma vector = ADC12_VECTOR
__interrupt void ISR_ADC12(void)
{
    napiecie = ADC12MEM0;
    __low_power_mode_off_on_exit(); // LPM exit
}

// Inicjacja przetwornika ADC12
void ADC12Init(void)
{
    ADC12CTL0 = SHT0_3 + SHT1_3 + REFON + REF2_5V + ADC12ON;
    // ADC12, Shtime->32, SingleConv, Ref->2.5V, turn on ADC12
    ADC12CTL1 = CSTARTADD_0 + SHS_0 + SHP + ADC12DIV_7 + ADC12SSEL_1 + CONSEQ_0;
    // MEM0, ADCosc, ACLK/8, Single sequence,
    ADC12MCTL0 = SREF_1 + INCH_11; // 0..Vref, in -> Vdiv
    ADC12IE = 0x0001; // MEM0->przerwanie
    ADC12CTL0 |= ENC; // włącz konwersję (czekaj na wyzwolenie)
}

// Główna funkcja
void main(void)
{
    unsigned short ShortTmp1; // Zmienna pomocnicza

    WDTCTL = WDTPW + WDTHOLD; // watchdog, off
    __enable_interrupt(); // system przerwan, włączony

    ADC12Init(); // inicjacja przetwornika ADC

    while (1) // główna petla
    {
        ADC12CTL0 |= ADC12SC; // wyzwolenie pojedynczej konw.
        __low_power_mode_3(); // LPM3

        ShortTmp1 = napiecie; // Przeliczenie wartosci
        ShortTmp1 = ShortTmp1 << 3; // 1 + 7 / 32 -> 1,22
        ShortTmp1 -= napiecie;
        ShortTmp1 = ShortTmp1 >> 5;
        napiecie += ShortTmp1;

        __no_operation();
    }
}
```

List. 9. Pomiar napięcia 0...+2,5V

```
// Plik naglowkowy
#include „msp430x44x.h”

// Zmienne globalne
signed short napiecie = 0;

// Przerwanie po zakonczonej konwersji
#pragma vector = ADC12_VECTOR
__interrupt void ISR_ADC12(void)
{
    napiecie = ADC12MEM0; // *5 / 8 -> 0,625
    napiecie += ADC12MEM1;
    napiecie += ADC12MEM2;
    napiecie += ADC12MEM3;
    napiecie += ADC12MEM4;
    napiecie = napiecie >> 3;
    __low_power_mode_off_on_exit(); // LPM exit
}

// Inicjacja przetwornika ADC12
void ADC12Init(void)
{
    ADC12CTL0 = SHT0_5 + SHT1_5 + REFON + REF2_5V + ADC12ON;
    // ADC12, SHTime->96, MultiConv, Ref->2.5V, turn on
ADC12
    ADC12CTL1 = CSTARTADD_0 + SHS_1 + SHP + ADC12DIV_7 + ADC12SSEL_1 + CONSEQ_3;
    // start MEM0, TimerA, ACLK/8, Repeat sequence,
    // 0..Vref, in -> iol
    ADC12MCTL0 = SREF_1 + INCH_1;
    ADC12MCTL1 = SREF_1 + INCH_1;
    ADC12MCTL2 = SREF_1 + INCH_1;
    ADC12MCTL3 = SREF_1 + INCH_1;
    ADC12MCTL4 = SREF_1 + INCH_1 + EOS;
    ADC12IE = 0x0010; // MEM4->przerwanie
    ADC12CTL0 |= ENC; // włącz konwersję (czekaj na wyzwolenie)
}

// Glowna funkcja
void main(void)
{
    {
        WDTCTL = WDTPW + WDTHOLD; // watchdog, off

        TACCR0 = 204; // Cykl 1/4s (5 konwersji w cyklu)
        TACCR1 = 102; // Wypelnienie 1/2
        TACTL = TASSEL_1 + ID_3 + MC_1 + TACLRL; // Timer A, ACLK/8, Up to CCR0
        TACCTL0 = OUTMOD_0;
        TACCTL1 = OUTMOD_3; // Set/Reset

