

Zegar ze 100-letnim kalendarzem i dwukanałowym termometrem, część 1



AVT-513



Prezentowane w artykule urządzenie jest kolejnym naszym pomysłem „dla domu”, ułatwiającym codzienne funkcjonowanie. Bo któż nie jest uzależniony od bieżącego czasu, wymagającego nieustannej kontroli, i temperatury, która w skrajnych przypadkach zdecydowanie negatywnie wpływa na samopoczucie większości z nas?

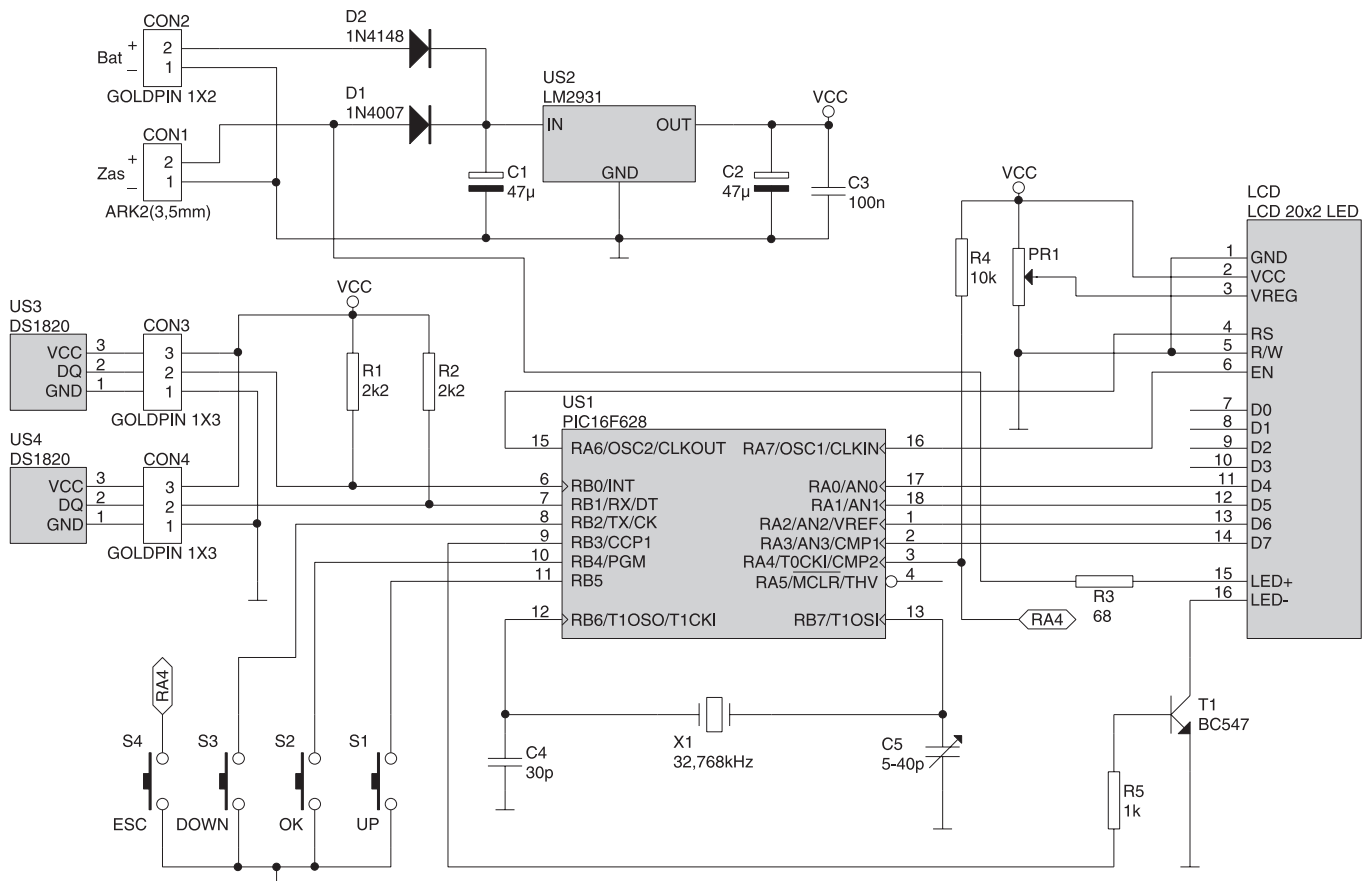
Rekomendacje: ze względu na uniwersalność i oczywistą przydatność, urządzenie opisane w artykule polecamy wszystkim Czytelnikom lubiącym skutecznie kontrolować czas i temperaturę...

