

Do czego to służy?

Termometry elektroniczne należą do żelaznego repertuaru pism przeznaczonych dla elektroników i być może należy wątpić, aby możliwe było zaprojektowanie kolejnego, ciekawego i różnego od swoich poprzedników układu do pomiaru temperatury. Rzeczywiście, proponowany układ nie jest żadną nowością, nie zastosowałem w nim żadnych ciekawych i nowoczesnych rozwiązań. Wprost przeciwnie, układ zbudowany jest „klasycznymi” lub nawet nieco archaicznymi metodami, z wykorzystaniem aż ... 36 wzmacniaczy operacyjnych. Dlaczego więc mam zamiar przedstawić tak banalny układ Czytelnikom Elektroniki dla Wszystkich? Jest jeden, ale za to ważny powód: proponowane urządzenie wyróżnia się wyjątkowo „bajeranckim” wyglądem i niecodziennym kształtem. Z pozoru jest to zwykły termometr ze skalą wykonaną z diod LED, ale skala ta została zbudowana w formie niezamkniętego okręgu, podobnie jak wskaźniki obrotomierzy i prędkościomierzy samochodowych. Ponieważ znalezienie gotowej obudowy do termometru o takich rozmiarach graniczyłoby z cudem, postarałem się zaprojektować do niego płytę czołową o, jak mam nadzieję, w miarę eleganckim wyglądzie. Na płycie czołowej wykonane zostały otwory na 36 diod LED i duże, czytelne i widoczne z daleka napisy tworzące skalę termometru.

Zakres pomiarowy proponowanego układu wynosi 35 stopni Celsjusza: od +5 do +40 stopni. Zakres ten, w połączeniu z atrakcyjnym wyglądem termometru, wyraźnie określa obszar jego stosowania. Jest to typowy termometr przeznaczony do pomiaru temperatury na zamkniętej przestrzeni, w pomieszczeniach mieszkalnych lub miejscach pracy. W naszym kraju, jak na razie upały przekraczające 40 stopni się nie zdarzają, a z kolei rzadko się zdarza, aby temperatura w pomieszczeniu mieszkalnym spadła poniżej 5 stopni. Nawet gdyby się tak

zdarzyło, to i tak nie ma sensu wchodzić do takiego pomieszczenia!

Pomimo sporej liczby części potrzebnych do budowy termometru, jego wykonania nie powinno przysporzyć trudności nawet niezbyt zaawansowanym elektronikom. Także i koszt budowy układu nie powinien okazać się zbyt wysoki, ponieważ zastosowane w nim wzmacniacze operacyjne należą do najtańszych i powszechnie dostępnych.

Jak to działa?

Schemat elektryczny proponowanego układu został pokazany na **rysunku 1**. Wszystkie wejścia nieodwracające 36 wzmacniaczy operacyjnych zostały połączone ze sobą, i do nich zostaje doprowadzone mierzone napięcie, pobierane z wyjścia czujnika temperatury LM35 - IC11.

Aby zrozumieć zasadę działania naszego termometru, musimy przypomnieć sobie podstawowe dane scalonego czujnika temperatury typu LM35. Układ ten jest precyzyjnym analogowym czujnikiem temperatury, mogącym pracować w zakresie temperatur od -50 do +125 stopni, z dużą liniowością. Napięcie na jego wyjściu jest wprost proporcjonalne do temperatury otoczenia i zmienia się o 10mV na stopień Celsjusza. Tak więc, przy temperaturze +20 stopni będzie ono wynosiło 200mV, przy +40 stopniach 400mV.

