

Wspólną cechą układów opisywanych w dziale "Miniprojekty" jest łatwość ich praktycznej realizacji. Na zmontowanie i uruchomienie układu w typowym przypadku wystarcza kwadrans. Mogą to być układy stosunkowo skomplikowane funkcjonalnie, niemniej proste w montażu i uruchomieniu, gdyż ich złożoność i inteligencja jest zwykle zawarta w układach scalonych. Wszystkie projekty opisywane w tej rubryce są praktycznie wykonane w laboratorium AVT. Większość z nich wchodzi do oferty kitów AVT jako wyodrębniona seria "Miniprojekty" o numeracji zaczynającej się na 1000.

Przenośny termometr cyfrowy



Na łamach EP kilkakrotnie przedstawialiśmy mniej lub bardziej skomplikowane układy do pomiaru temperatury. W niniejszym rozwiązaniu autor, gorliwy zwolennik budowania urządzeń od „początku do końca”, proponuje wykonanie termometru cyfrowego, zasilanego bateryjnie, o zakresie pomiarowym $-30..+120^{\circ}\text{C}$ i dokładności $0,1^{\circ}\text{C}$.

Niewielkie rozmiary urządzenia, dopasowanie płytki drukowanej do handlowej obudowy oraz zasilanie z typowej baterii 6F22 to niewątpliwe atuty tego rozwiązania. Układ dodatkowo posiada sygnalizację wyczerpania baterii zasilającej, a sonda pomiarowa wykonana jest ze zwykłej diody krzemowej.

Opis układu

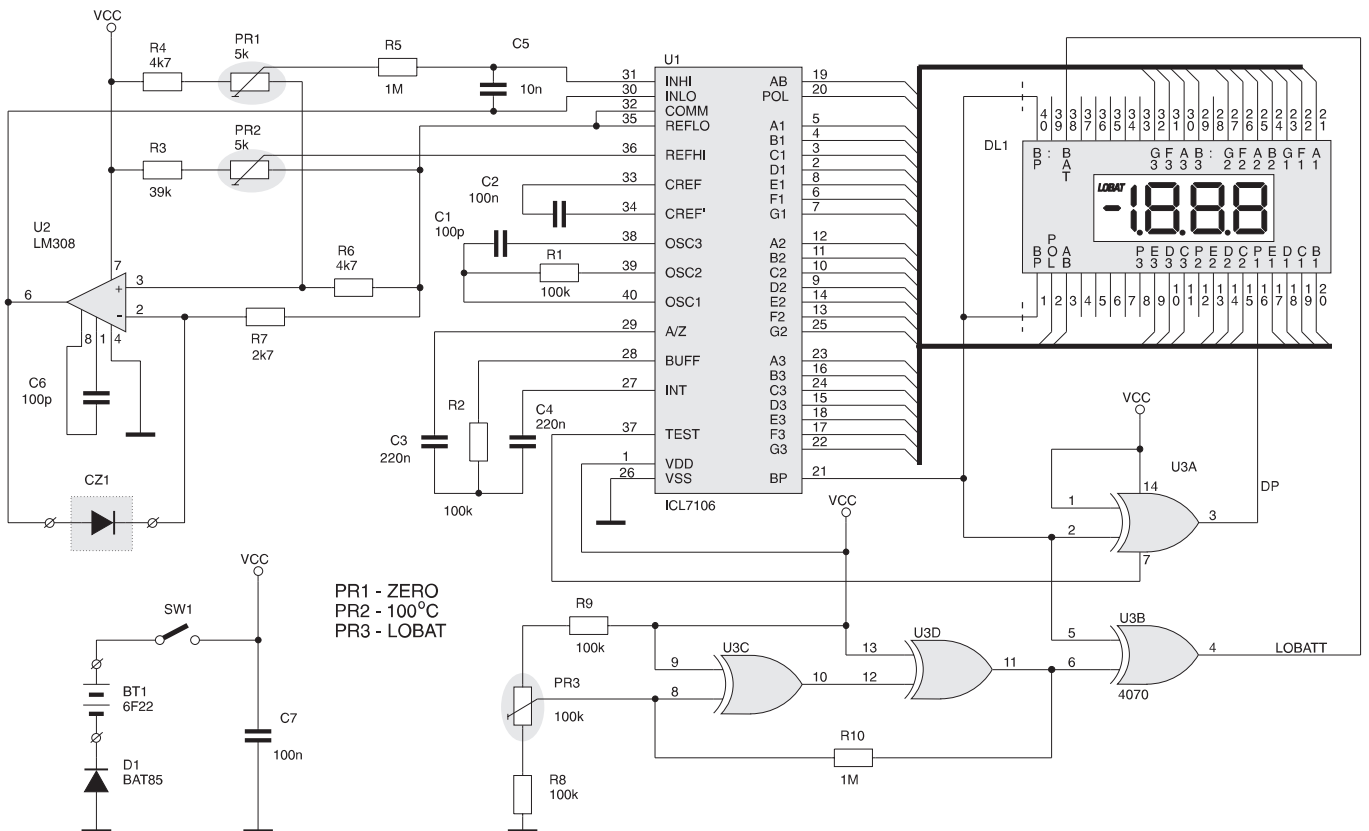
Schemat elektryczny układu miernika przedstawiono na rys.1. Jak wspomniano wcześniej, rolę czujnika pełni spolaryzowana przewodząca złącze p-n w postaci diody krzemowej. Wraz ze wzrostem temperatury napięcie na diodzie zmienia się liniowo. Współczynnik tej zmiany wynosi ok. $-2\text{mV}/^{\circ}\text{C}$. Na rys.2 jest pokazana

