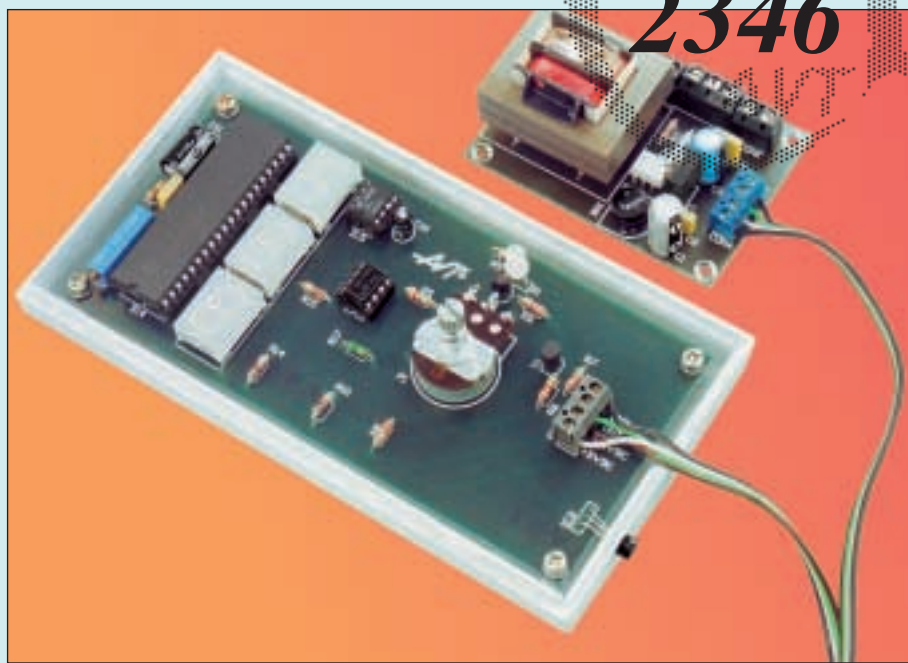


# Regulator temperatury do piecyka elektrycznego - termometr

kit  
2346



## Do czego to służy?

Proponowany układ został zaprojektowany dosłownie „z potrzeby chwili”, został natychmiast wykonany, uruchomiony i przekazany do eksploatacji.

Mróz to wspaniała sprawa! Temperatura -40 stopni, ślina zamarza w powietrzu, a my, prawdziwi machos z powieści Londona pędzimy przez śnieżną pustynię na saniach zaprzężonych w wierne Husky. Wspaniałe ... kiedy się o tym czyta leżąc w ciepłym łóżku! Mnie osobiście zimno paraliżuje i po kilku latach spędzonych w tropikalnych Indiach uznałem temperaturę ok. 30°C za najbardziej odpowiednią dla prawidłowego funkcjonowania mojego organizmu. Niestety, na początku grudnia ubiegłego roku, w moim słabo ogrzewanym mieszkaniu ten warunek był trudny do spełnienia. Temperatura spadła do ok. 16 stopni, a ja trząsałem się z zimna. Nie mogąc dłużej znieść tych tortur nabyłem dwa piecyki elektryczne i nie licząc się z kosztami zainstalowałem w obydwu pokojach mojego skromnego mieszkania. Niestety, pojawił się natychmiast nowy problem. Piecyki miały dość dużą moc i pracując bez przerwy ogrzewały mieszkanie do zbyt wysokiej temperatury, co powodowało konieczność ich ciągłego włączania i wyłączania. Postanowiłem więc natychmiast zautomatyzować tę czynność, budując termostat, oczywiście elektroniczny. Postawiłem sobie następujące założenia konstrukcyjne:

1. Układ musi umożliwiać regulację i stabilizację temperatury w zakresie od ok. 16°C (nie wszyscy przecież kochają tropiki) do ok. 30°C.

2. Urządzenie nie może wprowadzać jakichkolwiek zakłóceń do sieci energetycznej, pomimo że przełączane będą znaczne moce, rzędu kilku kilowatów.