Wejścia odwracające dołączone są do kolejnych segmentów dzielnika napięciowego, utworzonego z 36 rezystorów, o identycznej z wyjątkiem rezystora R72 wartości. Łatwo teraz zauważyć, że w miarę wzrostu napięcia pochodzącego z czujnika temperatury kolejne komparatory zbudowane na wzmacniaczach operacyjnych będą zmieniały swój stan na „wysoki”, co spowoduje włączenie kolejnych diod LED. A zatem, nasz wskaźnik termometru będzie posiadał 36 progów przełączania i jego charakterystyka będzie liniowa. W miarę wzrostu temperatury, będą zapalać się kolejne diody LED, tworząc świecąca li-

nijkę, a właściwie część okręgu o długości proporcjonalnej do temperatury.

Rezystory R1 ... R36, których wartości nie zostały pokazane na schemacie, służą ograniczaniu prądu płynącego przez diody LED. Ich wartość jest uzależniona od jakości diod. Doświadczalnie stwierdziłem, że jeżeli zastosujemy zwykle diody firmy „No Name”, to wartość rezystorów powinna wynosić około 560Ω. Stosując diody markowe, np. produkcji firmy KINGBRIGHT, możemy zwiększyć tę wartość do ok. 1kΩ

Termometr powinien być zasilany napięciem stałym o wartości około 12VDC, niekoniecznie dokładnie stabilizowanym. Wydajność prądowa zasilacza nie powinna być mniejsza niż 500mA.

Montaż i uruchomienie

Na **rysunku 2** zostało pokazane rozmieszczenie elementów na powierzchni płytki obwodu drukowanego, wykonanego na laminacie dwustronnym z metalizacją. Druga płytka (przedstawimy ją na wkładce) jest efektywną płytą czołową termometru, na której naniesiona została skala i napisy informacyjne.

Montaż rozpoczynamy od wlutowania w płytkę rezystorów, która to czynność powinna zabrać nam trochę czasu i możemy traktować ją jako terapię zajęciową uwalniającą nas od stresów i napięć psychicznych, znacznie ciekawszą niż tradycyjne wypłacanie wiklinowych koszyków. Ponad 70 rezystorów, czyli ponad 140 punktów lutowniczych! Ci Czytelnicy, którzy przebrną przez tę drogą przez mękę, powinni teraz wlutować w płytkę wszystkie podstawki i przygotować się do kolejnej „terapii zajęciowej”, którą będzie wlutowanie 36 diod LED.

Montaż rozpoczniemy typowo, od wlutowania w płytkę wszystkich rezystorów, a następnie podstawek pod układy scalone. **I teraz uwaga: diody LED lutujemy od strony ścieżek (umownej w przypadku płytki**

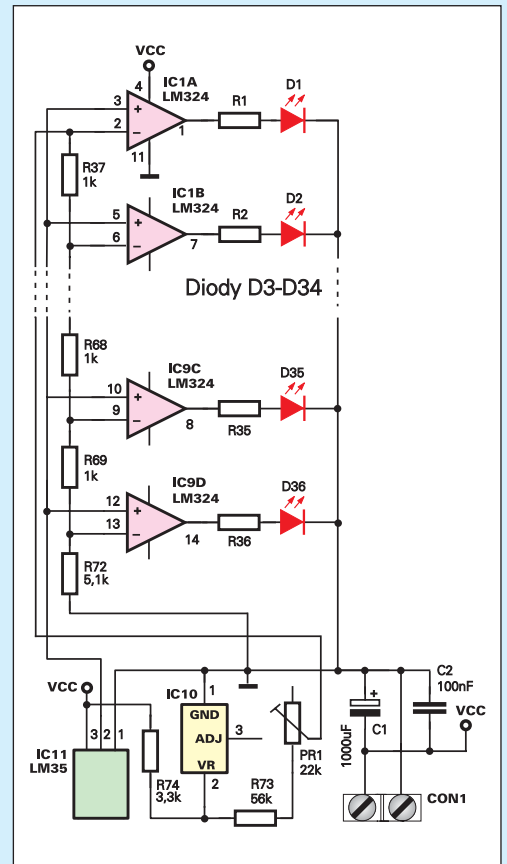
dwustronnej), czyli od strony lutowania większości elementów. Diody mogą zostać wlutowane jak najbliżej powierzchni płytki, powiedzmy w odległości ok. 5 mm od niej. Najlepiej będzie wlutować najpierw tylko trzy diody, rozmieszczone mniej więcej co 120 stopni na obwodzie kręgu diod. Diody te muszą zostać zamontowane bardzo starannie, w idealnie równej odległości od powierzchni płytki i ustawione dokładnie prostopadle do niej. Następnie wkładamy końcówki pozostałych diod w przeznaczone dla nich otwory w punktach lutowniczych i układamy całość „twarzą w dół” na gładkiej powierzchni. Teraz lutujemy **po jednej nóżce każdej diody**. Ostatnią czynnością będzie wyrównanie wszystkich diod i przylutowanie pozostałych nóżek. Podczas montowania diod LED należy zwrócić uwagę na ich właściwą polaryzację, ponieważ wylutowywanie elementów z płytki dwustronnej jest nieco kłopotliwe. Pamiętajmy, że **krótsze nóżki diod muszą zostać umieszczone w kwadratowych punktach lutowniczych!**