na typowa charakterystyka złącza p-n na której zaznaczono zakres pomiarowy naszego urządzenia odpowiadający liniowej części charakterystyki diody.

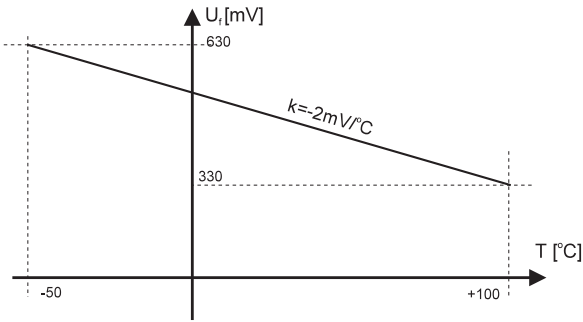
W prezentowanym urządzeniu jako czujnik CZ1 zastosowano popularną diodę 1N4148. Pomiar temperatury polega zatem na zmierzeniu

zmian napięcia na złączu i odpowiednie przeskalowanie wyniku w stopniach Celsjusza.

Do pomiaru i wyświetlenia wartości temperatury zaprzęgnięto popularny przetwornik analogowo-cyfrowy firmy Intersil ICL7106. Niski pobór prądu przez ten układ i bezpośrednie sterowanie 3 i 1/2 cyfrowym wyświetlaczem ciek-



Rys. 1.



Rys. 2.

łokrystalicznym pozwoliło na uzyskanie dobrych parametrów miernika. Dokładność wynosząca 0,1°C w zupełności wystarcza w większości zastosowań, nawet medycznych, kiedy zachodzi potrzeba szybkiego pomiaru temperatury ciała chorego.

Czujnik - diodę, należało spolaryzować tak, aby przepływał przez niego prąd o możliwie stabilnej i niezależnej od temperatury wartości. W naszym układzie rolę źródła prądowego pełni wzmacniacz operacyjny U2. Jako napięcie odniesienia źródła wykorzystano napięcie z dzielnika rezystorowego R6, R4, PR1. Dzielnik jest zasilany przez stabilne źródło napięcia odniesienia wbudowane w układ U1, którego napięcie wyjściowe jest dostępne pomiędzy wyprowadzeniami VDD i COMM przetwornika.

Kalibracja układu jest dwupunktowa. Potencjometr PR1 służy do wyzerowania wskaźnika w temperaturze 0°C, PR2 zaś do regulacji zakresu pomiarowego np. wartości

36,6°C po umieszczeniu czujnika pod pachą. Lepiej jest jednak skalować przyrząd dla większej wartości temperatury np. wrzącej wody (ok. 100°C).

Elementy C4 i R2 to elementy wewnętrzne integratora przetwornika ICL7106. Kondensator C4 powinien mieć jak najmniejszą stratność. Najlepiej zastosować kondensator ceramiczny, bowiem stabilność temperaturowa nie ma w tym przypadku znaczenia. Kondensator C3 jest elementem autozerowania przetwornika, natomiast C2 odpowiada za błąd asymetrii charakterystyki przetwarzania układu U1.

Ze względu na pomiary z dokładnością 0,1°C konieczne jest zapalenie kropki dziesiętnej po cyfrze jedności. Układ przetwornika U1 nie ma możliwości sterowania dodatkowymi, oprócz segmentów elementami wyświetlacza LCD. Aby temu zaradzić, do odwrócenia fazy sygnału BP (ang. „Back Plane” - sygnał sterujący podłożem wskaźnika LCD) wykorzystano bramkę XOR U3A, która steruje pun-

ktem dziesiątkowym DL1 powodując jego stałe świecenie.

