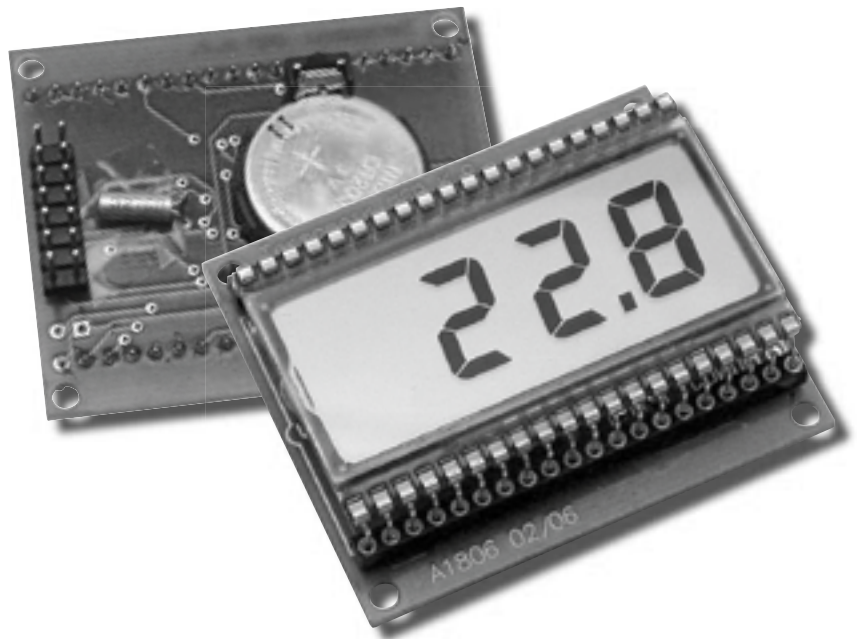


Termometr zasilany bateryjnie na procesorze MSP430



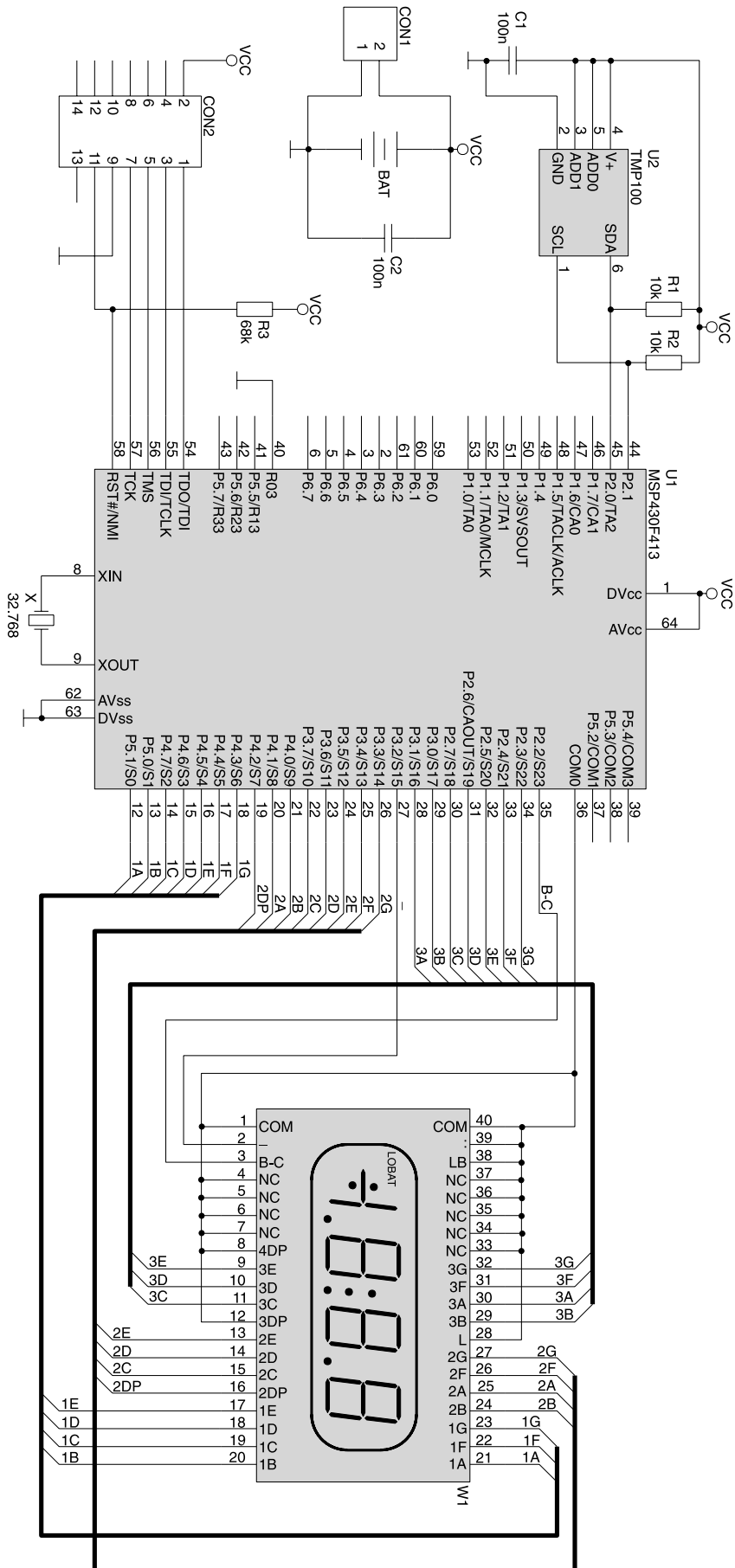
Opisy termometrów były wielokrotnie publikowane na łamach EP. W zależności od zastosowań wynik pomiaru był wyświetlany na wyświetlaczach typu LED lub LCD – najczęściej alfanumerycznych. Urządzenia te do działania wymagały zewnętrznego zasilacza. Przy budowie termometru przedstawionego w artykule największy nacisk został położony na zminimalizowanie pobieranego prądu, tak aby możliwa była praca z zasilaniem bateryjnym, przy jednoczesnym zminimalizowaniu liczby ogniw.

