



Tym razem zamiast Analog Center przedstawiamy skróty opisów projektów publikowanych na łamach EP, wykonanych na (lub dla) mikrokontrolerach z rodziny MSP430. Wybrane przykłady pokazują różnorodność możliwości tych układów, a także łatwość ich aplikowania. Czytelników zainteresowanych tematyką MSP430 zachęcamy do zakupu EP05/2007, w której znalazła się płyta z kompletem programów narzędziowych, not katalogowych, aplikacyjnych, bibliotekami EDA i materiałami dodatkowymi, wszystko to związane z MSP430.

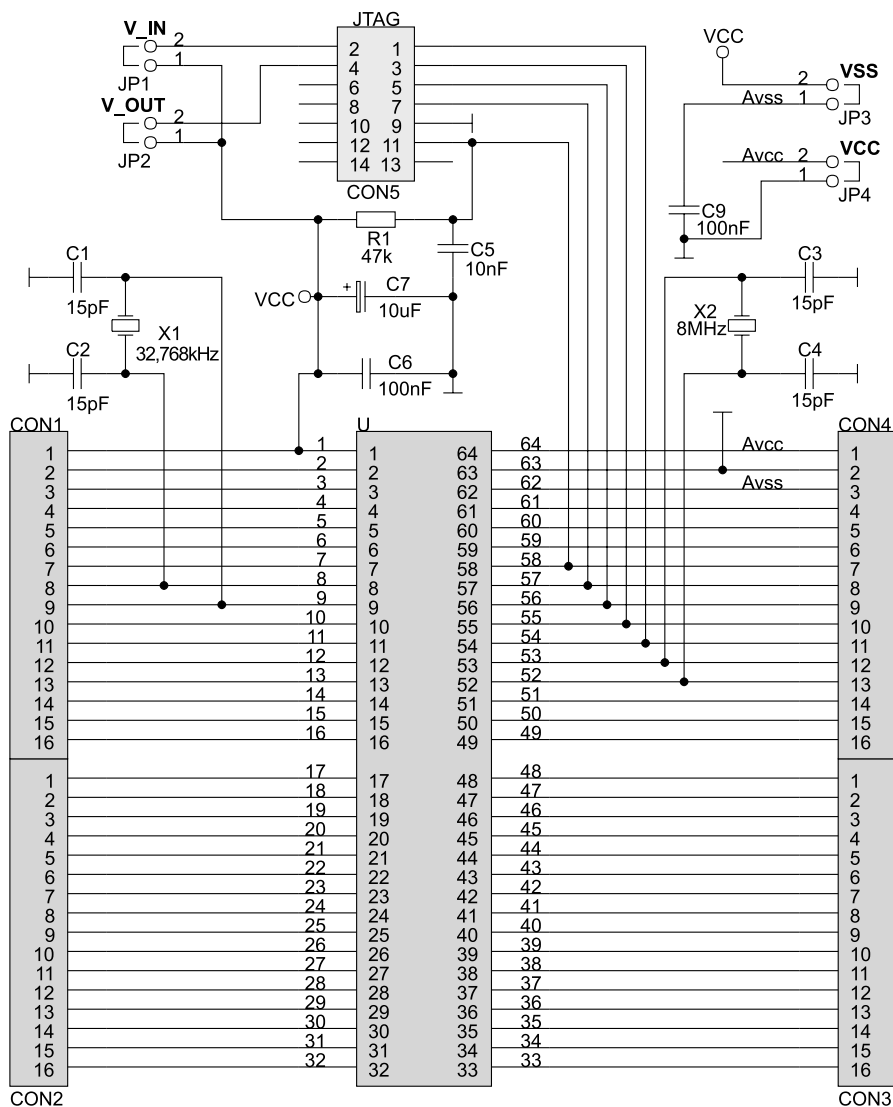
Uniwersalny adapter dla układów MSP430

Mikrokontrolery firmy Texas Instruments wyposażone w wiele interesujących bloków wewnętrznych z pewnością mogą konkurować z popularnymi AVR-ami czy PIC-ami. Architektura 16-bitowa oraz niski pobór prądu w niektórych zastosowaniach sprawia, że ich zastosowanie jest o wiele lepszym rozwiązaniem. Barięą w praktycznym poznaniu tych mikrokontrolerów jest fakt, że ich znacząca większość dostępna jest

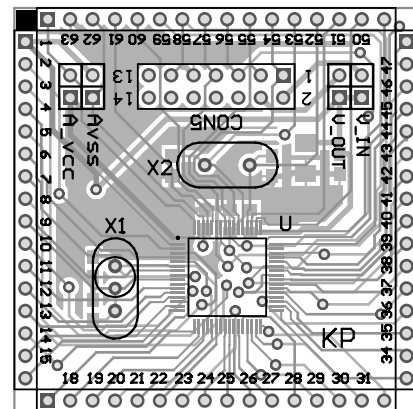
w obudowach do montażu SMD. Adapter rozwiązujący ten problem przedstawiamy poniżej.