Zegar wbudowany w prezentowane urządzenie ma 100-letni kalendarz uwzględniający lata przestępne. Liczba dni miesiąca jest automatycznie korygowana w zależności od bieżącego miesiąca oraz roku. Rok przestępny występuje co cztery lata i charakteryzuje się tym, że luty w tym roku ma 29 dni, a w pozostałych latach 28. W czasie ustawiania daty kontrolowana jest maksymalna liczba dni występująca w danym miesiącu i roku, dzięki czemu nie można wprowadzić błędnej liczby dni miesiąca - na przykład 31 kwietnia.

Dodatkowo zegar posiada wbudowaną funkcję pomiaru temperatury z dwóch czujników. Temperatura jest mierzona z wykorzystaniem specjalizowanych układów firmy Maxim, które przetwarzają badaną wartość temperatury na postać cyfrową i w konsekwencji - z punktu widzenia mikrokontrolera - cały pomiar wykonywany jest na drodze cyfrowej. Temperatura może być mierzona w zakresie $-25...125^{\circ}\text{C}$ z rozdzielczością $0,1^{\circ}\text{C}$. Taki zakres mierzonych

temperatur umożliwia pomiar zarówno w pomieszczeniach, jak również na zewnątrz budynków. Dla obydwu mierzonych temperatur zapamiętywana jest maksymalna i minimalna wartość, która wystąpiła od momentu kasowania tego wskaźnika. Czujniki temperatury mogą być oddalone od płytki zegara na odległość do 30 metrów, co umożliwi niemalże dowolne ich rozmieszczenie.

Prezentacja czasu i temperatury odbywa się na dwuwierszowym wyświetlaczu alfanumerycznym. Jest on wyposażony w podświetlenie, co umożliwia uzyskanie dobrej widoczności nawet w ciemnych pomieszczeniach. Podświetlenie wyświetlacza może być włączane i wyłączane, dodatkowo intensywność podświetlenia może być regulowana elektronicznie w dziesięciu krokach. Podczas pracy bez podświetlenia układ pobiera prąd o natężeniu około 3 mA, co umożliwia zastosowanie baterijnego podtrzymania pracy zegara w czasie braku zasilania sieciowego przy wykonywaniu wszystkich dostępnych funkcji, tak



Rys. 1. Schemat elektryczny zegara

jak przy zasilaniu głównym (z wyłączeniem podświetlenia).

Budowa i zasada działania

Schemat elektryczny zegara przedstawiono na rys. 1. „Sercem“ urządzenia jest niewielki mikrokontroler typu PIC16F628. Układ ten steruje wszystkimi procesami poczynając od odczytu temperatury z czujników temperatury, poprzez obsługę klawiatury aż do sterowania wyświetlaczem LCD. Mikrokontroler ten posiada dołączony rezonator kwarcowy, który jednak nie służy do jego „napędzania“. Generator taktujący mikrokontroler znajduje się w jego wnętrzu, dlatego nie jest konieczne stosowanie dodatkowego zewnętrznego rezonatora kwarcowego. Wewnętrzny generator jest generatorem typu RC i dostarcza częstotliwości równej około 4 MHz. Stabilność tego generatora jest wystarczająca do wykonywania niemal wszystkich zadań, jakie wykonuje mikrokontroler. Wyjątkiem jest precyzyjne odmierzanie czasu, gdyż pomiar

czasu z wykorzystaniem generatora RC powodowałby bardzo dużą rozbieżność mierzonego czasu. Aby zapewnić wysokostabilne źródło sygnału zegarowego, zastosowano rezonator kwarcowy X1 o częstotliwości pracy równej 32,768 kHz. Rezonator ten nie jest dołączony do standardowych wyprowadzeń przewidzianych do tego celu (OSC1, OSC2), lecz wyprowadzeń portu RB (RB7 i RB6). Sytuacja taka jest spowodowana tym, że wyprowadzenia te oprócz możliwości pracy jako typowe wejścia/wyjścia są jednocześnie wyprowadzeniami wewnętrznego licznika TMR1. Licznik ten na swoim wejściu posiada generator, który może współpracować z zewnętrznym rezonatorem kwarcowym i służyć jako źródło sygnału zegarowego powodujące zwiększanie stanu licznika TMR1. Takie rozwiązanie sprawia, że licznik TMR1 zlicza impulsy z generatora kwarcowego, który jest niezależny od głównego generatora mikrokontrolera. Zastosowany rezonator kwarcowy posiada częstotliwości pra-

