

MSP430: mikrokontrolery, które (prawie) nie pobierają prądu, część 1

Mikrokontrolery można podzielić na takie, które są bardzo tanie, te które są bardzo szybkie i te energooszczędne. Każda z tych grup ma swoich liderów i każda z nich charakteryzuje się parametrami, które umożliwiają porównanie ich między sobą. I tak mikrokontrolery „tanie” konkurują ceną za sztukę. Do tej grupy należą układy z rodzin PIC, ST7 i „małe” AVR. Mikrokontrolery „szybkie” to przede wszystkim te wyposażone w rdzenie ARM. Ich głównym acz nie jedynym parametrem charakterystycznym jest liczba instrukcji wykonywanych w czasie jednej sekundy. Trzecia grupa – mikrokontrolery o małym poborze energii – konkurują poborem prądu. W grupie tej znajdują się m.in. układy z serii MSP430 firmy Texas Instruments, będące tematem tego artykułu.



Aby przedstawiany obraz mikrokontrolerów MSP430 był pełniejszy, opis ich właściwości będzie formułowany z pozycji krytycznych, mimo że autorzy są użytkownikami tych układów czy wręcz przejawiają, entuzjazm potwierdzony dobrymi wynikami w wielu zastosowaniach.

Użytkownicy mikroprocesorów i mikrokontrolerów prezentują często „nademocjonalny” stosunek do swych ulubieńców, traktując użytkowników innych odmian czy rodzin jak „odszczepieńców jedynie słusznej drogi”, czyli prawie w kategoriach religijnych. Ci którzy „wierzą” w jeden typ mikrokontrolerów (np. AVR) z trudem wysłuchują relacji zwolenników/użytkowników innej rodziny (np. PIC), często w ogniu dyskusji opierając porównania na pojedynczym parametrze.

Autorzy cyklu wierzą, że dzięki technicznej i wszechstronnej ocenie możliwe jest pozostanie przy spokojnym, parametrycznym traktowaniu problemu ułatwiającym lepsze rozpoznanie i wybór typu do własnych zastosowań.

Mikrokontrolery MSP430

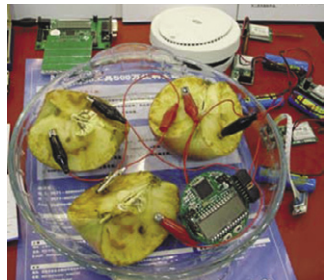
Jak zwykle gdy historia produkcji mikrokontrolerów jest długa – a tak jest w przypadku MSP430 – producent dopracował się wielu ich odmian. Wspólną cechą MSP430 jest 16-bitowa jednostka centralna zbudowana na bazie architektury RISC, przygotowana tak, by pobór prądu był minimalny. Ograniczenie poboru energii ma zapewnić ciągłą pracę mikrokontrolera nawet przez kilka lat przy zasilaniu bateryjnym (fot. 1). Istotną cechą rodziny jest dysponowanie jedynie wewnętrzną pamięcią i niedostępność magistrali systemowej na wyprowadzeniach mikrokontrolera.

Z wielu dostępnych wersji MSP430 wybierzemy na cele naszego kursu jeden typ, który będzie nam towarzyszył przez cały cykl artykułów. Będzie to mikrokontroler MSP430F449. Nie jest on najbardziej nowoczesny czy najszybszy w rodzinie, ale dzięki bogatemu wyposażeniu w peryferia, z pewnością umożliwi wykonanie wielu interesujących eksperymentów ze sprzętem i programowaniem. Do zastosowań produkcyjnych można oczywiście dobrać prostsze i tańsze egzemplarze z szerokiej rodziny MSP.

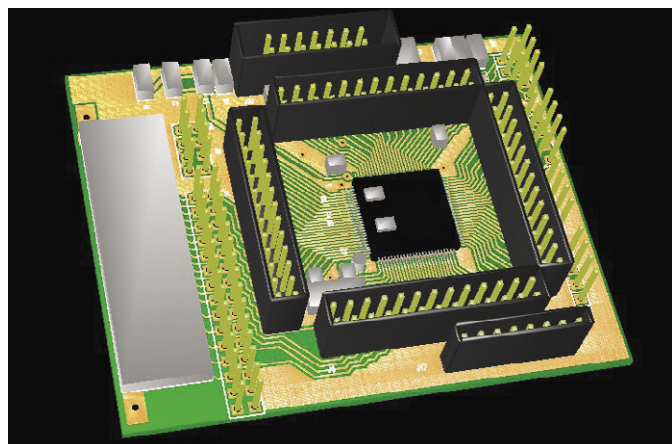
Mikrokontroler MSP430F449 jest oferowany w obudowie TQFP100. Dla

wielu użytkowników, szczególnie z grupy elektroników amatorów, taka obudowa może stanowić pewien kłopot. Jednak producenci układów scalonych dążą systematycznie i uparcie w kierunku gęsto upakowanego montażu powierzchniowego. Z tym faktem trzeba się pogodzić i zaakceptować układy SMD. Aby ułatwić życie Czytelnikom redakcja EP przygotowała moduł płytki przejściowej umożliwiającej rozprowadzenie zagęszczonych kontaktów obudowy do wyprowadzeń w rastrze 2,54 mm (fot. 2).

