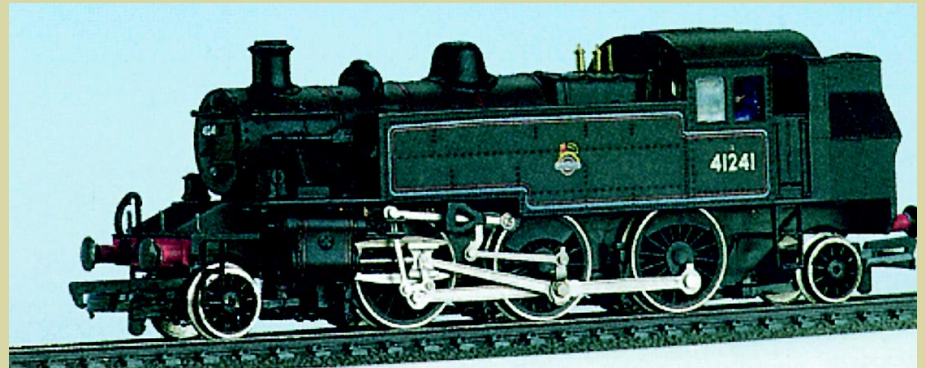


Aplikacje układów LM3914/5/6

część 4

W drugim numerze *Elektroniki dla Wszystkich* przedstawiliśmy płytkę drukowaną PW-02, na której można zmontować jeden z wielu interesujących układów. Wspólną cechą wszystkich urządzeń montowanych na tej płytce jest obecność kostki sterującej z rodziny LM3914, 3915 lub 3916 oraz linijki świetlnej zbudowanej z dziesięciu diod LED.

Układy budowane na płytkach wielofunkcyjnych mają walor poznawczy, pokazują bowiem rozmaite sposoby wykorzystania tego samego układu scalonego, a oprócz tego niewątpliwie są przydatne w praktyce. Dotychczas opisaliśmy monitor stanu akumulatora samochodowego i wskaźnikysterowania audio oraz miernik natężenia dźwięku. Dziś prezentujemy termometr elektroniczny.



Termometr elektroniczny

- możliwość dobrania zakresu mierzonych temperatur od -20°C do $+125^{\circ}\text{C}$
- dziesięciopunktowy wyświetlacz LED
- prosta kalibracja

Ponieważ płytka PW-02 przeznaczona jest do zmontowania wielu różnych układów, więc przewidziano na niej miejsce dla licznych elementów, z których tylko niektóre są montowane w danym przypadku. Fotografie, rysunki i schematy w artykule przedstawiają tylko te podzespoły, które mają być zamontowane. Z tego powodu numeracja użytych elementów nie jest ciągła, ale za to

montaż jest wręcz dziecinnie prosty.

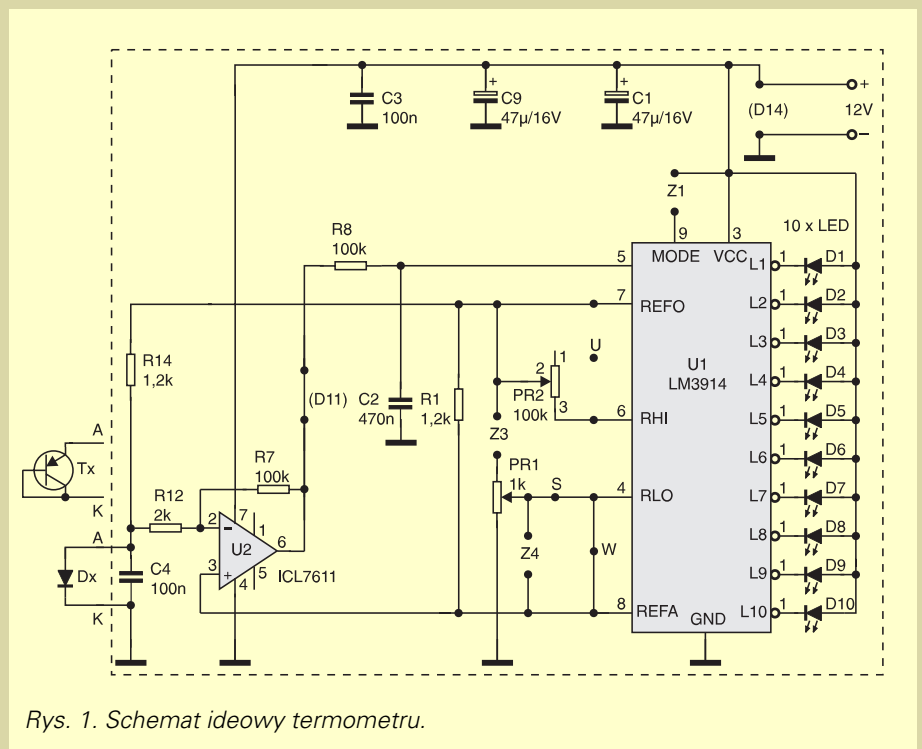
Przed zapoznaniem się z treścią artykułu warto powrócić do materiału w *EdW* 2/96, gdzie podano opis płytki i zwięźle omówienie podstawowych właściwości kostek LM3914...3916. Podane tam wiadomości mogą się okazać niezbędne do zrozumienia działania przedstawionego dziś układu.