3. Stworzenie precyzyjnej skali do termostatu jest zadaniem bardzo trudnym: jeżeli zastosowalibyśmy potencjometr jednoobrotowy, to wykonanie do niego skali o zakresie np. 15°C będzie praktycznie niemożliwe i taki regulator musiałby

w założeniu być obciążony dużym błędem i niepowtarzalnością stabilizowanej temperatury. Zastosowanie potencjometrów wieloobrotowych z wbudowaną skalą poprawiłoby wprawdzie precyzję działania termostatu, ale znacznie komplikowałoby posługiwanie się nim. A więc układ który zbuduję będzie hybrydą: łącząc będzie w sobie układ precyzyjnego termometru z stabilizatorem temperatury o bardzo dobrych parametrach. W naszym układzie będziemy bezpośrednio odczytywać wartość stabilizowanej temperatury i ewentualnie ją korygować.

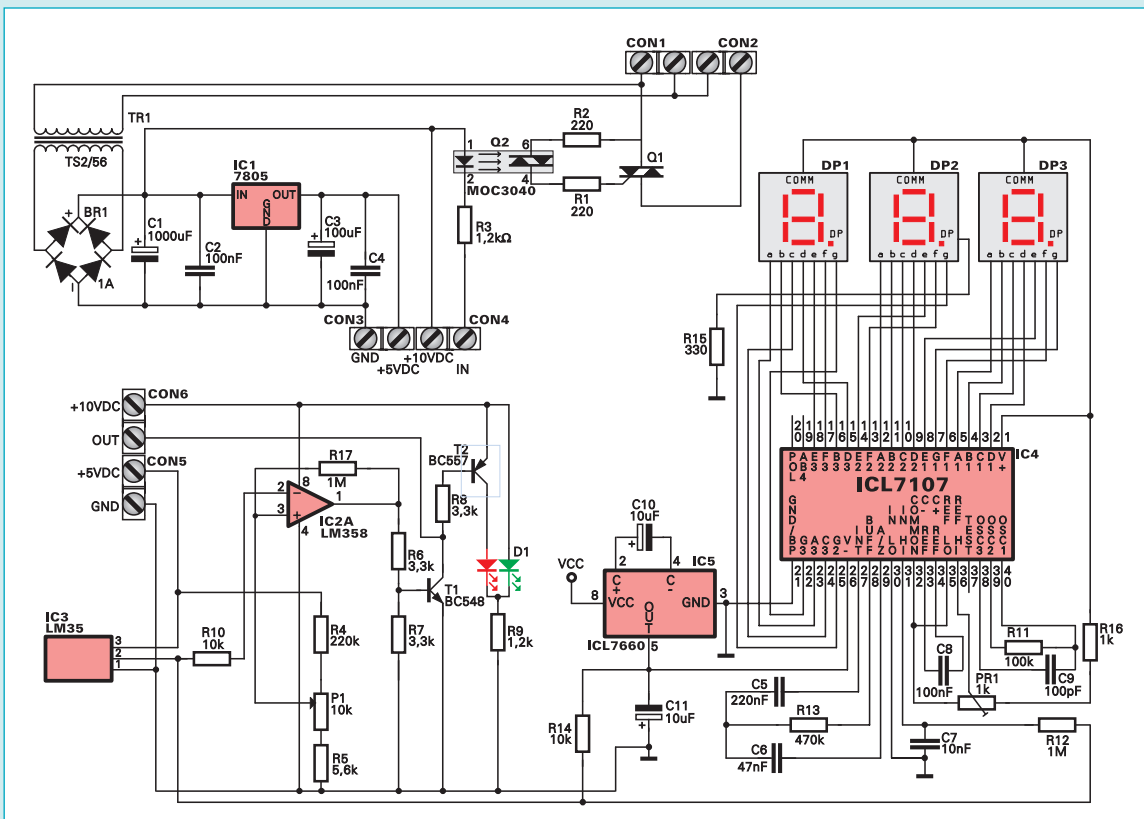
4. Duże znaczenie ma estetyczne wykonanie urządzenia, które z założenia będzie pracować w widocznym miejscu w pokojach mieszkalnych. Dlatego też prace nad zaprojektowaniem płytki obwodu drukowanego rozpocząłem od znalezienia odpowiedniej, w miarę możliwości, estetycznej obudowy.