Jest on przystosowany dla układów umieszczonych w 64-nóżkowych obudowach typu TQFP64 i umożliwia wyprowadzenie wszystkich portów procesora na złącza szpilkowe. W adapterze można zastosować zarówno układy bez obsługi wyświetlaczy LCD z serii MSP430F1xx, jak również z obsługą wyświetlaczy z serii

MSP430F4xx. Płytkę z wlotowym procesorem poprzez złącza można umieścić w płytce bazowej i dzięki temu w łatwy sposób można zmieniać typ zastosowanego procesora. Do programowania procesora zostało zastosowane złącze CON5, które umożliwia programowanie poprzez interfejs JTAG. Układ wyprowadzeń na tym złączu jest zgodny z programatorem FET-MSP430 firmy TI oraz prezentowanym na łamach EP zestawem AVT1409. W adapterze możliwe jest zastosowanie dwóch rezonatorów kwarcowych: główny X1 oraz pomocniczy X2. Dla układów wyposażonych w przetwornik analogowo-cyfrowy zworkami JP3 i JP4 można połączyć masę i plus zasilania cyfrowego z analogowym, natomiast zworkami JP1 i JP2 ustala się, który obwód jest źródłem zasilania. Jeśli zwarta będzie zworka JP1, to procesor będzie zasilany z programatora JTAG, w przypadku zwarcia zworki JP2 interfejs JTAG będzie zasilany z płytki procesora. Na płytce dodatkowo znajduje się obwód zerowania procesora przy włączeniu zasilania wykonany z rezystora R1 i kondensatora C5.



Rys. 1.



Rys. 2.

Bardziej szczegółowy opis tego projektu można znaleźć w EP11/2006 lub na stronie <http://www.sklep.avt.pl> pod nazwą AVT-1442.

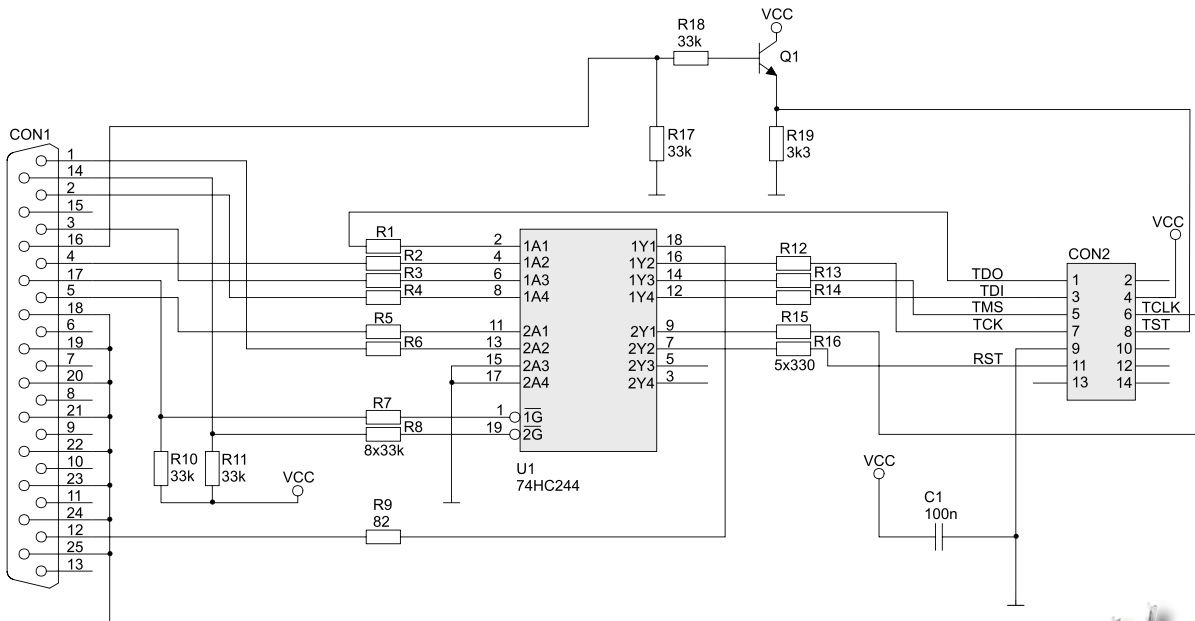
Programator JTAG dla układów MSP430

Interfejs JTAG stał się standardem w programowaniu niemalże wszystkich układów, które wymagają programowania poczynając od układów PLD, a kończąc na procesorach. Pomimo ujednoliconej nazwy, programatory JTAG występują w wielu odmianach, zależnych od producenta i obsługiwanych układów. Schemat elektryczny programatora umożliwiającego programowanie mikrokontrolerów MSP430 przedstawiono na rys. 1. Jako bufor zastosowano układ typu 74HC244, który pełni podwójną rolę: wzmacniacza sygnałów (aby wejścia portu drukarkowego nie obciążały portów procesora i odwrotnie) oraz konwertera napięć, ponieważ port drukarkowy pracuje w standardzie TTL z napięciem zasilania 5 V, natomiast procesor może być zasilany napięciem 2,7...3,6 V (w trybie programowania). Układ