Termometr elektroniczny

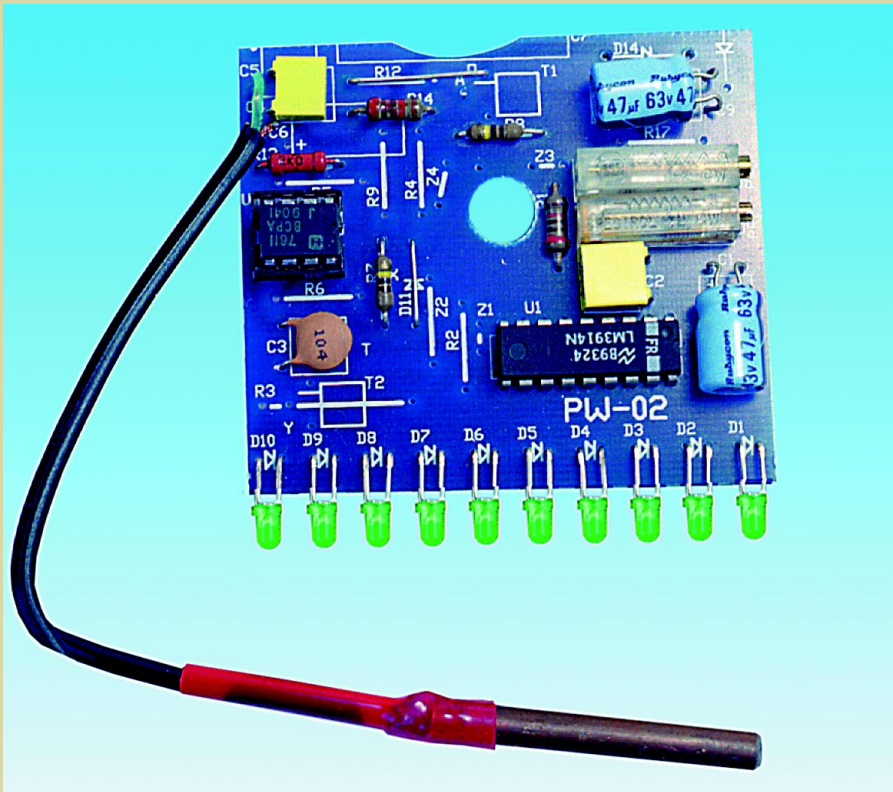
W wielu termometrach wykorzystuje się zależność napięcia przewodzenia diody krzemowej od temperatury. Przy stałym prądzie diody, napięcie przewodzenia zmniejsza się ze wzrostem temperatury prawie liniowo, ze współczynnikiem około $2...2,2\text{mV}$ na stopień Celsjusza. W praktycznych układach zamiast diod, w roli czujników pomiarowych używa się odpowiednio połączonych tranzystorów - wtedy liniowość wskazań jest lepsza. Czujniki takie pracują przy prądzie przewodzenia rzędu $0,1...1\text{mA}$.

Elementy krzemowe - tranzystor lub dioda - mogą śmiało pracować w zakresie temperatur $-20...+125^{\circ}\text{C}$.