Proponowany układ nazwalibyśmy „Regulatorem temperatury do piecyka elektrycznego”, bo takie jest jego podstawowe przeznaczenie. Nie oznacza to jednak bynajmniej, że naszego układu nie można zastosować do regulacji temperatury w np. akwarium czy w innych miejscach. Mówiąc ogólnie: proponowany układ może znaleźć zastosowanie wszędzie tam, gdzie do ogrzewania wykorzystuje się grzałki lub piecyki elektryczne i gdzie potrzebna jest ciągła kontrola temperatury.

## Jak to działa?

Schemat elektryczny proponowanego układu został pokazany na **rysunku 1**. Dla wygody i jasności opisu możemy schemat podzielić na trzy bloki funkcjonalne: układ zasilający i wykonawczy, układ termometru cyfrowego oraz stabilizator temperatury wraz z układem wyświetlającym informację o jego aktualnym stanie. Opis układu rozpoczniemy od pierwszego bloku.

Układ zasilania naszego termostatu został zbudowany w najprostszy sposób: z wykorzystaniem scalonego stabilizatora napięcia typu 7805, którego zadaniem jest dostarczanie prądu do układu termostatu. Układ termostatu może być zasilany napięciem wyższym i niestabilizowanym. Rolę przełącznika włączającego grzałki piecyka elektrycznego spełnia triak Q1 sterowany optotriakiem Q2. Zastosowanie optotriaka pozwoliło na wyeliminowanie dwóch problemów: odizolowanie pozostałej części układu od napięcia sieci energetycznej i eliminację zakłóceń radioelektrycznych, które mogłyby powstawać w momentach włączania i wyłączania piecyka. Pomiędzy diodą nadawczą LED i strukturą optotriaka znajduje się warstwa tworzywa sztucznego o odporności na przebicie napięciem wielu kilowoltów, co gwarantuje nam pełne bezpieczeństwo pracy nawet w wilgotnym pomieszczeniu. Optotriak może włą-



Rys. 1 Schemat ideowy

czyć triak jedynie tuż po przejściu napięcia sieci przez zero, przy napięciu rzędu kilku woltów, co całkowicie eliminuje ewentualne zakłócenia.

Zajmijmy się teraz układem czujnika temperatury i termometru. Dzięki zastosowaniu w układzie nowoczesnego, precyzyjnego scalonego czujnika temperatury typu LM35 układ termostatu i termometru zostały uproszczone do minimum. Minęły już czasy, kiedy do budowy termometrów i termostatów używano się w charakterze czujników termistorów lub diod krzemowych włączonych w kierunku przewodzenia. Pierwsze z nich miały nieliniowe charakterystyki, co bardzo komplikowało budowę układu i powodowało konieczność przeprowadzania długotrwałej regulacji. Spadek napięcia na diodzie krzemowej jest wprawdzie liniowy w funkcji temperatury, ale jej zastosowanie wymaga zastosowania dodatkowego wzmacniacza i kalibracji układu za pomocą dwóch, dokładnie znanych punktów odniesienia, najczęściej temperatury zamarzania i wrzenia wody. Zastosowanie czujnika - termometru LM35 eliminuje wszystkie problemy związane z kalibracją i regulacją przyrządów pomiarowych. Na wyjściu tego niezwykle układu przekazywana jest wartość temperatury jego otoczenia, przy czym  $1^{\circ}\text{C} = 10\text{mV}$ . Tak więc, jeżeli na wyjściu LM35 występuje napięcie  $200\text{mV}$  to oznacza to, że układ znajduje się w środowisku o temperatu-

rze  $20^{\circ}\text{C}$ . Napięcie  $1500\text{mV}$  oznacza maksymalną dodatnią temperaturę jaką układ jest w stanie zmierzyć, czyli  $150^{\circ}\text{C}$ . Jak z tego wynika, budowa termometru wykorzystującego LM35 jako czujnik temperatury jest zadaniem dziecinnie prostym: wystarczy do jego wyjścia dołączyć miliwoltomierz w zakresie  $1999\text{mV}$  i po sprawie!