U1 jest zasilany napięciem równym napięciu zasilania procesora, przez co zgodność napięć jest zawsze zachowana. Od strony złącza drukarkowego sygnały kierowane są na wejścia układu U1 poprzez rezystory, dzięki czemu – pomimo wyższej wartości niż ma jego napięcie zasilania – nie stanowią dla niego zagrożenia. Sygnał kierowany do portu drukarkowego ma niższą wartość niż 5 V, jednak mieści się w zakresie dopuszczalnych dla standardu TTL. Tranzystor Q1 służy do przełączania portów dołączonego procesora w tryb programowania. Funkcja ta jest wykorzystywana w mniejszych procesorach, w których linie interfejsu JTAG są multipleksowane z portami I/O. Poczynając od układów umieszczonych w obudowach 64-nóżkowych

Bardziej szczegółowy opis tego projektu można znaleźć w EP3/2005 lub na stronie <http://www.sklep.avt.pl> pod nazwą AVT-1409.

sygnał ten nie jest wykorzystywany, ponieważ w tych układach interfejs JTAG jest dostępny na niezależnych (dodatkowych) liniach.

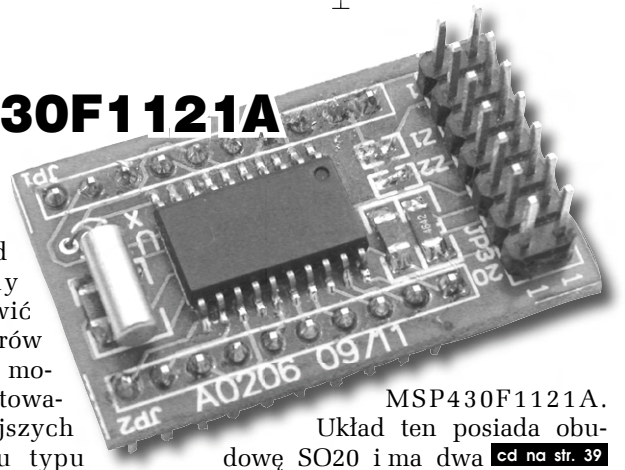


Rys. 1.

DIPmoduł procesora MSP430F1121A

Układ prostego modułu zawierającego 16-bitowy mikrokontroler firmy Texas Instruments z rodziny MSP430, ułatwiający rozpoczęcie przygody z tymi układami. Wszystkie procesory z serii MSP430F oferowane są tylko w obudowach do montażu powierzchniowego, co z jednej strony umożliwia miniaturyzację płytki, ale z drugiej strony

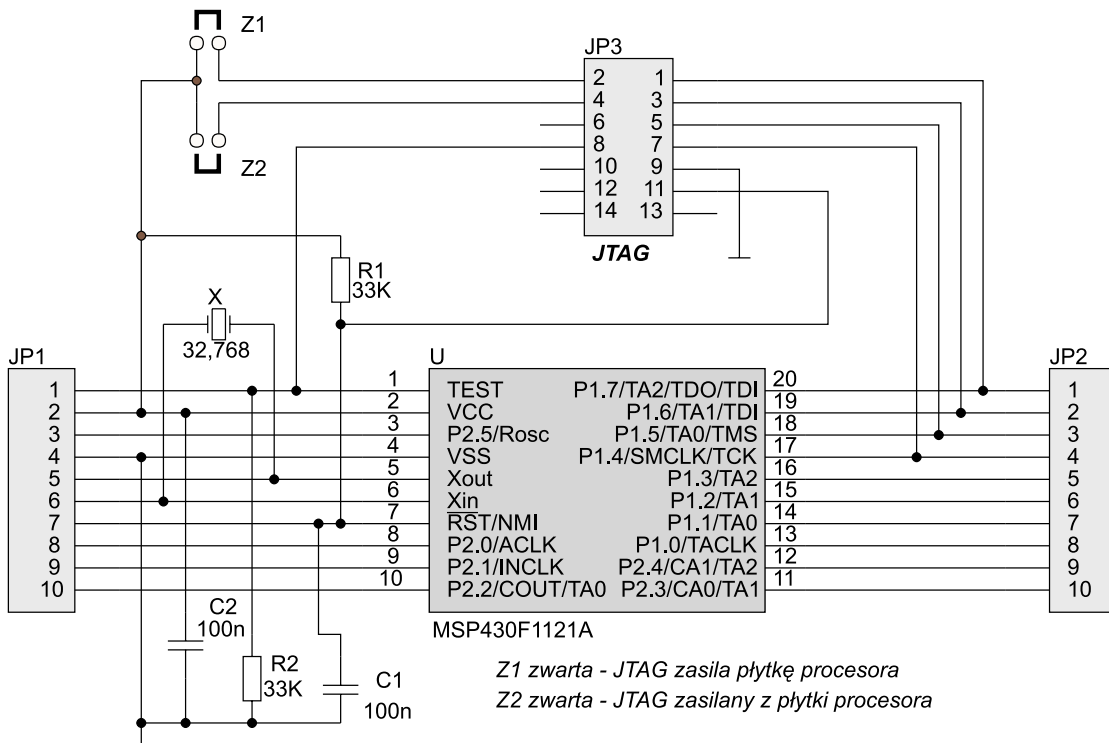
komplikuje poznanie tych układów, gdyż do wszelkich prób układ musi być wlutowany w płytkę. Aby umożliwić poznanie mikrokontrolerów z tej serii prezentujemy moduł umożliwiający wlutowanie jednego z najmniejszych z tej rodziny – układu typu



MSP430F1121A. Układ ten posiada obudowę SO20 i ma dwa **cd na str. 39**

cd ze str. 38 niepełne porty, co daje 14 linii I/O.