Otwarty pozostał problem zamocowania płyty czołowej termometru. Aby nie psuć estetyki gotowego termometru, nie zaprojektowałem na niej żadnych otworów i zastosowanie śrubek do połączenia płytek raczej niemożliwe. Polecałbym metodę najprostszą: połączenie płyty czołowej z płytką termometru za pomocą kleju termoplastycznego. Takie połączenie nie musi być wcale mocne, ponieważ wzajemne położenie płytek względem siebie jest stabilizowane za pomocą 36 diod LED.

Po wykonaniu prac montażowych ostatnią czynnością będzie regulacja termometru. Nie jest to czynność specjalnie trudna, ale wymagać będzie skorzystania z woltomierza dobrej klasy lub innego termometru o dobrej precyzji.

Przyjęliśmy zakres pomiarowy naszego woltomierza wynoszący 36 stopni Celsjusza, a więc napięcie na wyjściu 2 układu LM35 będzie zmieniać się w zakresie 50mV do 400mV w stosunku do masy całego układu. A zatem, napięcie na wejściu odwracającym „najwyższego” komparatora powinno wynosić dokładnie 400mV. Taką właśnie wartość powinniśmy teraz ustawić za pomocą potencjometru montażowego PR1 na wyjściu 2 wzmacniacza IC1A.

I to już wszystko, nasz termometr możemy uznać za gotowy do dokonywania pomiarów i zamocować go w odpowiednim, dobrze eksponowanym miejscu. Jeszcze tylko drobna uwaga dotycząca sposobu zamontowania czujnika temperatury LM35. Umieszczenie go na płytce układu termometru jest absolutnie niedopuszczalne! Elementy na tej płytce bardzo silnie się nagrzewają i wynik pomiaru temperatury zostałby zniekształcony. Najlepiej zamocować czujnik na dość długim przewodzie i umieścić z dala od termometru. Oczywiście, czujnik temperatury musi zostać obudowany w sposób zabezpieczający go przed wpływami atmosferycznymi. Najlepiej umieścić go wewnątrz metalowej rurki i zalać jakimś klejem chemoutwardzalnym, np. DISTALEm lub POXIPOLEm.



Rys. 1 Schemat ideowy

Zbigniew Raabe

Rys. 2 Płytką drukowaną

Wykaz elementów

Rezystory

PR1	potencjometr montażowy helitrim 22kΩ
R1 ... R36	560Ω ... 1kΩ (dobrać w zależności od jakości diod LED)
R37 ... R71	1kΩ
R72	5,1kΩ
R73	68kΩ
R74	3,3kΩ

Kondensatory

C1	1000μF/10V
C2	100nF

Półprzewodniki

D1 ... D36	dioda LED φ 3mm
IC1 ... IC9	LM324
IC10	LM385 1,2V
IC11	LM35

Pozostałe

CON1	ARK2 3,5mm
------	------------

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2492