Rekomendacje: prosty w wykonaniu termometr o znikomym poborze energii, doskonale nadaje się do stosowania w aplikacjach, w których korzystanie z zasilacza sieciowego nie jest możliwe.



Wyświetlaczami pobierającymi znikomą wartość prądu są wyświetlacze LCD i dlatego taki typ wyświetlacza został zastosowany w przedstawionym układzie. Zastosowanie wyświetlacza z wbudowanym sterownikiem (na przykład alfanumerycznego) upraszcza jego obsługę, jednak takie wyświetlacze pobierają stosunkowo duży prąd (około 2 mA), co przy zasilaniu bateryjnym jest znaczną wartością. Dodatkowo wyświetlacze takie najczęściej wymagają napięcia zasilania o wartości 5 V, co z kolei wymaga zastosowania czterech ogniw. W związku z powyższym w termometrze zastosowany został wyświetlacz ciekłokrystaliczny bez sterownika, umożliwiający wyświetlenie trzech cyfr oraz jedynek, czyli 3½ cyfry o wysokości 13 mm, a rolę sterownika pełni mikrokontroler sterujący całym termometrem. Ponieważ do obsługi wyświetlacza wymagane są 24 linie sterujące segmentami poszczególnych cyfr (3 cyfry: 7 segmentów + jedynka + kropka dziesiętna + znak minus = 24) oraz dodatkowa wspól-

na linia „COMM”, konieczne jest zastosowanie 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 sprężony sterownik wyświetlacza LCD umożliwiający obsługę maksymalnie 160 segmentów, a jednocześnie pobierają znikomą wartość prądu (około 200 µA 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-woltowej,