Pamięć programu typu Flash tego mikrokontrolera ma pojemność 4 kB, a pamięć danych RAM – 256 B. Dodatkowo w układzie znajduje się 256 B pamięci Flash przeznaczonej do zapisu danych. Ponadto mikrokontroler posiada wiele innych peryferiów, takich jak chociażby komparator analogowy czy licznik umożliwiający między innymi sprzętowe generowanie przebiegu PWM.



Rys. 1.

Schemat modułu przedstawiono na rys. 1. Na płytce zastosowano podstawowe elementy umożliwiające pracę mikrokontrolera. Rezystor R1 i kondensator C1 pracują w obwodzie zerowania mikrokontrolera, rezonator kwarcowy X dołączony jest bez zewnętrznych kondensatorów, gdyż znajdują się one wewnątrz procesora. Na złącza JP1 i JP2 zostały wyprowadzone wszystkie sygnały procesora, natomiast na złącze JP3 sygnały umożliwiające dołączenie interfejsu JTAG służącego do jego zaprogramowania. Zworki Z1 i Z2 służą do wyboru sposobu zasilania w zależności od zastosowanego interfejsu JTAG. Jeśli interfejs JTAG

posiada własne zasilanie, to można z niego zasilić moduł i należy zewrzeć zworkę Z1. Jeśli natomiast interfejs JTAG nie posiada własnego zasilania, to należy zewrzeć zworkę Z2 i w ten sposób zostanie on zasilony z płytki modułu. Płytką modułu jest wykonana w formie kompatybilnej z rozmiarami obudów DIP (600 mils), co umożliwi montaż w różnego rodzaju płytkach uniwersalnych. Moduł może być zasilany napięciem z przedziału 1,8...3,6 V, przy czym w czasie programowania napięcie to musi być wyższe od wartości 2,7 V. Zasilanie należy dołączyć do wyprowadzeń oznaczonych jako VCC (nóżka numer

Bardziej szczegółowy opis tego projektu można znaleźć w EP2/2005

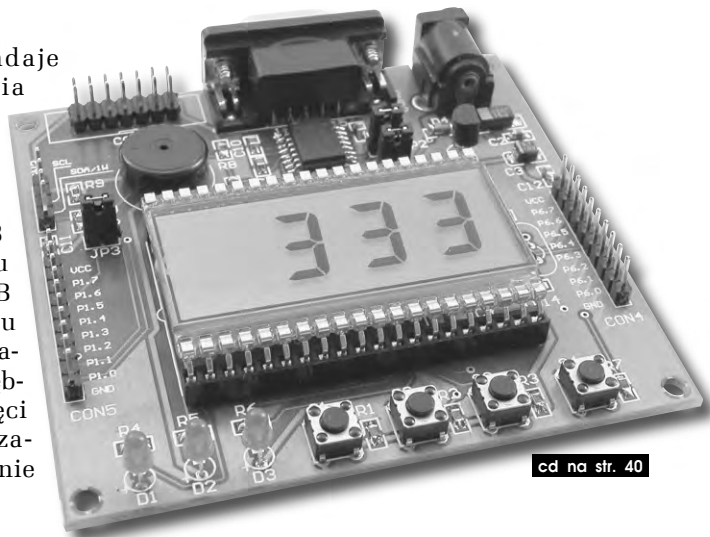
2 – plus) i VSS (nóżka numer 4 – masa).

Do tworzenia programów na mikrokontrolery MSP430 udostępniony jest darmowy kompilator C firmy IAR w wersji Kickstart, który jest w pełni funkcjonalną wersją z ograniczeniem generowanego kodu do 4 kB, co dla przedstawionego układu nie ma znaczenia. Oprogramowanie jest dostępne na stronie www-s.ti.com/sc/techzip/sla-c050.zip, opublikowaliśmy je także na CD-EP5/2007B.