        P6DIR &= ~0x02; // konfiguracja 6.1;
        P6SEL |= 0x02;

        __enable_interrupt(); // system przerwan, włączony
        ADC12Init(); // inicjacja przetwornika ADC
        while (1) // glowna petla
        {
            __low_power_mode_3(); // LPM3

            __no_operation();
            __no_operation();
        }
    }
}
```

$$0,61 \approx \frac{5}{8} = 0,625$$

Zatem aby otrzymać wartość końcową należy zsumować pięć wyników konwersji i podzielić sumę przez 8 (przesunąć w prawo o 3). Wynik jest zapisywany do zmiennej globalnej *napiecie*.

Zmian w konfiguracji przetwornika w porównaniu z poprzednimi przykładami jest kilka. Został nieco wydłużony czas S/H (bity ADC12CTL0.SHT0,1) w celu zmniejszenia wpływu impedancji multiplexera. Zmieniono źródło wyzwalania na TimerA1 (bity ADC12CTL1.SHS) oraz tryb pracy przetwornika na sekwencyjny (bity ADC12CTL1.CONSEQ). Rozbudowy wymagała konfiguracja komórek pamięci wyników. Każdy z pięciu rejestrów konfiguracyjnych musi zawierać informację o napięciu referencyjnym (bity ADC12MCTL0-4. SREF) i kanale pomiarowym (bity ADC12MCTL0-4. INCH). Dodatkowo ostatni rejestr wymaga ustawienia bitu końca sekwencji EOS (bit ADC12MCTL4. EOS). W rejestrze przerwań (ADC12IE) ustawiamy piąty bit (ADC12IE. ADC12IE4) tak, by przerwanie wystąpiło po zapisie do ostatniej komórki w serii.

Może się przydać

Podczas pracy z przetwornikiem analogowo-cyfrowym w MSP430 warto pamiętać o kilku rzeczach: wiemy, że rdzeń procesora potrafi pracować pobierając niewiele prądu, ale moduły „analogowe” potrzebują go kilkakrotnie więcej. Pobór prądu modułu przetwornika z włączoną referencją wynosi ok. 2,5 mA. Jeśli budujemy aplikację zasilaną bateryjnie, ma to ogromne znaczenie. Nie zapominajmy zatem wyłączać przetwornika, jeśli go w danej chwili nie potrzebujemy.

seria 5 pomiarów. Każdy z wyników jest zapisywany w osobnej komórce bufora. W ten sposób można zrealizować uśrednianie lub przekształcenie.

Licznik generuje w tle przebieg prostokątny, którego zbocze narastające jest wykorzystywane do inicjacji każdej konwersji w serii. Po zakończeniu serii pomiarów wyzwalane jest przerwanie. Z następnym zboczem zegara seria pomiarów zapisywana jest od początku. Zarówno przetwornik, jak i moduł S/H w dalszym ciągu są taktowane z własnego rezonatora RC.

Źródłem zegara dla licznika jest sygnał ACLK, który wymaga oscylatora XLF1. Przewidziano oscylator zegarkowy o częstotliwości 32,768 kHz. Dodatkowo wykorzystano dzielnik częstotliwości podstawy licznika przez 8. Przy założeniu, że dokonywane będą 4 pomiary na sekundę w serii po 5, wartość rejestru licznika wynosi:

$$TCCR0 = \frac{32768 [Hz]}{8 \cdot 4 [Hz] \cdot 5} \approx 204$$