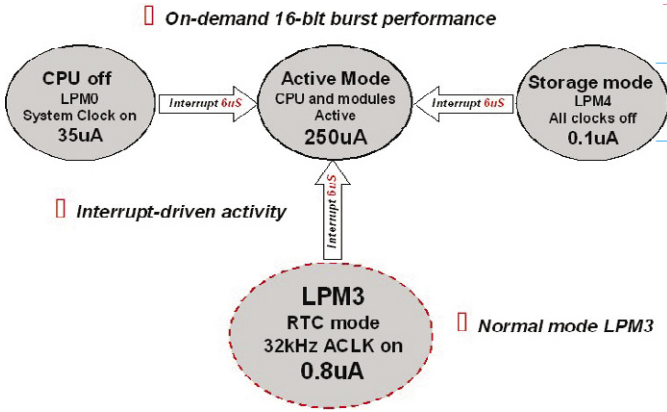
Wszystkie wyprowadzenia mikrokontrolera są dostępne na złączach typu



Fot. 1. Mikrokontrolery MSP430 można zasilac z ogniw kwasowych, budowanych choćby z owoców...



Fot. 2. Widok płytki eksperymentalnej dla mikrokontrolera MSP430F449 (będzie dostępna jako kit AVT)



Rys. 3. Energooszczędne tryby działania mikrokontrolerów MSP430

goldpin umożliwiających rozbudowę i testowanie stanu mikrokontrolera. Na płytce umieszczono również trzy rezonatory kwarcowe i złącze do programowania JTAG oraz złącza wyświetlaczy, wyprowadzenia partów UART i złącze dla mikroamperomierza przydatne przy eksperymentach z ograniczaniem poboru energii.

Więcej o mikrokontrolerze MSP

Mikrokontroler MSP430F449 może być zasilany napięciem od 1,8 do 3,6 V. Zakres napięć wydaje się szeroki, napotykamy tu jednak na pewne ograni-

czenia. Jeśli ma on współpracować z układem UART, np. MAX3232, to najlepiej aby napięcie zasilania było większe niż 3,3 V. Jeśli mikrokontroler w trakcie działania będzie zapisywał dane do wewnętrznej pamięci Flash to minimalne napięcie zasilania wynosi już 2,7 V. Obniżenie napięcia zasilania ogranicza również szybkość pracy. Dopuszczalna częstotliwości pracy przy napięciu 2 V to według katalogu tylko 4 MHz. Dla osiągnięcia maksymalnej częstotliwości taktowania 8 MHz napięcie zasilania musi mieć wartość 3,6 V. Takie dane znajdziemy w katalogu – w praktyce mikrokontroler pracuje sta-

bilnie z prędkością 16 MHz przy napięciu 3,3 V.