cy równą 32,768 kHz, co jest wielokrotnością cyfry 2 (2^{15}). Znacznie ułatwia to uzyskanie częstotliwości 1 Hz, będącej odpowiednikiem jednej sekundy. Licznik TMR1 ma pojemność 16 bitów, co odpowiada maksymalnej liczbie zliczonych impulsów równej 65535. Wartość ta jest dwukrotnie większa od częstotliwości rezonatora i gdyby licznik pracował z pełną pojemnością, przepełnienie następowaloby co dwie sekundy, a odliczanie czasu wykonywane byłoby bez konieczności ładowania początkowej wartości licznika TMR1. W przedstawionym układzie wyświetlane są także sekundy, dlatego trzeba zmniejszyć pojemność licznika o połowę. Zmniejszenie to jest wykonywane przez dodanie liczby 32768 po każdym przepełnieniu licznika. Takie rozwiązanie jest wygodniejsze do zastosowania niż ładowanie licznika początkową wartością, gdyż w drugim przypadku po wystąpieniu przepełnienia licznika i wygenerowaniu przerwania należy policzyć liczbę cykli wykonanych od

momentu wystąpienia przerwania do momentu ładowania licznika i uwzględnić tę liczbę, ładując początkową wartość do licznika. Czas od momentu wystąpienia przerwania do załadowania licznika wynika z faktu konieczności zachowania niektórych rejestrów mikrokontrolera przed obsługą przerwania (W, Status). W przypadku dodawania liczby do licznika, skorygowanie jego wartości może nastąpić w dowolnym momencie, przed zliczeniem 32768 impulsów, co odpowiada jednej sekundzie. Ponadto nie ma znaczenia, ile czasu minęło od przyjęcia przerwania do korekcji licznika na dodawaną wartość, gdyż zawsze jest ona stała i wynosi 32768. Jak widać, zastosowanie licznika TMR1 do odmierzenia czasu jest bardzo wygodne, a przerwanie nie zaburza zbyt wiele pracy mikrokontrolera, gdyż występują co sekundę. Do korekcji generowanej częstotliwości zastosowano trymer C5, który pozwala na dostrojenie generatora tak, aby czas był odmierzany z jak największą dokładnością.

Pomiar temperatury jest wykonywany przez czujniki temperatury typu DS18B20. Zastosowanie tych układów całkowicie uwalnia mikrokontroler od jakiegokolwiek kontaktu z sygnałami analogowymi, występującymi przy tradycyjnym pomiarze temperatury. Układ DS18B20 zawiera kompletny moduł pomiaru temperatury i przetwarzania wyniku na postać cyfrową. Komunikacja układu DS18B20 z układem nadrzędnym odbywa się przy pomocy jedнопроводowej magistrali, co jest bardzo korzystne, gdyż mikrokontroler ma niewiele portów, a czujnik wykorzystuje tylko jedno wyprowadzenie. Ponieważ pomiar wykonywany jest w dwóch miejscach, należało zastosować dwa identyczne czujniki.

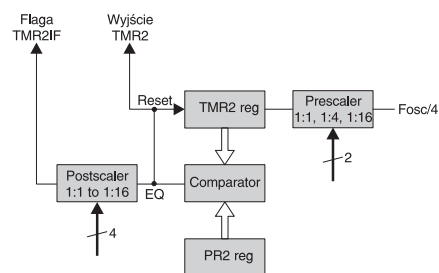
Układy DS18B20 umożliwiają bezpośredni odczyt temperatury z rozdzielczością $0,5^{\circ}\text{C}$, ale udostępniają dodatkowe rejestry wykorzystywane podczas procedury pomiaru temperatury i na tej podstawie rozdzielczość pomiaru można zwiększyć do $0,1^{\circ}\text{C}$. Zwiększenie rozdzielczości pomiarów wykonuje się przez odpowiednie operacje matematyczne na rejest-