Zaletą takich czujników półprzewodnikowych jest znikomy koszt, stosunkowo duża czułość i zadowalająca liniowość przetwarzania temperatury na napięcie. Istotną wadą jest natomiast fakt, że poszczególne egzemplarze diod czy tranzystorów mają znaczny rozrzut napięcia przewodzenia, co oznacza konieczność indywidualnego skalowania każdego czujnika, a także konieczność ponownej



Rys. 1. Schemat ideowy termometru.



także będzie równe temu napięciu. Z zasady działania kostki U1 wiadomo, że jeśli napięcie na wejściu (n. 5) jest równe napięciu na dolnym końcu dzielnika napięcia, czyli na nóżce 4, wtedy zaczyna świecić się dioda D1. Tymczasem napięcie na nóżkach 4 i 8 kostki U1 jest wyznaczone wartością potencjometru PR1. Można więc powiedzieć, że potencjometrem PR1 ustala się dolną granicę mierzonych temperatur.

Przy wzroście temperatury napięcie przewodzenia diody pomiarowej Dx zmniejsza się. Ponieważ kostka U2 pracuje jako wzmacniacz odwracający, napięcie na jego wyjściu będzie w takiej sytuacji rosnąć. Spowoduje to zaświecanie kolejnych diod D2...D10.

Górna granica zakresu mierzonych temperatur jest zależna zarówno od wzmocnienia wzmacniacza (większe wzmocnienie - mniejszy zakres pomiaru), jak i ustawienia potencjometru PR2. W sumie wzmocnienie wzmacniacza zgrubnie wyznacza potrzebny zakres pomiaru, a dokładną kalibrację zapewnia potencjometr PR2. Dzięki temu w obwodzie sprzężenia zwrotnego wzmacniacza nie trzeba precyzyjnie dobrać rezystorów - można zastosować typowe nominały z szeregu produkcyjnego.

W praktyce, żeby uzyskać potrzebny w danym zastosowaniu zakres mierzonych temperatur, konieczna może się okazać zmiana wartości rezystora R7.

Ponieważ wzmacniacz operacyjny musi pracować przy napięciach zbliżonych do ujemnego napięcia zasilającego, nie można tu zastosować popularnej kostki 741. Stopnie wejściowe tego wzmacniacza zbudowane są z tranzystorów NPN i do ich poprawnej pracy napięcie na obu wejściach musi być przynajmniej o dwa wolty wyższe od ujemnego napięcia zasilającego. Spośród łatwo do-

kalibracji po zmianie czujnika. Mimo tej wady proste czujniki diodowe są często stosowane w praktyce - przecież i tak każdy termometr musi być skalowany.

Układ pokazany na rysunku 1 jest termometrem elektronicznym z wyświetlaczem składającym się z liniiki 10 diod LED. W przedstawionej wersji dzięki zastosowaniu wzmacniacza operacyjnego zakres mierzonych temperatur można dobrać stosownie do potrzeb. Na przykład układ może wskazywać temperaturę płynu w chłodnicy samochodu, temperaturę wody w instalacji centralnego ogrzewania, temperaturę wody w akwarium, czy wreszcie pracować jako ostrzegacz przed gołoledzią lub przymrozkami.

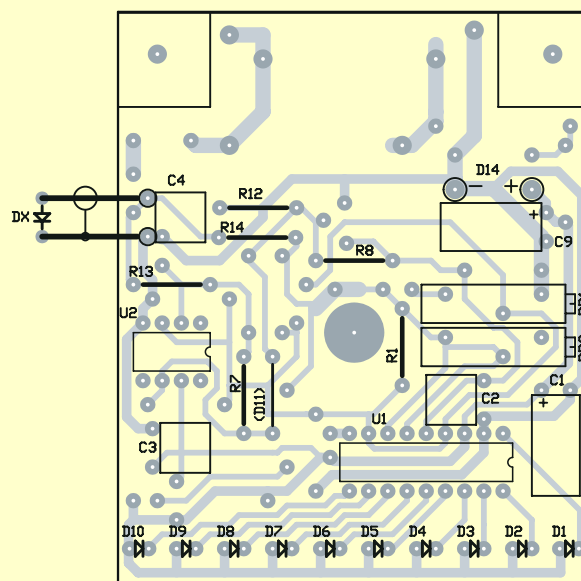
Nadaje się też, choć nie zapewnia zadowalającej rozdzielczości, jako termometr domowy.