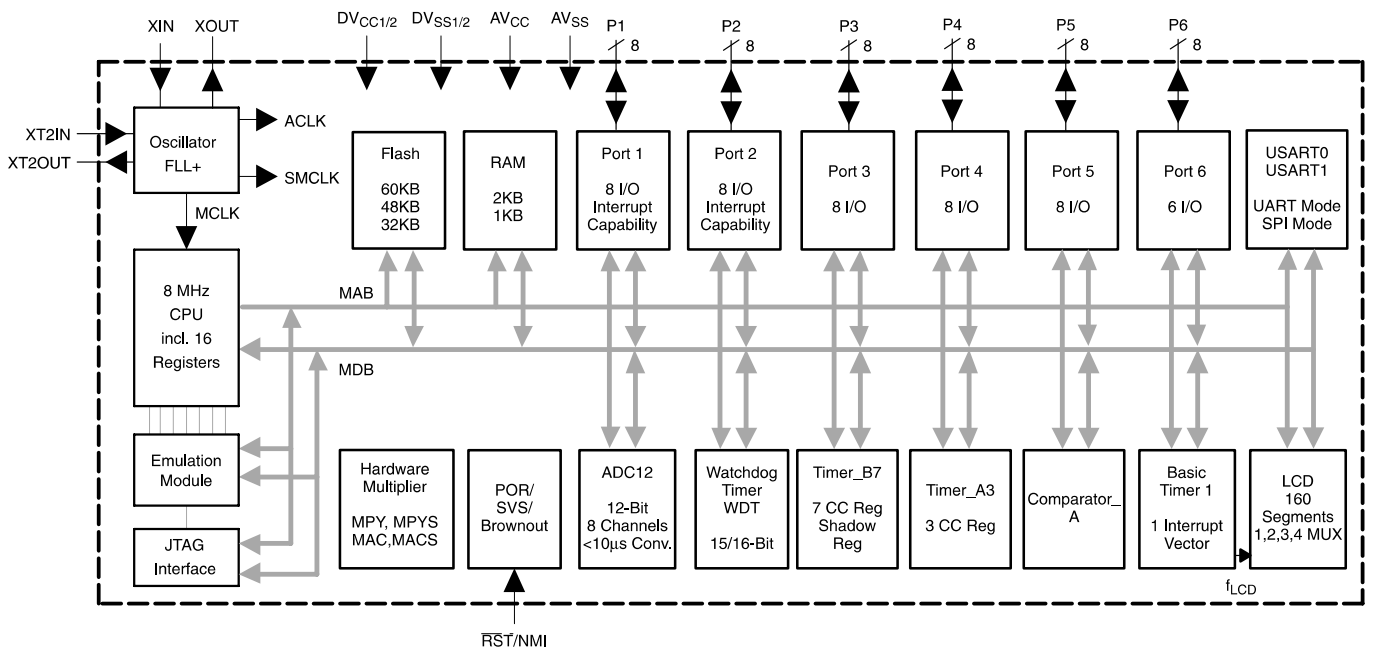
Pobór prądu przez mikrokontroler w standardowym trybie pracy wynosi ok. 280 µA/1 MHz. Oznacza to, że przy częstotliwości taktowania 8 MHz pobór prądu będzie wynosił 2,3 mA. Wynika z tego, że nie jest to żadna rewelacja – wiele mikrokontrolerów ma podobny pobór prądu. Najwyraźniej producent używa standardowej technologii do produkcji tego układu. Jednak to, co jest prawdziwą zaletą MSP430, to dostępnych aż 5 różnych trybów oszczędzania energii (rys. 3). W ostatnim, najwyższym stopniu oszczędzania, pobór prądu można ograniczyć do 0,1 µA. Oznaczone są one jako LPM0...4 (Low Power Modes). Najprościej mówiąc indeks przy LPM oznacza „głębokość” uśpienia mikrokontrolera.

W normalnym trybie pracy – AM (Active Mode) – mikrokontroler może wykonywać działania z maksymalną szybkością. Tryb LPM0 to „lekką drzemką”, a najwyższy – LPM4 to tryb pełnej hibernacji („zamrożenia”). Sposoby wyprowadzania z trybów uśpienia zale-

żą od skali aktywności zasobów mikrokontrolera. Dla LPM0 może to być dowolne przerwanie podczas gdy z LPM4 wyjść można już tylko poprzez zerowanie.

Uśpiony mikrokontroler potrzebuje mniej energii. Podstawowa idea energooszczędnego działania mikrokontrolerów MSP sprowadza się do tego, by jak najdłużej trwać w stanie uśpienia, budzić się do wykonania możliwie sprawnie zadania i natychmiast powracać do stanu uśpienia.

Jak wygląda przechodzenie od snu do działania? Tak jak w życiu, aby wewnętrzny generator taktujący (DCO) zaczął działać z pełną prędkością, potrzeba czasu. Zgodnie z kartą katalogową czas budzenia jest krótszy od 6 µs. Warto pamiętać o tym projektując szybką lub wymagającą precyzyjnej synchronizacji czasowej aplikację. Druga istotna cecha architektury to możliwość zmiany w dowolnej chwili źródła sygnału taktującego. Do wyboru są dwa generatory kwarcowego (XT1 i XT2) oraz wspomniany generator DCO (Digital Control Oscillator). Dodatkowo częstotliwość wewnętrzny genera-



Rys. 4. Schemat blokowy mikrokontrolera MSP430F449

tora taktującego DCO może być regulowana w zakresie 40 kHz...8 MHz. Pozwala to na elastyczne kształtowanie wydajności obliczeniowej i poboru energii.

Praktyka uczy, że wykazane w katalogu minimalne wartości poboru prądu można osiągnąć jedynie przy najwyższej dbałości o detale aplikacji.