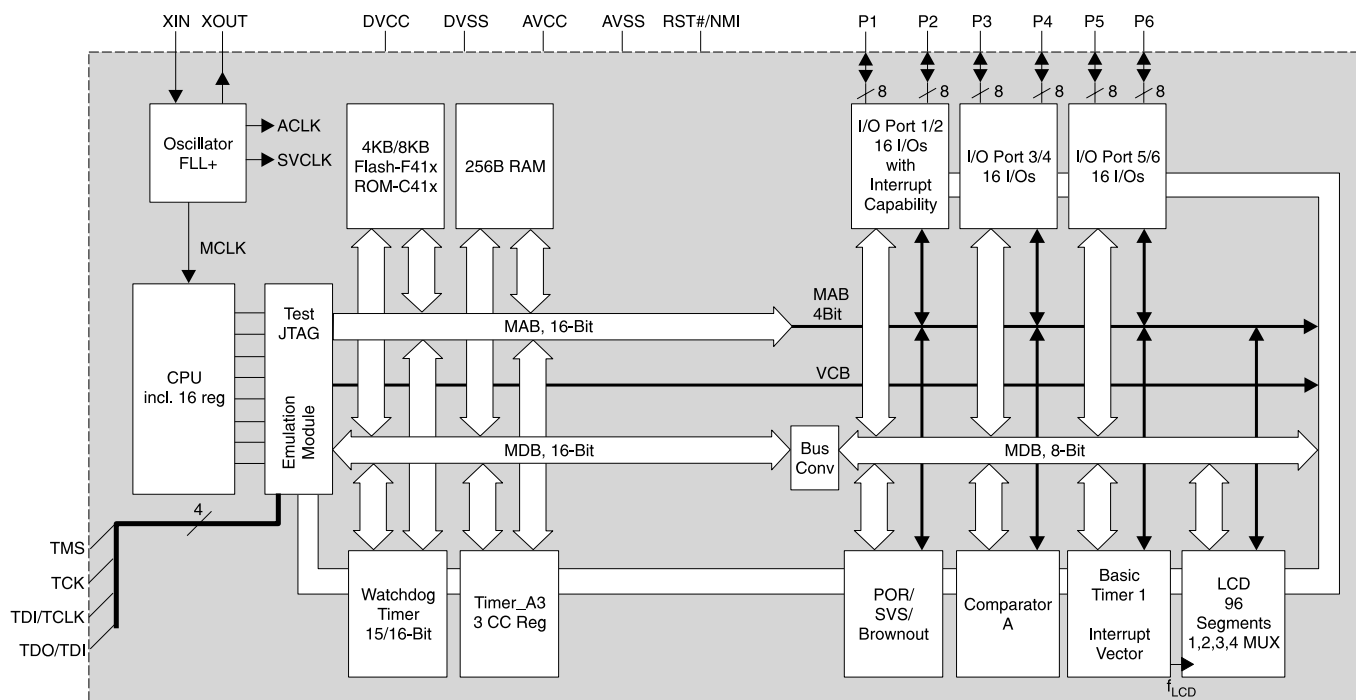


Rys. 1. Schemat elektryczny termometru

na przykład baterii litowej. Dlatego też w prezentowanym układzie został zastosowany ten typ mikrokontrolera, a zasilanie stanowi jedna bateria typu CR2032. Czujnik umożliwia pomiar temperatury w zakresie $-55^{\circ}\text{C} \dots +125^{\circ}\text{C}$ z rozdzielczością $0,1^{\circ}\text{C}$, jednak ze względu na umieszczenie go bezpośrednio na płytce termometru zakres ten jest ograniczony temperaturą pracy wyświetlacza LCD do wartości $-10^{\circ}\text{C} \dots +50^{\circ}\text{C}$. Aby wykorzystać pełny zakres pomiarowy, należy umieścić czujnik poza płytką.

Budowa

Schemat elektryczny termometru przedstawiono na **rys. 1**. Pracą termometru steruje mikrokontroler typu MSP430F413, którego budowę wewnętrzną przedstawiono na **rys. 2**. Układ zawiera 8 kB pamięci programu Flash oraz 256 B pamięci RAM, dwa liczniki, komparator analogowy oraz sześć portów wejścia/wyjścia z funkcją sterowania wyświetlaczem LCD. Najważniejszą jednak właściwością mikrokontrolera jest fakt, że jest wykonany w 16-bitowej architekturze RISC, co oznacza, że wszystkie operacje wykonywane są na danych 16-bitowych. A to z kolei wpływa na znacznie szybsze wykonywanie operacji niż ma to miejsce w przypadku mikrokontrolerów 8-bitowych. Mikrokontroler jest taktowany sygnałem uzyskanym z wewnętrznego generatora pracującego z rezonatorem kwarcowym X. Głównym zadaniem mikrokontrolera jest odczyt temperatury z czujnika temperatury (U2), odpowiednie jej przetworzenie i wyświetlenie na wyświetlaczu W1. Zastosowany czujnik temperatury umożliwia pomiar z ustaloną rozdzielczością od 9 do 12 bitów, a komunikacja z mikrokontrolerem odbywa się za pomocą magistrali I²C. W przedstawionym układzie pomiar wykonywany jest z najwyższą rozdzielczością (12 bitów), co odpowiada wartości $0,0625^{\circ}\text{C}/\text{bit}$. Tak otrzymany wynik pomiaru jest następnie uśredniany do rozdzielczości $0,1^{\circ}\text{C}$ i wyświetlany na wyświetlaczu. Układ TMP100 w trybie aktywnym pobiera około $40\mu\text{A}$ prądu, natomiast w stanie spoczynku $0,1\mu\text{A}$. Czas wykonywania jednego pomiaru wynosi



Rys. 2. Budowa wewnętrzna układu MSP430F413

320 ms i może być wykonywany w sposób ciągły – układ jest przez cały czas w trybie aktywnym lub jednorazowy – po wykonaniu pomiaru czujnik samoczynnie przechodzi w tryb czuwania. W termometrze wykorzystano drugi sposób pomiaru. Mikrokontroler wydaje tylko polecenie wykonania pomiaru, a po jego wykonaniu układ TMP100 sam przełącza się w tryb czuwania.