Opis układu

Czujnik temperatury, czyli dołączona równolegle do kondensatora dioda Dx (lub tranzystor Tx), pracuje przy prądzie wyznaczonym przez rezystancję R14. Prąd ten wynosi około 1mA. Kondensator C4 tłumi ewentualne zakłócenia powstające w przewodach połączeniowych czujnika. Napięcie na diodzie, zmieniające się pod wpływem zmian temperatury, jest podawane na wzmacniacz z układem U2. Wzmocnienie wzmacniacza jest wyznaczone stosunkiem rezystancji R7 do R13. Wzmocnione napięcie podawane jest na wejście wskaźnika, czyli nóżkę 5 kostki U1. W roli wskaźnika zastosowano "liniową" kostkę LM3914, pracującą w trybie

punktowym (nóżka 9 niepodłączona). Szczegółowe dane o kostce i możliwych trybach pracy zawarte są w EdW 2/96 na stronie 11.

Zakres wskazań, czyli wskazywaną temperaturę maksymalną i minimalną określają napięcia na końcach wewnętrznego napięcia odniesienia, czyli na nóżkach 6 i 4. W kostce wskaźnika - U1 - nóżka 4 jest połączona z nóżką 8, a także z wejściem nieodwracającym wzmacniacza (n. 3 U2). Jest to ważny obwód - napięcie na tych nóżkach wyznacza dolną granicę mierzonych temperatur. Jeśli na diodzie pomiarowej Dx, napięcie będzie równe napięciu na nóżce 3 kostki U2, to napięcie na wyjściu wzmacniacza U2



Rys. 2.

Płytki wielofunkcyjne

stępnym pojedynczym wzmacniaczy operacyjnych, wybrano kostkę ICL7611, wykonaną w technologii CMOS, która radzi sobie przy napięciach wejściowych wyższych od ujemnego napięcia zasilającego mniej niż o 1V.

Montaż i kalibracja

Układ termometru można zmontować na płytce PW-02 w sposób pokazany na rys. 2. Przed przystąpieniem do montażu trzeba przeciąć jedną ścieżkę w punkcie oznaczonym literą U. Na płytce należy zamontować tylko pokazane elementy. W miejscu diody D11 trzeba wlotować zworę. Przewód pomiarowy (najlepiej ekranowany) należy przylutować od dołu płytki do nóżek kondensatora C4. Przewody zasilające należy wlotować w otwory przewidziane dla diody D14.

Układ można umieścić w plastikowej obudowie od cartridge'u.

Zamiast diody pomiarowej Dx, można zastosować dowolny tranzystor. Szczególnie godna uwagi jest możliwość zastosowania tranzystora PNP dużej mocy. Taki tranzystor ma kolektor połączony z obudową, więc można go przykręcić bezpośrednio do metalowych części połączonych z masą. Zapewniony będzie wtedy znakomity kontakt termiczny czujnika z mierzonym obiektem. Ma to spore znaczenie, na przykład przy instalacji w samochodzie. Właśnie dlatego (choć wymagało to zastosowania mniej spotykanej i trochę droższej kostki ICL7611) zastosowano połączenie jednej końcówki czujnika z masą. Przy zastosowaniu takiego tranzystora połączonego bezpośrednio z masą, należy zastosować grubszy przewód masy (wystarczy ekran kabla), nie należy za to stosować drugiego przewodu łączącego układ z masą, a jedynie doprowadzić plus zasilania.

Kalibrację gotowego układu należy przeprowadzić przy dwóch temperaturach. Najpierw, gdy czujnik ma temperaturę równą minimalnej temperaturze zakresu, należy ustawić potencjometr PR1 na progu zapalania diody D1. Potem po umieszczeniu czujnika w temperaturze równej górnej temperaturze zakresu, należy ustawić potencjometr PR2 aby świeciły jednocześnie dwie diody: D9 i D10. Gdyby nie udało się tego ustawić za pomocą potencjometru PR2, należy zwiększyć lub zmniejszyć wartość R7 (10k...1M Ω). Procedurę kalibracji wystarczy przeprowadzić raz.

Jeśli przykładowo układ miałby służyć jako ostrzegacz przed gołoledzią (czyli pracować w zakresie temperatur 0...+10°C) należy najpierw umieścić czujnik w temperaturze 0°C, czyli w mieszaninie lodu z wodą i potencjometr PR1 ustawić tak, aby zaczynała się świecić dioda D1. Potem trzeba dolać trochę

cieplej wody, poczekać aż lód się rozpuści i dotąd dolewać ciepłej wody, aż temperatura płynu osiągnie +10°C. W takiej temperaturze należy wyregulować PR2.