Wyjście czujnika temperatury IC3 dołączone jest do dwóch wejść: wejścia miliwoltomierza i komparatora napięcia. Miliwoltomierz skonstruowany został z wykorzystaniem znanej chyba każdemu „aj-sielki” - ICL7107. Nie ma sensu omawiać jego konstrukcji, ponieważ aplikację tą, zawierającą tylko kilka elementów dyskretnych zna każdy elektronik. Wspomnijmy tylko, że z elementami takimi jak na schemacie ICL7107 pracuje jako woltomierz o zakresie  $0...1999\text{mV}$ , czyli dokładnie takim, jaki jest nam potrzebny. Jediną modyfikacją wprowadzoną do standardowej aplikacji ICL7107 jest rezygnacja z jednego, „najstarszego” 0,5 cyfry wyświetlacza. Ani pomiar, ani stabilizacja temperatur większych niż  $100^{\circ}\text{C}$  nie są nam do niczego potrzebne, ponieważ nagrzewanie pomieszczeń mieszkalnych do tak wysokich temperatur mogłoby okazać się nieco ryzykowne. A więc na wyświetlaczach możemy odczytać temperatury od  $2...3^{\circ}\text{C}$  do  $99,9^{\circ}\text{C}$ . Do poprawnej pracy ICL7107 niezbędne jest ujemne napięcie o wartości  $3,3...5\text{VDC}$  i do jego wytworzenia użyto scalonej przetwornicy napięcia ICL7660 - IC5, która do działania

potrzebuje zaledwie jednego elementu zewnętrznego: kondensatora o wartości  $10\mu\text{F}$  - C10.

Wyjście czujnika temperatury zostało za pośrednictwem rezystora R10 dołączone także do wejścia 2 komparatora napięcia zbudowanego na wzmacniaczu operacyjnym IC2A - LM358. Cechą charakterystyczną tego wzmacniacza operacyjnego jest to, że umożliwia on pracę z napięciami wejściowymi bliskimi zeru, przy pojedynczym napięciu zasilania.

Ta właśnie cecha

zadecydowała o zastosowaniu tego elementu: umożliwi on stabilizację temperatur nawet niewiele wyższych niż  $0^{\circ}\text{C}$ . Na drugie wejście komparatora napięcia podawane jest napięcie uzyskiwane z dzielnika napięcia zbudowanego z potencjometru P1 oraz rezystorów R4 i R5.

Jeżeli napięcie na wejściu 2 IC2A jest niższe od napięcia na wejściu 3, to na wyjściu wzmacniacza operacyjnego panuje stan niski (o ile można mówić o stanie niskim w kontekście wzmacniacza operacyjnego). Tranzystor T1 nie przewodzi i dioda LED zawarta w strukturze optotriaka nie jest włączona. Zmiana proporcji napięć na wejściach komparatora, świadcząca że zmierzona temperatura jest mniejsza od ustawionej spowoduje pojawienie się „stanu wysokiego” na wyjściu IC2A. Baza tranzystora T1 zostanie spolaryzowana za pośrednictwem rezystora R6 i dioda wewnątrz optotriaka włączy się. Spowoduje to włączenie triaka Q1 i tym samym zasilenie urządzenia ogrzewającego. Rezystor R17 wprowadza do układu niewielką histerezę, zabezpieczając go przed powstaniem oscylacji i wzbudzaniem się.