rach układu DS18B20, operacje te są wykonywane przez mikrokontroler. Podłączenie obydwu czujników do wyprowadzeń mikrokontrolera jest dość nietypowe, gdyż do jednej magistrali można podłączyć jednocześnie nawet kilkadziesiąt układów serii DS, a w przedstawionym urządzeniu każdy układ jest podłączony do innego wyprowadzenia mikrokontrolera. Takie podłączenie zostało zastosowane, aby uprościć procedurę uruchamiania zegara. Podłączenie kilku układów DS18B20 do jednej magistrali wymaga odczytania numeru seryjnego każdego z nich. Jeśli po rejestracji czujnik zostałby wymieniony na inny egzemplarz, to konieczna byłaby ponowna rejestracja. Komunikacja mikrokontrolera z konkretnym układem dołączonym do magistrali polega na wysłaniu na magistralę numeru seryjnego konkretnego układu i jeśli taki będzie zastosowany, to zostanie przeprowadzona z nim wymiana danych. W tym czasie pozostałe układy są nieaktywne, gdyż ich numer seryjny jest inny od podanego. Taki sposób komunikacji jest stosowany w przypadku, gdy do magistrali jest dołączony więcej niż jeden układ. W przedstawionym zegarze również można użyć tego sposobu komunikacji, jednak z uwagi na fakt, że występują tylko dwa czujniki, zastosowane zostały dwie oddzielne magistrale. Dzięki temu rozbudowuje się procedura komunikacji jedнопроводowej, ale nie ma konieczności rejestrowania dołączonych układów DS18B20, gdyż przy dołączonym do magistrali tylko jednym układzie jego numer seryjny jest pomijany.

Zasilanie całego układu jest wykonane przy użyciu stabilizatora typu LM2931, stabilizator ten dostarcza stabilizowanego napięcia 5 V przy niewielkim poborze prądu. Jest to bardziej ekonomiczny układ niż popularny LM78L05. W czasie pracy układ LM2931 pobiera prąd o natężeniu około $400\ \mu\text{A}$. Ograniczenie pobieranego prądu jest szczególnie istotne w przypadku braku zasilania głównego. W takim wypadku ostateczny prąd pobierany przez cały układ wynosi około 3 mA, co pozwala na wielogó-

dzinną pracę zegara zasilanego bateryjnie. W przypadku zastosowania jako stabilizatora układu LM78L05 pobór prądu wzrasta do wartości około 7 mA. Jak widać stabilizator ten pobiera więcej prądu niż pozostałe elementy zegara. Wszystkie wartości prądu dotyczą pracy bez podświetlania wyświetlacza LCD. Kondensatory C1...C3 wygładzają napięcie zasilania. Diody D1 i D2 pełnią rolę automatycznego przełącznika pomiędzy zasilaniem głównym i baterijnym. W czasie pracy przy zasilaniu głównym na złączu CON1 panuje napięcie o wartości około 12 V, a na złączu CON2 napięcie o wartości około 9 V. W tej sytuacji dioda D2 jest w stanie zaporowym, gdyż na jej katodzie jest wyższy potencjał niż na anodzie wywołany napięciem zasilania głównego; jeśli zasilanie główne zostanie odłączone, to dioda D2 zacznie przewodzić i układ będzie zasilany z baterii.

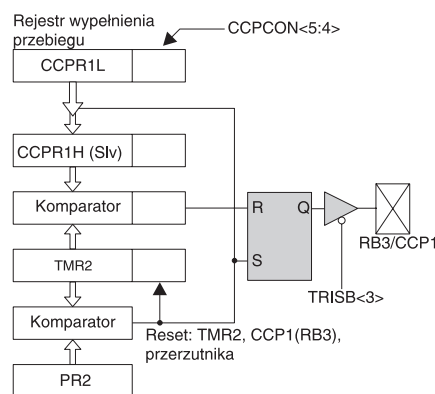
Prezentacja czasu oraz temperatury jest wykonywana na wyświetlaczu alfanumerycznym o organizacji 2x20, co umożliwia wyświetlenie wszystkich parametrów zarówno w czasie normalnej pracy, jak i w czasie ustawiania parametrów. Zastosowany wyświetlacz posiada podświetlenie pola odczytowego, co umożliwia odczyt wyświetlanych wartości nawet w zupełnej ciemności. Podświetlenie wyświetlacza jest wykonane w postaci matrycy diod świecących, co pociąga za sobą duży pobór prądu w czasie podświetlania (około 130 mA). Wykorzystanie do zasilania podświetlania wyświetlacza napięcia 5 V z wyjścia stabilizatora spowodowałoby jego uszkodzenie, gdyż jego wydajność prądowa wynosi 100 mA. Zastosowanie stabilizatora o większej wydajności prądowej niepotrzebnie zwiększyłoby gabaryty całego urządzenia, a zastosowanie stabilizatora o wydajności 1 A bez radiatora powodowałoby wydzielanie się dużej ilości ciepła. Optymalnym rozwiązaniem jest zasilanie diod podświetlających wyświetlacza napięciem pobieranym przed stabilizatorem. Takie rozwiązanie zastosowano w układzie zegara, prąd zasilający diody jest pobierany z głównego napięcia zasila-