Przy wykorzystaniu układu w roli monitora temperatury silnika samochodowego należy przyjąć dolną granicę wskaźnika około +40°C i w tej temperaturze ustawić PR1 na granicy świecenia diody D1. Następnie po umieszczeniu czujnika we wrzącej wodzie należy potencjometrem PR2 ustawić wskazanie, aby świeciły jednocześnie diody D7 i D8 (a nie D9 i D10). Trzeba bowiem pamiętać, że w silniku, znajdujący się pod ciśnieniem płyn chłodzący (nawet zwykła woda), będzie wrzał w temperaturze znacznie wyższej niż +100°C.

Możliwości zmian

W układzie zamiast diody pomiarowej Dx, można zastosować scalony czujnik temperatury LM335 (ale nie LM35), którego napięcie jest proporcjonalne do temperatury absolutnej wyrażonej w kelwinach. Bliższe dane czujnika LM335 podane są w ramce. Przykładowo, ponieważ +27°C to 300 kelwinów, w tej temperaturze czujnik LM335 da napięcie równe 10mV x 300K = 3V.

Przy zastosowaniu czujnika LM335 trzeba będzie zwiększyć napięcie na końcówkach REFA i RLO kostki U1 przez zwiększenie rezystancji PR1 do 4,7k Ω . Wszystko wskazuje, że w takich warunkach będzie już można zastosować standardowy wzmacniacz 741.

Podobnie w roli czujnika można zastosować znany już z EdW 5/96 (str 11, 13) element KPY10 lub KPY84. Będzie to wymagało zwiększenia rezystancji R14 i prawdopodobnie R13.

Zastosowanie kostki LM335 lub czujnika KPY, mających w przeciwieństwie do diod, dodatni współczynnik temperatury, spowoduje odwrócenie skali -

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R7,R8: 100k Ω
R14,R1: 1,2k Ω
R13: 2k Ω
PR1: 1k Ω helitrim
PR2: 100k Ω helitrim

Kondensatory

C9, C1: 47 μ F/16V
C2: 470nF
C3: 100nF ceramiczny
C4: 100nF

Półprzewodniki

Dx: 1N4148 lub tranzystor BC558
D1...D10: LED 3mm czerwona lub zielona
U1: LM3914
U2: ICL7611

diody D1 będzie wskazywać najwyższą temperaturę zakresu, a D10, najniższą. Oczywiście wtedy potencjometr PR1 będzie służył do ustawienia górnego, a PR2 - dolnego zakresu mierzonych temperatur.

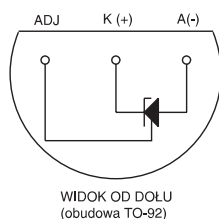
Takie rozwiązanie może być bardzo praktyczne, na przykład w ostrzegacz przed gołoledzią: przy temperaturach wyższych niż powiedzmy +10°C nie będzie świecić żadna dioda. W zakresie +10...0°C świecić się będą kolejno diody D1...D10. We wszystkich temperaturach poniżej 0°C świecić się będzie dioda D10. Można to wykorzystać do sygnalizacji dźwiękowej - wystarczy w szereg z diodą D10 lub po prostu zamiast niej włączyć brzęczyk piezo (z generatorem).

Zestaw elementów opisanego termometru wraz z płytką PW-02 jest sprzedawany jako kit AVT-410.

Piotr Górecki

LM335 - przetwornik temperatury bezwzględnej

Napięcie na czujniku: wprost proporcjonalne do temperatury bezwzględnej.
Napięcie w temperaturze 298K (+25°C): typ. 2,98V \pm 60mV
Współczynnik temperaturowy: +10mV/K (+10mV/°C)
Dokładność bez kalibracji: typ. \pm 4°C
Zalecany zakres prądów pracy: 0,4...5mA
Dynamiczna oporność wyjściowa: typ 0,6 Ω
Układ może być w prosty sposób precyzyjnie kalibrowany za pomocą dodatkowego potencjometru.



WIDOK OD DOŁU
(obudowa TO-92)