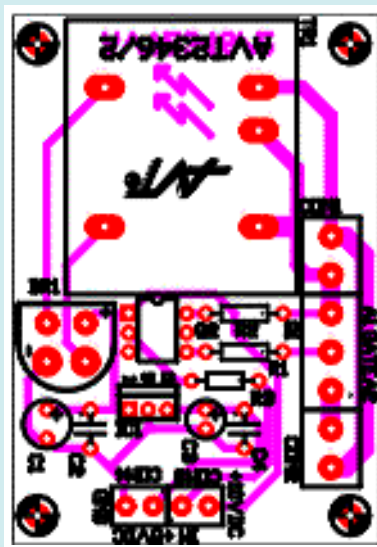
Omówienia wymaga jeszcze sposób włączenia diody LED D1, której zadaniem jest sygnalizowanie aktualnego stanu pracy termostatu. W czasie, kiedy grzałki nie są włączone tranzystor T2 nie przewodzi i poprzez rezystor R9 zasilana jest „zielona” część struktury diody D1. Przewodzenie tranzystora T1 spowoduje także włączenie tranzystora T2 i tym samym

zasilenie także czerwonej diody. Ponieważ napięcie odkładające się na czerwonej diodzie LED jest znacznie niższe niż na diodzie zielonej, zewrze ona jakby zieloną diodę i spowoduje jej wyłączenie.

## Montaż i uruchomienie.

Na rysunku 2 została pokazana mozaika ścieżek dwóch płytek obwodów drukowanych oraz rozmieszczenie na nich elementów. Pewne zdziwienie Czytelników może wywołać nieco dziwaczna obudowa zastosowana dla triaka Q1. Element ten, normalnie pokazany na schemacie, na płytce jawi się jako złącze ARK3! Jest to dość wygodne rozwiązanie, pozwalające na zastosowanie w układzie zupełnie dowolnego typu triaka, którego wyprowadzenia łączyliśmy za pomocą grubych przewodów z wspomnianym złączem. Zastosowanie takiego połączenia umożliwia także użycie radiatora dowolnej wielkości.

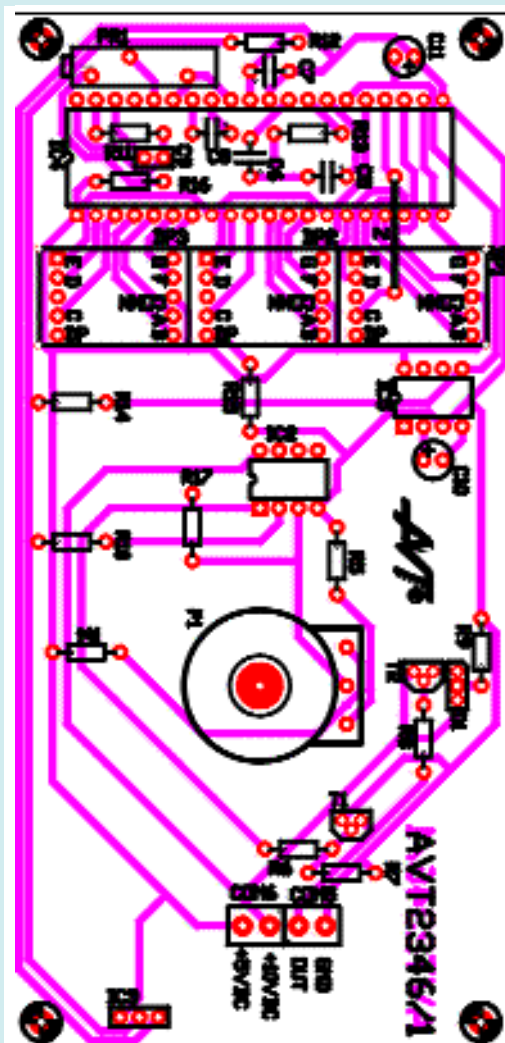
Montaż mniejszej płytki wykonujemy w typowy sposób, ale z wyjątkową uwagą i ostrożnością. Musimy pamiętać, że po uruchomieniu układu większa jej część znajdzie się pod niebezpiecznym dla życia napięciem sieci energetycznej 220V i jej montaż musi być wykonany z wyjątkową starannością. Po zmontowaniu płytki przykręcamy triak do radiatora, a dla zmniejszenia ryzyka przypadkowego dotknięcia elementu znajdującego się pod napięciem sieci stosujemy tulejkę i podkładkę izolacyjną. Całość umieszczamy w solidnej obudowie, najlepiej z tworzywa sztucznego, w której wykonujemy szereg otworów umożliwiających przepływ powietrza do chłodzenia radiatora.