Zestaw startowy dla procesora MSP430F413

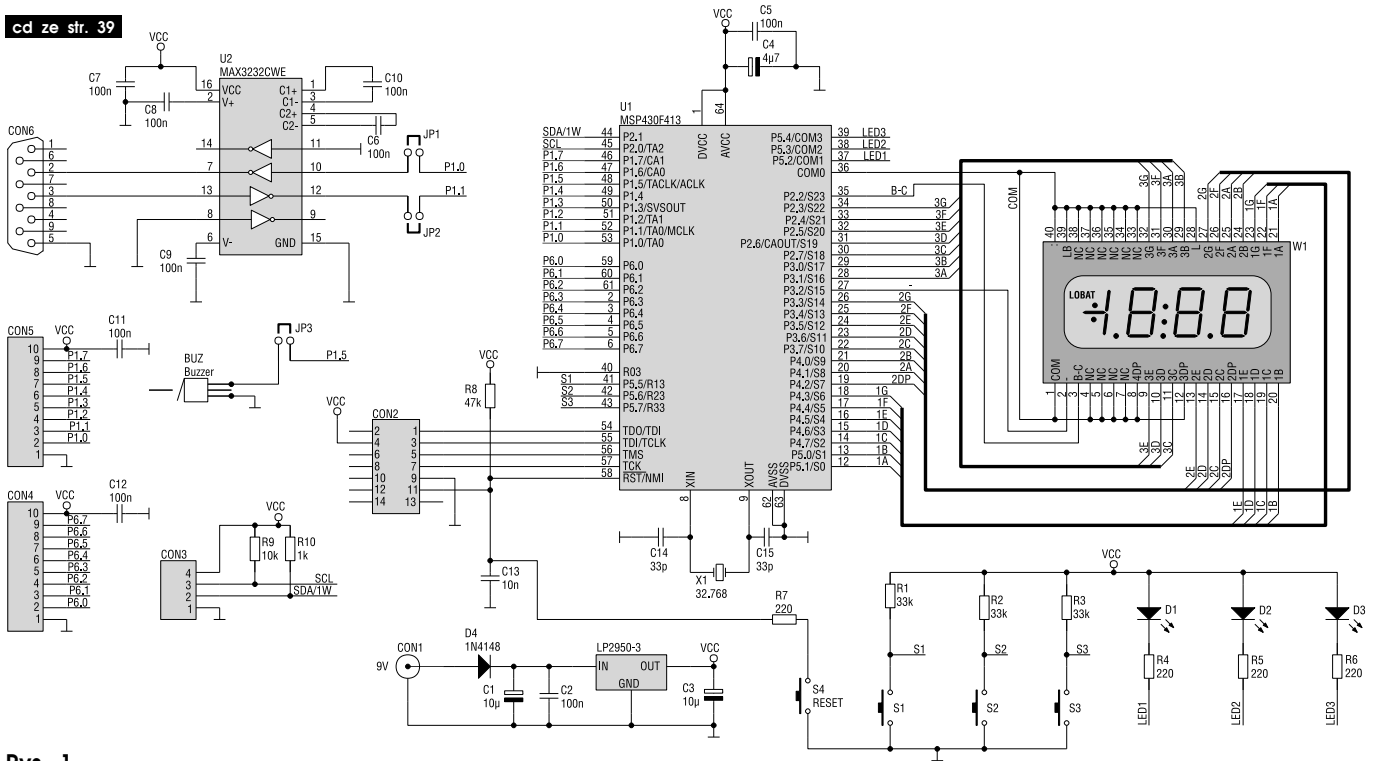
Aby rozpocząć prace z nowym mikrokontrolerem warto jest wyposażać się w zestaw startowy. Przykładem takiej konstrukcji może być płytka testowa pod mikrokontroler typu MSP430F413. Mikrokontroler ten jest jednym z mniej rozbudowanych układów z serii 16-bitowych mikrokontrolerów firmy Texas Instruments, umożliwiający bezpośrednie sterowanie wyświetlaczem ciekłokrystalicznym w sposób sprzętowy. Brak wielu rozbudowanych modułów wewnętrznych sprawia, że układ

ten doskonale nadaje się do rozpoczęcia poznawania całej rodziny układów MSP430. Procesor zawiera w swojej strukturze 8 kB pamięci programu typu Flash, 256 B pamięci danych typu Flash oraz 256 B pamięci RAM. Wyodrębnione 256 B pamięci Flash umożliwia zapis danych, które nie



cd na str. 40

cd ze str. 39



Rys. 1.

mogą być utracone w przypadku odłączenia zasilania (w sposób analogiczny jak stosowana w innych procesorach pamięć typu EEPROM). W układzie znajdują się trzy liczniki: Watchdog Timer (może służyć do zerowania procesora w przypadku zawieszenia), Basic Timer (wykorzystywany głównie do współpracy ze sterownikiem wyświetlacza LCD) oraz Timer_A3. Timer_A3 posiada trzy dodatkowe rejestry umożliwiające na przykład sprzętowe generowanie dwóch przebiegów o zmiennym wypełnieniu (PWM). Sześć portów pozwala na uzyskanie 48 linii wejścia/wyjścia, a zawarty komparator analogowy może zostać wykorzystany do integracji procesora z wejściowym napięciem analogowym, na przykład poprzez wykonanie przetwornika AC.

Na szczególną uwagę zasługuje moduł oscylatora, ponieważ oprócz typowej funkcji generowania przebiegu taktującego procesor z wykorzystaniem zewnętrznego rezonatora kwarcowego zawiera w sobie moduł FLL+ umożliwiającą mnożenie częstotliwości podstawowej (otrzymanej przy pomocy zewnętrznego rezonatora kwarcowego). Stosując jako podstawy wzorec częstotliwości rezonator o częstotliwości 32,768 kHz bez problemów można uzyskać właści-

wą częstotliwość taktowania procesora wynoszącą nawet 8 MHz. Dzięki temu można dostosować tę częstotliwość do aktualnego zapotrzebowania na moc obliczeniową, a także zminimalizować pobór prądu, gdy nie są wykonywane skomplikowane procedury.