Układ złożony z trzech pozostałych bramek U3B..D, wraz z elementami R8..R10 i PR3, jest układem kontroli stanu baterii. Napięcie równe połowie napięcia zasilania układów CMOS, jest wytwarzane i dodatkowo stabilizowane przed układ U1, a dostępne między wyprowadzeniami VDD i TEST - piny 1 i 37. Dioda D1 zabezpiecza układ przed omyłkowym odwróceniem zasilania, co mogłoby spowodować uszkodzenie termometru.

Montaż i uruchomienie

Układ zmontowano na jednostronnej płytce drukowanej o wymiarach 70x83 mm (widok płytki znajduje się na wkładce wewnątrz numeru). Rozmieszczenie elementów przedstawia rys.3. Montaż układu należy rozpocząć od wlotowania kilku zwór oznaczonych na płytce literą J. Następnie należy wlotować rezystory i podstawki pod układy U1..U3. Układ U1 umieszczony jest pod wyświetlaczem LCD. W celu prawidłowego umieszczenia tego ostatniego należy dodatkową podstawkę 40-nóżkową przeciąć i tak otrzymane „listwy” wlotować w miejsce oznaczone na płytce drukowanej. W przypadku nabycia wyświetlacza z „krótkimi” wyprowadzeniami może okazać się niezbędne użycie dodatkowej podstawki DIL-40 lub nawet dwóch, tak aby czoło wyświetlacza znajdowało się tuż pod powierzchnią okienka obudowy termometru.

Jako PR1 i PR2 należy użyć wieloobrotowe potencjometry montażowe dobrej jakości, np. typu Helitrim. Gwarantuje to dokładne skalibrowanie przyrządu podczas uruchamiania. Zwykłe potencjometry montażowe nie nadają się do tego celu. Odczytywany wynik może się zmienić np. po wstrząsach termometru. Uwaga ta nie dotyczy PR3, który służy do ustawienia progu napięcia sygnalizacji wyczerpania baterii.

W zależności od typu zastosowanego wyświetlacza LCD, należy przeciąć w miejscu oznaczonym na płytce doprowadzenie sygnału BP (Back Plane) bądź do nóżki 1 bądź do 40 DL1. W niektórych typach nie jest to konieczne, bowiem końcówki te są ze sobą połączone. Należy jednak o tym pamiętać kupując konkretny typ wyświetlacza, a ewentualne wątpliwości wy-

jaśnić u sprzedawcy lub w katalogu producenta.

Montaż płytki drukowanej kończy wlotowanie złączki baterii 9V oraz wyłącznika zasilania SW1. Dobrze jest dodatkowo wzmocnić miejsce styku kroplą kleju silikonowego („na gorąco”), co zwiększy wytrzymałość przewodów połączeniowych.

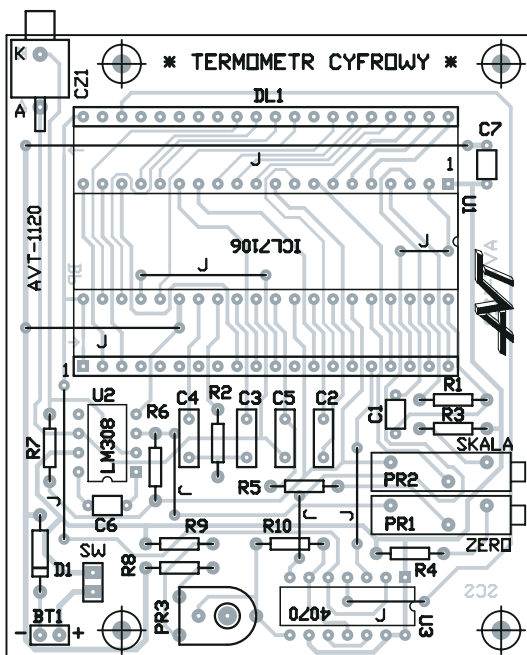
Po zmontowaniu płytki drukowanej należy wykonać sondę czujnika. Sposób jej wykonania przedstawia rys.4. Po odpowiednim dogięciu końcówek diody (czujnika) należy przylutować je do końcówek przewodu. Najlepiej jest użyć 50 cm odcinek miękkiego kabla ekranowanego (np. mikrofonowego) o średnicy 3..4 mm.

Rdzeń przewodu powinien być wykonany ze skrętki - sztywny kabel (np. antenowy) nie nadaje się do tego celu. Katodę diody należy połączyć z opłotem, a anodę z rdzeniem przewodu. Następnie po dodatkowym zainzolowaniu miejsc lutowania całość należy zalać syntetycznym klejem, najlepiej typu Distal, starając się aby klej utworzył kroplę wokół diody czujnika, jak pokazano na rys. 4. Niestety w tym miejscu niezbędna jest cierpliwość, bowiem od kilkanaście minut przez około 4 godziny należy obracać końcówkę tak wykonywanej sondy, aby klej nie spadł na jedną stronę. Łatwiejszym sposobem jest zalanie diody w typowej pustej łusce od naboju używanego do wstrzeliwania kołków, lub w każdej innej cienkiej, najlepiej metalowej rurce.