Rys. 2. Budowa licznika TMR2

nia, przez co dodatkowo uzyskano automatyczny wyłącznik podświetlenia w przypadku braku zasilania głównego. W czasie zasilania baterijnego dioda D1 nie pozwala na przedostawanie się prądu do podświetlenia wyświetlacza. W czasie pracy przy zasilaniu głównym podświetlenie wyświetlacza może być włączane lub wyłączane w sposób elektroniczny, jednym przyciskiem. Włączaniem podświetlenia steruje mikrokontroler poprzez wzmacniacz prądowy zrealizowany przy pomocy tranzystora T1. Przy zastosowanej wartości rezystora R3 ograniczającego maksymalny prąd płynący przez diody podświetlenia wynosi około 130 mA przy napięciu zasilania 11,5 V. Oprócz elektronicznego włączania i wyłączania podświetlenia regulowana może być (w dziesięciu krokach) także intensywność podświetlenia.

Do sterowania podświetleniem wyświetlacza wykorzystano wyprowadzenie RB3 mikrokontrolera. Wyprowadzenie to oprócz funkcji typowego wyprowadzenia wejścia/wyjścia jest dodatkowo wyjściem sygnału sprzętowego ste-



Rys. 3. Budowa sprzętowego generatora PWM

rownika PWM (modulacja szerokości impulsu), dzięki temu możliwe jest elektroniczne ustawienie intensywności podświetlenia wyświetlacza. Sprzętowy sterownik PWM sprawia, że sterowanie podświetleniem wyświetlacza jest wykonywane niezależnie od pracy jednostki centralnej mikrokontrolera. Do pracy sterownika wykorzystywany jest licznik TMR2, który wraz z komparatorami cyfrowymi umożliwia wytworzenie na wyjściu RB3 przebiegu o dowolnym wypełnieniu bez udziału jednostki centralnej mikrokontrolera. Budowę licznika TMR2 przedstawiono na **rys. 2**. Licznik ten wyposażony jest w dzielnik wejściowy (*Prescaler*) o stopniach podziału 1:1, 1:4, 1:16, na wyjściu licznika znajduje się jeszcze jeden dzielnik (*Postscaler*), dzięki któremu można dodatkowo podzielić przebieg otrzymany z wyjścia licznika maksymalnie przez 16. Najważniejszym z punktu widzenia generowania przebiegu PWM jest

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1, R2: 2,2kΩ
R3: 68Ω
R4: 10kΩ
R5: 1kΩ
PR1: potencjometr montażowy 10kΩ

Kondensatory

C1, C2: 47μF/16V
C3: 100nF
C4: 30pF
C5: trymer 5-40pF

Półprzewodniki

D1, D2: 1N4007
T1: BC547B
US1: PIC16F628 zaprogramowany
US2: LM2931
US3, US4: DS1820

Różne

CON1: ARK2(3,5mm)
CON2: goldpin 1x2 męski
CON3, CON4: goldpin 1x3 męski
S1...S4: mikrowłczacnik h=10mm
X1: rezonator kwarcowy 32,768kHz
Wyświetlacz 2x20 (np. GDM2002D)
Podstawka DIP18

rejestr PR2, rejestr ten określa maksymalną pojemność licznika TMR2. Wartość wpisana do rejestru PR2 jest wartością, po przekroczeniu której nastąpi zerowanie licznika TMR2, dla modulacji PWM jest to czas trwania jednego cyklu (czas trwania 0 + czas trwania 1 na wyjściu RB3).

Konfigurację licznika TMR2 w trybie sprzętowego sterownika PWM przedstawiono na **rys. 3**. Generowanie przebiegu o zmiennym wypełnieniu sprowadza się do wpisania do rejestru PR2 czasu trwania jednego cyklu, a do rejestru CCPR1L czasu trwania stanu wysokiego na wyjściu RB3. Po wpisaniu tych wartości przebieg na wyjściu RB3 jest wytwarzany przez TMR2, bez konieczności kontrolowania przez jednostkę centralną mikrokontrolera, dzięki temu może on zająć się innymi zadaniami.

Krzysztof Pławiuk, AVT
krzysztof.plawiuk@ep.com.pl

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/pazdziernik03.htm> oraz na płycie CD-EP10/2003B w katalogu PCB.