Procesor w trakcie pracy przetwornika pozostaje w trybie uśpienia. Po ostatniej konwersji w serii budzi go z tego stanu

przerwanie. W obsłudze tego przerwania może być dokonywane np. uśrednianie wyników w serii. W naszym przykładzie dodatkowo przekształca się wynik do postaci wartości napięcia w [mV]. Wartość napięcia można wyznaczyć z poniższej zależności:

$$U_1 [mV] = \frac{U_{ref} [mV]}{2^{12}} \cdot C_{nap}$$

$$U_1 [mV] = \frac{2500 [mV]}{4096} \cdot C_{nap} = 0,61 [mV] \cdot C_{nap}$$

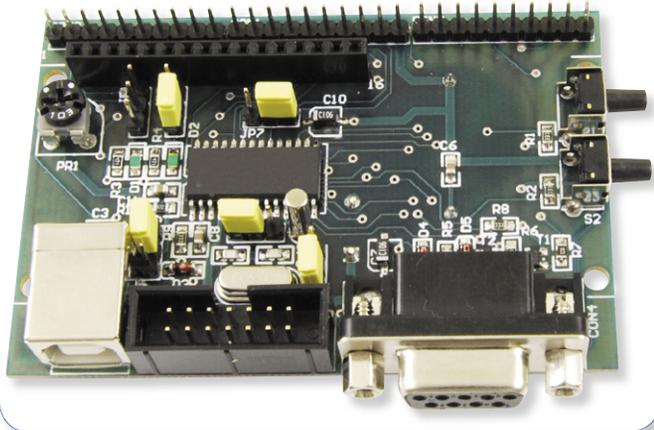
Wartość współczynnika przekształcenia daje się zapisać z zadawalającym przybliżeniem w postaci:

eMeSpEk 430

Czytelników zainteresowanych mikrokontrolerami MSP430 zachęcamy do udziału w konkursie (piszemy o nim na str. 8) i odwiedzenia targów Automaticon 2008, podczas których będzie można otrzymać komputerkę z mikrokontrolerem MSP430F1232 (egzemplarz modelowy widoczny na zdjęciu poniżej).

Oprócz mikrokontrolera wyposażonego w 8 kB + 256 B pamięci Flash i 256 B pamięci RAM, komputerkę wyposażono w dwa źródła sygnałów zegarowych, dwa mikroprzełączniki, interfejs RS232, złącze JTAG, złącze USB (do zasilania), stabilizator napięcia 3,3 V, głośnik piezoceramiczny, gniazdo baterii 3 V oraz złącze wyświetlacza LCD 2 x16 znaków ze sterownikiem 44780. Wszystkie linie I/O wyprowadzono na złącza szpilkowe.

Opis budowy komputerka opublikujemy w EP4/2008 wraz ze szczegółowym wykazem nagród.



Pamiętajmy również, że bity konfiguracyjne w rejestrach przetwornika w większości nie mogą być zmieniane w trakcie jego pracy (bit ADC12CTL1.ENC=1).

Kolejną sprawą jest „gospodarka” sygnałami zegarowymi i częstotliwością taktowania peryferiów, a podczas konwersji A/C należy wyłączyć rdzeń procesora. Wspomnieć warto również o rozsądnym dobieraniu czasu próbkowania w układzie S/H oraz o podstawie jego generacji. W zależności od tego, jakim zegarem taktujemy moduł, różne będą czasy S/H, przy tej samej konfiguracji rejestrów.

Ostania uwaga dotyczy konfiguracji portu wykorzystywanego do pomiarów analogowych. Należy nie zapominać o ustawieniu odpowiedniego rejestru PxSEL. Wiąże się to z możliwością wystąpienia prądów pasożytniczych w przypadku, gdy analogowy sygnał będzie w okolicy wartości napięcia progowego bufora. Rejestr PxSEL wyłącza bufor portu, dlatego nie ma nawet konieczności odpowiedniego ustawienia kierunku transmisji danych.

Piotr Tadrzak
Contrans TI

Sterowniki w automatyce portal branżowy



- ♦ Aktualności z branży ♦ Pliki
- ♦ Katalog firm ♦ Baza wiedzy
- ♦ Kalendarz imprez ♦ Forum
- ♦ Praca ♦ Kursy ♦ Sklep
- ♦ Giełda

Wystaw nowy i używany sprzęt na sprzedaż

R E K L A M A

www.sklep.avt.pl
tel. 022 257 84 50

TYGIE LUTOWNICZE



Tygiel CT-21C
moc 200W
średnica 50mm
poj. 500g
temp. 450°C

kod: CT-21C
cena: 65 zł