Aby ograniczyć pobór prądu, pomiar jest wykonywany co dwie sekundy, dlatego przez czas pomiędzy cyklami pomiarowymi zarówno mikrokontroler, jak i czujnik temperatury znajdują się w trybie czuwania i wówczas pobierany prąd wynosi 2µA. Do odliczania tego czasu wykorzystano wewnętrzny licznik mikrokon-

rolera, który przełącza go w tryb aktywny po każdym przepelnieniu. Cykl pomiarowy wygląda następująco: po włączeniu zasilania mikrokontroler wysyła do układu TPM100 komendę wykonania pomiaru i przełącza się w tryb czuwania. Czujnik wykonuje pomiar, po czasie około 320 ms zapisuje wynik pomiaru w wewnętrznym rejestrze i także przechodzi w tryb czuwania. Po czasie około dwóch sekund mikrokontroler zostanie uaktywniony przez licznik i odczyta wynik pomiaru z układu U2, przetworzy odczytaną wartość i wyświetli ją na wyświetlaczu, następnie wyśle do układu TMP100 komendę kolejnego pomiaru i przejdzie w tryb czuwania. Dzięki takim pomiarom pobierany prąd został dodatkowo ograniczony, gdyż przez czas około dwóch sekund wynosi około 2µA, a tylko przez 320 ms wynosi 40µA. Tak zredukowana wartość pozwoliła na zasilanie termometru jedną miniaturową baterią. Zastosowana bateria typu CR2032 posiada pojemność około 220 mAh, co pozwala na kilkuletnią pracę termometru.

Dodatkowe złącze CON1 umożliwia zasilanie termometru z zewnętrznego źródła, natomiast złącze CON2 służy tylko do programowania układu i nie jest potrzebne w czasie pracy termometru.

Montaż

Termometr zmontowano na płytce dwustronnej. Rozmieszczenie elementów przedstawiono na rys. 3. Montaż należy rozpocząć od wlutowania mikrokontrolera, co należy wykonać bardzo starannie, gdyż jest umieszczony w obudowie, której odstęp pomiędzy nóżkami wynosi zaledwie 0,5 mm. Po wlutowaniu mikrokontrolera można przejść do montażu rezystorów i kondensatorów. Układ U2, rezonator kwarcowy oraz gniazdo baterii należy wlutować od strony ścieżek. Jeśli będzie wykorzystywany pełny zakres pomiaru temperatury, to układ U2

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1, R2: 10kΩ 1206

R3: 68kΩ 1206

Kondensatory

C1, C2: 100nF 1206

Półprzewodniki

U1: MSP430F413 zaprogramowany

U2: TMP100

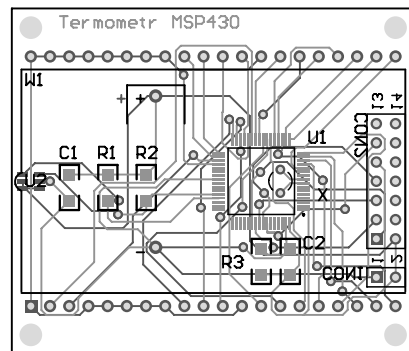
Różne

X: kwarc 32,768 kHz

W1: wyświetlacz LCD 3 1/2 LOBAT 13mm

BAT: gniazdo baterii CR2032 + bateria

CON1, CON2: brak – opis w tekście



Rys. 3. Schemat montażowy urządzenia

należy umieścić poza płytką, na przykład na odcinku przewodów. Jednak umiejscowienie czujnika poza płytką jest utrudnione, gdyż umieszczony jest on w obudowie SMD i po przylutowaniu do niego przewodów należy go zabezpieczyć przed uszkodzeniem mechanicznym. Złącze CON1 należy wlutować jedynie wtedy, gdy termometr będzie zasilany z zewnętrznego źródła. Układ należy zasilić napięciem o wartości około 3 V. Złącza CON2 nie należy montować, gdyż jest ono wykorzystywane tylko do programowania mikrokontrolera.

Wyświetlacz należy zamontować od strony elementów i można go wlutować bezpośrednio w płytkę lub zastosować podstawkę otrzymaną po przecięciu podstawki precyzyjnej DIP40. Po zmontowaniu wszystkich elementów i włożeniu baterii termometr jest gotowy do pracy.

Krzysztof Pławsiuk, EP
krzysztof.plawsiuk@ep.com.pl

*Wzory płytek drukowanych w formie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: **pcb.ep.com.pl** oraz na płycie CD-EP9/2004B w katalogu PCB.*