Wewnątrz układu znajdują się także przestrajane kondensatory, które dla rezonatora kwarcowego 32,768 kHz mogą zastąpić zewnętrzne kondensatory obwodu oscylatora.

Procesor może być zasilany napięciem z zakresu 1,8...3,6 V, co w połączeniu z niewielkim poborem prądu sprawia, że układ doskonale nadaje się do urządzeń zasilanych bateryjnie pozwalając na zasilanie z dwóch ogniw 1,5 V lub też z jednego stosując energooszczędną przetwornicę napięcia. Prezentowany zestaw startowy został wyposażony w elementy najczęściej stosowane z tym procesorem. I tak na płytce znajduje się wyświetlacz LCD o organizacji 3 1/2 cyfry, interfejs RS232, trzy diody świecące, trzy przyciski oraz brzęczyk. Na złączach są wyprowadzone dwa porty, a także wykonany jest interfejs dla magistrali I²C oraz 1Wire. Programowanie procesora wykonuje się poprzez interfejs JTAG, którego złącze znajduje się także na płytce.

Bardziej szczegółowy opis tego projektu można znaleźć w EP2...3/2006 lub na stronie <http://www.sklep.avt.pl> pod nazwą AVT-920.

Jako programator należy zastosować układ interfejsu JTAG opisanego w EP03/2005 (AVT-1409). W EP2...3/2006 zostało opisane także darmowe środowisko programistyczne umożliwiające kompilowanie programów w języku „C” lub assemblerze, symulację pracy procesora oraz kontrolowanie jego pracy w rzeczywistym układzie, współpracujące z programatorem JTAG. Oprogramowanie to jest udostępniane przez firmę IAR w postaci specjalnej wersji tego kompilatora, która posiada ograniczenia generowanego kodu do 4 KB, ale poza tym ma wszystkie funkcje pełnej wersji. Doskonale nadaje się więc do zapoznania się ze środowiskiem IAR, jak również z procesorem, a także do napisania w pełni funkcjonalnych programów.

Aby zaprezentować funkcjonowanie zestawu startowego, w EP2...3/2006 zostały opisane także przykładowe programy przedstawiające działanie poszczególnych modułów, które także będzie można wykorzystać do tworzenia własnych programów.

Moduł pomiarowy z procesorem MSP430

Moduł jest trzyfunkcyjnym przyrządem umożliwiającym, w zależności od potrzeb, pełnienie jednej z trzech funkcji: pomiaru napięcia, licznika impulsów, wyświetlania danych liczbowych odbieranych z portu szeregowego. Jako pole odczytowe został zastosowany czterocyfrowy wyświetlacz ciekłokrystaliczny. W układzie został zastosowany mikrokontroler typu MSP430F435, który ma wbudowany sprzętowy sterownik wyświetlacza, co powoduje, że jego obsługa jest wykonywana niemal samoczynnie. W procesorze zawarty jest także przetwornik A/C o rozdzielczości 12 bitów, co daje 4096 różnych stanów napięcia. Pozwala to na wykonywanie pomiarów z rozdzielczością 1 mV, czyli trzech miejsc po przecinku. Zakres pomiarowy przetwornika wynosi 0...2,5 V, co umożliwia wyświetlenie wartości napięcia w formacie 0,000...2,500. Choć zakres ten jest stały, to po zastosowaniu zewnętrznego dzielnika napięcia (1:10, 1:100, 1:1000)