Mikrokontrolery MSP430 wyposażono 16-bitowy rdzeń RISC. Przy maksymalnej szybkości taktowania – 8 MHz – czas cyklu rozkazowego wynosi 125 ns. Ponieważ jednak poszczególne instrukcje różnią się czasem wykonania, a wiele z nich realizowane jest w kilku cyklach zegarowych, rzeczywista szybkość liczona w MIPS jest dwu...trzykrotnie niższa od częstotliwości taktowania. Wydajność obliczeniowa jest wciąż wysoka dzięki możliwości operowania na 16-bitowym słowie.

Ponadto wiele modeli mikrokontrolerów MSP430 (w tym 449) posiada wewnętrzny sprzętowy układ mnożący, który wykonuje mnożenie liczb 16-bitowych w 4 cyklach taktowania. Takie układy są charakterystyczne dla procesorów DSP. Sprzętowa jednostka mnożenia stałoprzecinkowego przyspiesza obliczenia i ułatwia realizację algorytmów DSP, które wymagają szybkiego wykonywania operacji MAC (*Multiply and Accumulate* – mnoż i sumuj).

Procesor posiada 12-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy z ciągłą aproksymacją. W innych modelach MSP430 spotkać można również przetwornik 10-bitowy a także 16-bitowy przetwornik sigma-delta.

Do struktury procesora dołączono dwa, prawie identyczne, timery 16-bitowe (ich opis opublikowaliśmy w EP8/2007). Timery mogą pracować w try-

bach przechwyty/porównanie (*capture/compare*) i generacji impulsów o regulowanym czasie trwania (PWM).

Procesor posiada dwa identyczne układy USART. Mogą one pracować w trybach transmisji szeregowej asynchronicznej oraz w trybie SPI. Tryb SPI zapewnia wymianę danych z wieloma układami tego standardu komunikacji, w tym pamięciami Flash np. w kartach MMC (*Multi Media Card*).

W strukturze mikrokontrolera umieszczono również szybki komparator analogowy, który umożliwia eksperymenty z integryjnym przetwornikiem analogowo-cyfrowym.

Nadzór napięcia zasilania zapewnia specjalny układ SVS z możliwością zaprogramowania poziomu alarmu wartości napięcia. W układzie, dzięki blokowi specjalizowanego detektora (*Brown-out detektor*) śledzone są również powolne zmiany napięcia zasilania.

Praca procesora może być dozorowana przez prostej konstrukcji interfejs dołączany do złącza JTAG (AVT1409, EP3/05). Interfejs ten pozwala również na programowanie pamięci procesora. Warto zauważyć, że nie jest to jedyna możliwość programowania wlutowanego w docelową płytkę w miejscu działania procesora (*in-place*). Wbudowana w ROM procedura pozwala na programowanie pamięci Flash także przez UART.

Procesor może sterować tanim wyświetlaczem LCD. Tani wyświetlacz to taki, który nie zawiera kontrolera i składa się jedynie z umieszczonej między dwoma szkiełkami substancji ciekłokrystalicznej wyświetlacza i kontaktów doprowadzających sygnały sterujące. Schemat blokowy mikrokontrolera MSP430F449 przedstawiono na rys. 4.

Jacek Majewski
Mariusz Kaczor
Krzysztof Kardach

ZAJRZYJ NA TE STRONY

PODZESPOŁY ELEKTRONICZNE
[Ω] TRIM-POT
tel: +48(12)387-06-01
fax: +48(12)387-06-02
www.trim-pot.com.pl

RENEX
NARZĘDZIA DLA ELEKTRONIKÓW
www.renex.com.pl

www.dexon.pl
TECHNIKA NAGŁOŚNIENIOWA

ZAKŁAD OBWODÓW DRUKOWANYCH
KONO
www.kono.com.pl

GAMMA
www.gamma.pl
info@gamma.pl
PODZESPOŁY ELEKTRONICZNE

Distrelec www.distrelec.com
85 000 produktów
z zakresu elektroniki i elektrotechniki
tel. (061) 849 80 36, faks (061) 849 99 26, info@distrelec.pl
Partner w Polsce - Astat Sp. z o.o. www.astat.com.pl

UNITRA UNIZET
www.unizet.com.pl

[http:// www.wobit.com.pl](http://www.wobit.com.pl) / www.silniki.com / www.prowadnice.com
prowadnice silniki DC
prowadnice silniki krokowe
potencjometry czujniki zbliżeniowe
www.czujniki.pl / www.enkodery.pl / www.potencjometry.com

www.amicus-amo.pl
Zasilacze impulsowe dla elektroniki

Zestawy do samodzielnego montażu.
Projekty na zamówienie.
Nord Elektronik PLUS
www.neplus.pl

aparatura pomiarowa, technika lutownicza
www.biall.com.pl
koncówki kablowe, narzędzia, oscyloskopy
BIALL