Po ok. 24 godzinach, kiedy klej wyschnie można z drugiej strony zakończyć sondę np. wtykiem typu mini-jack, co umożliwi przy zastosowaniu w termometrze odpowiedniego pasującego gniazda, odłączenie czujnika od urządzenia.

Zastosowana w kicie obudowa pozwala na bezproblemowe umieszczenie w jej wnętrzu płytki z elementami, a dodatkowe miejsce i klapka pozwala na wymianę baterii bez konieczności użycia śrubokręta. W przypadku użycia gniazda do dołączenia czujnika należy wykonać w ścianie odpowiedni otwór tuż obok symbolu CZ1 na płytce drukowanej. Rodzaj, sposób i miejsce umieszczenia wyłącznika SW1 pozostawiam Czytelnikom.

Ze względu na krótki czas trwania pomiaru temperatury (mała bezwładność modelowe-



Rys. 3.

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1, R2, R8, R9: 100kΩ

R3: 39kΩ

R4, R6: 4,7kΩ

R5, R10: 1MΩ

R7: 2,7kΩ

PR1, PR2: 5kΩ potencjometr wieloobrotowy "Helitrim"

PR3: 100kΩ potencjometr montażowy

Kondensatory

C1, C6: 100pF

C2, C7: 100nF

C3: 220nF

C4: 220nF ceramiczny

C5: 10nF

Półprzewodniki

U1: ICL7106

U2: LM308

U3: 4070 (4030)

DL1: LCD 3,1/2 cyfry

D1: BAT85, 43 lub podobna Schottky'ego

CZ1: 1N4148

Różne

podstawki DIL-40: 2 szt.

DIL-8 i DIL-14: po 1 szt.

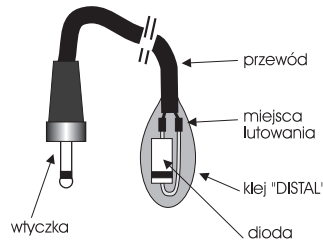
SW1: wtycznik 2-pozycyjny (patrz tekst)

BT1: 6F22 9V (*)

obudowa KM33C

UWAGA! elementy oznaczone (*) nie wchodzi w skład kitu AVT-1120

go czujnika CZ1), w układzie modelowym jako SW1 zastosowano wtycznik monostabilny, co jednocześnie chroni baterię przed przypadkowym rozładowaniem. W praktyce w zupełności to wystarcza do kontroli temperatury pod pachą lub w mieszkaniu.



Rys. 4.

Po zmontowaniu całego urządzenia należy dołączyć baterię zasilającą, a następnie przystąpić do kalibracji termometru. W tym celu najlepiej posłużyć się dodatkowym np. wypożyczonym ze szkolnej pracowni rtęciowym termometrem laboratoryjnym (z podziałką 0,1°C i zakresem ok. -5..110°C) lub dokładnym termometrem cyfrowym. Kalibracja polega na umieszczeniu sondy czujnika wraz z termometrem wzorcowym w topniejącym lodzie (lub lepiej śniegu) oraz ustawieniu za pomocą PR1 zgodnych wskazań na wyświetlaczu DL1. Podobnie należy postąpić przy kalibracji zakresu przy pomocy PR2 umieszczając tym razem czujnik we wrzącej wodzie. Czynność kalibracji należy powtórzyć przynajmniej 2 razy, aby wskazania w obu przypadkach były prawidłowe.

W tym miejscu uwaga dla tych, którzy będą próbowali kalibrować przyrząd bez termometru wzorcowego. Jak wiadomo temperatura np. wrzenia wody zależna jest od ciśnienia atmosferycznego, toteż ustawienie

wskazań 100°C bez kontroli rzeczywistej temperatury wrzenia w danych warunkach mija się z celem, bowiem nasz termometr ma mierzyć z dokładnością do 0,1°C. Termometr należy zasilić napięciem 7,5V, a następnie regulując potencjometrem PR3 doprowadzić do pojawienia się wskaźnika "LOBAT". Przy wzroście napięcia powyżej 7,6V wskaźnik powinien zgasnąć. Jakość kalibracji można do-

datkowo sprawdzić mierząc pod pachą temperaturę swego ciała (u zdrowego człowieka termometr po kilku chwilach powinien wskazać 36,6°C).

ZW

Układ termometru opracowano na podstawie materiałów firmy Intersil.

Kompletny układ i płytki drukowane są dostępne w ofercie AVT pod oznaczeniem AVT-1120.