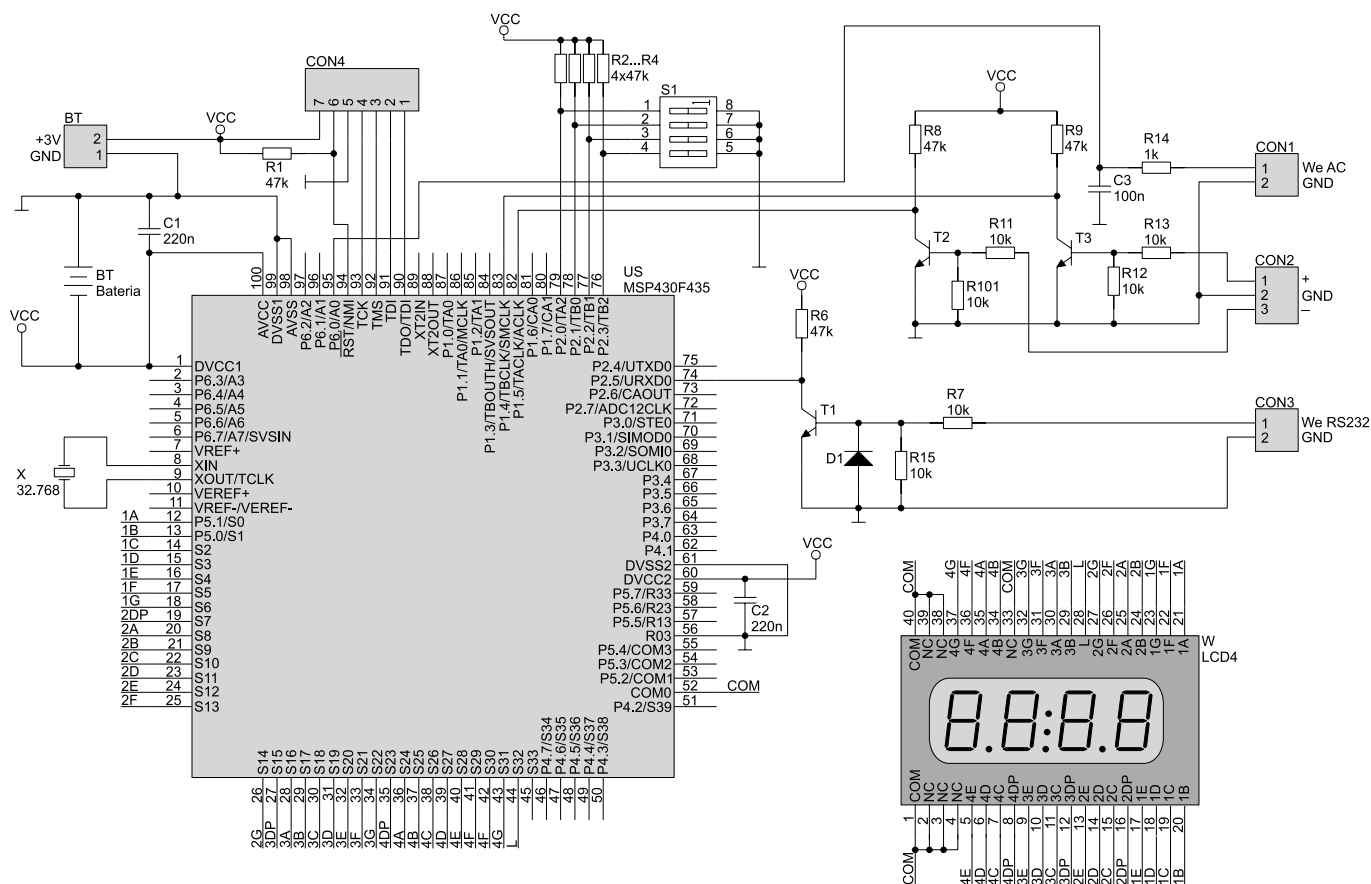
można go rozszerzyć. Aby wyświetlana wartość napięcia była zgodna z napięciem przyłożonym do wejścia dzielnika, na wyświetlaczu jest możliwe ustawienie kropki dziesiętnej na odpowiedniej pozycji. W ten sposób napięcie wejściowe może być wyświetlane następująco: x.xxx, xx.xx, xxx.x, xxxx. Daje to możliwość reprezentacji mierzonej wartości w zakresie 0,000...2500. Dołączając do wejścia przetwornika A/C czujnik ciśnienia, który na wyjściu będzie generował napięcie proporcjonalne do mierzonego ciśnienia. W ten sposób wyświetlacz może wskazywać wartość 1012 hPa dla przyłożonego napięcia równego 1,012 V.

Drugim trybem pracy modułu pomiarowego jest tryb licznika. W tym trybie są dostępne dwa wejścia umożliwiające zliczanie: do przodu, do tyłu oraz wejście zerujące. W trybie licznika możliwe jest wyświetlenie wartości od -999 do 9999 przy maksymalnej częstotliwości sygnału wejściowego 10 kHz (częstotliwość ta odnosi



Bardziej szczegółowy opis tego projektu można znaleźć w EP10/2005 lub na stronie <http://www.sklep.avt.pl> pod nazwą AVT-449.

się do sygnału prostokątnego o wypełnieniu 50%). W każdej chwili licznik może zostać wyzerowany poprzez podanie odpowiedniego sygnału na wejście zerujące. Wejścia zliczające mogą być przystosowane do pracy ze sterowaniem stykowym, które wymaga eliminacji drgań. W takim trybie, po każdym impulsie jest generowane opóźnienie około 10 ms i dopiero po tym czasie następuje **cd na str. 42**



Rys. 1.

cd ze str. 41 zliczenie kolejnego impulsu. Czas ten pozwala na zanik impulsów zakłócających powstałych wskutek podania na wejście zliczające sygnału wygenerowanego na przykład przez przycisk.

Ostatnim trybem pracy modułu jest tryb wyświetlania danych

liczbowych wpisywanych poprzez interfejs RS232. Podłączając moduł do portu szeregowego komputera lub do mikrokontrolera można na wyświetlaczu wyświetlić wartości liczbowe z zakresu -999...9999.

Cały układ może być zasilany z baterii umieszczonej na płycie,

z zewnętrznej baterii lub z zewnętrznego zasilacza 3 V. Wybór źródła zależy od zastosowania oraz trybu pracy, gdyż w różnych trybach wartość pobieranego prądu jest inna, jednak maksymalna wartość nie przekracza 800 μ A.