Rys. 2 Schemat montażowy

Montaż większej płytki także wykonujemy w typowy sposób, ale najpierw wykorzystamy ją jako matrycę do wykonania w obudowie otworów na wyświetlacze i potencjometr. Płytkę umieszczamy w obudowie i prowizorycznie przykręcamy czterema śrubkami. Na płytce, tuż obok wyświetlaczy umieszczone zostały cztery dodatkowe otwory, przez które teraz zaznaczamy cztery punkty na spodniej stronie obudowy. Możemy to uczynić za pomocą cienkiego wiertła lub igły krawieckiej. Następnie łączymy te punkty ze sobą uzyskując prostokątny zarys otworu, który musimy wyciąć w obudowie. Po wykonaniu tej czynności zasłaniamy wykonany otwór kawałkiem przezroczystego, zabarwionego na kolor świecenia wyświetlaczy polistyrenu. Następnie zaznaczamy i wykonujemy otwory pod potencjometr i diodę LED, oraz dodatkowy otwór, przez który czujnik IC3 będzie wystawał na zewnątrz obudowy.

Po zmontowaniu większej płytki umieszczamy ją w obudowie i za pomocą odcinka czterożyłowego przewodu łączymy ze sobą obie części urządzenia.



Rys. 2 Schemat montażowy

Zmontowany ze sprawdzonych elementów układ nie wymaga jakiegokolwiek uruchamiania, a jedyną czynnością regulacyjną jaką powinniśmy wykonać będzie ustawienie napięcia 1000mV pomiędzy wyprowadzeniami REF HI i REF LO IC4. Powinniśmy posłużyć się woltomierzem dobrej klasy i delikatnie pokręcając potencjometrem montażowym ustawić wymagane napięcie.

Zbigniew Raabe

### Wykaz elementów.

#### Kondensatory

C1	1000µF/25
C2,C4,C8	100nF
C3	100µF/16
C5	220nF MKT
C6	47nF MKT
C7	10nF
C9	100pF
C10,C11	10µF/16

#### Rezystory

PR1	potencjometr montażowy HELLITRIM 1kΩ
P1	potencjometr obrotowy 10k/A
R2, R1	220Ω
R3	1,2kΩ
R4	220kΩ
R5	5,6kΩ
R6, R7, R8	3,3kΩ
R9	1,2kΩ
R10, R14	10kΩ
R11	100kΩ
R12, R17	1MΩ
R13	470kΩ
R15	330Ω
R16	1kΩ

#### Półprzewodniki

BR1	mostek prostowniczy 1A
DP1, DP2, DP3	wyświetlacz siedmio-segmentowy LED wsp. anoda
D1	LED dwubarwna 5mm
IC1	7805
IC2	LM358
IC3	LM35
IC4	ICL7107
IC5	ICL7660
Q1	triak TIC236
Q2	MOC3040
T1	BC548 lub odpowiednik
T2	BC557 lub odpowiednik

#### Pozostałe

CON1, CON2	ARK2
CON3, CON4, CON5, CON6	ARK2 (3,5mm)
Dodatkowe złącze	ARK3 (do dołączenia triaka)
TR1	transformator sieciowy TS2/56
Obudowa (nie wchodzi w skład kitu)	

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit AVT-2246