Termometr zasilany bateryjnie na procesorze MSP430

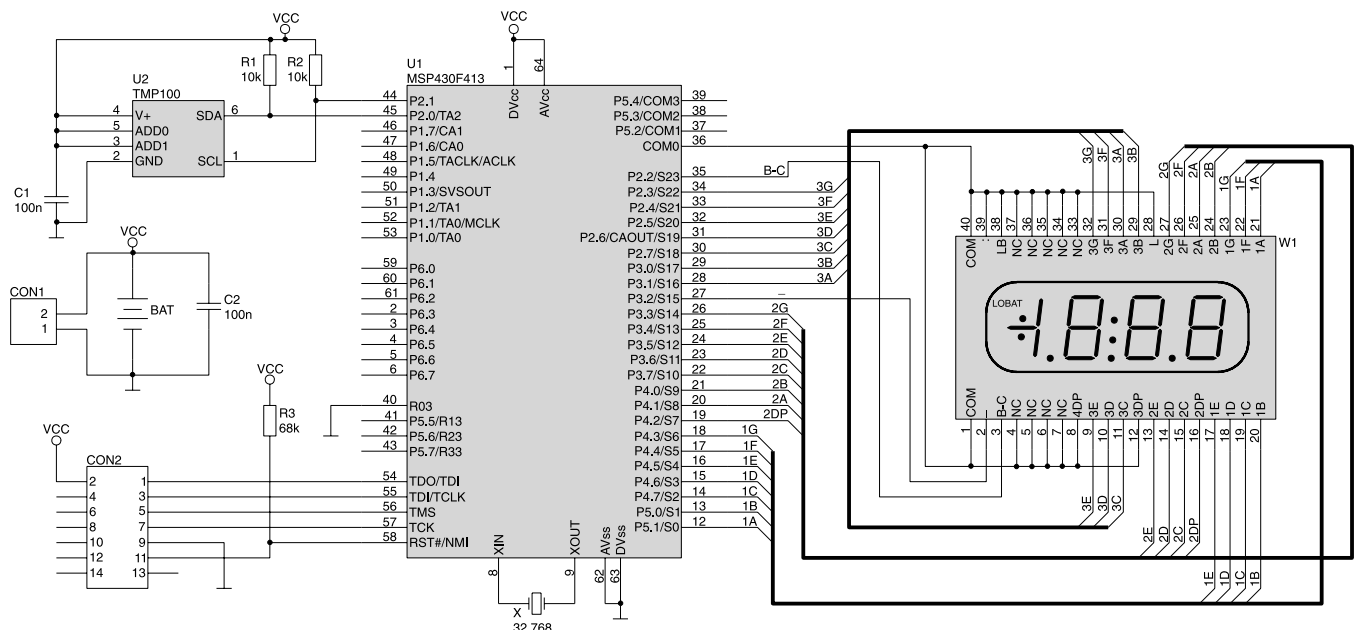
Prosty układ termometru o znikomym poborze energii, doskonale nadający się do stosowania w aplikacjach, w których korzystanie z zasilacza sieciowego nie jest możliwe. Przy budowie termometru największy nacisk został położony na zminimalizowanie pobieranego prądu, tak aby możliwa była praca z zasilaniem bateryjnym, przy jednoczesnym zminimalizowaniu liczby ogniw. Jak wiemy właśnie wyświetlacze LCD pobierają znikomą wartość prądu i dlatego taki typ wyświetlacza został zastosowany w przedstawionym układzie. Ponieważ do obsługi wyświetlacza wymagane są 24 linie sterujące segmentami poszczególnych cyfr (3 cyfry x 7 segmentów + jedyńka + kropka dziesiętna + znak minus = 24) oraz dodatkowa wspólna linia „COMM”, konieczne jest za stosowanie mikrokontrolera o dużej liczbie wyprowadzeń. Oprócz konieczności użycia dużej liczby linii sterujących wyświetlacz musi być odświeżany

z częstotliwością 30...100 Hz, co jest realizowane poprzez cykliczne negowanie stanów na liniach segmentów oraz wspólnym sygnale „COMM”. Jeśli napięcie sterujące segmentem będzie zgodne w fazie z sygnałem „COMM”, to dany segment będzie wygaszony, jeśli zaś fazy będą przeciwne, to dany segment będzie aktywny. Do sterowania wyświetlaczem doskonale nadają się mikrokontrolery firmy Texas Instruments z rodziny MSP430, które posiadają wbudowany sprzętowy sterownik wyświetlacza LCD umożliwiający obsługę maksymalnie 160 segmentów, a jednocześnie pobierają znikomą prąd (około 200 μ A dla sygnału zegarowego 1 MHz i napięcia zasilania 2,2 V). Dodatkowo mogą być zasilane napięciem z zakresu 1,8...3,6 V, co z kolei umożliwia zasilanie z dwóch baterii 1,5 V lub jednej baterii 3 V. Dlatego też w prezentowanym układzie został zastosowany ten typ mikrokontrolera, a zasilanie stanowi



Bardziej szczegółowy opis tego projektu można znaleźć w EP9/2004.

jedna bateria typu CR2032. Czujnik umożliwia pomiar temperatury w zakresie -55°C...+125°C z rozdzielczością 0,1°C, jednak ze względu na umieszczenie go bezpośrednio na płycie termometru zakres ten jest ograniczony temperaturą pracy wyświetlacza LCD do wartości -10°C...+50°C. Aby wykorzystać pełny zakres pomiarowy, należy umieścić czujnik poza płytka.



Rys. 1.