

Termostat zintegrowany z radiatorem

Zestawy tego typu cieszą się dużym powodzeniem wśród naszych Czytelników i nie należy się temu zbyt dziwić - dzięki zastosowaniu nowoczesnych układów scalonych zbudowanie termostatu przestało być problemem. Ponieważ układy TMP01 są niezwykle uniwersalne, autor zawarł w artykule niezbędne podstawy teoretyczne, pozwalające na samodzielne wyznaczenia progów zadziałania.

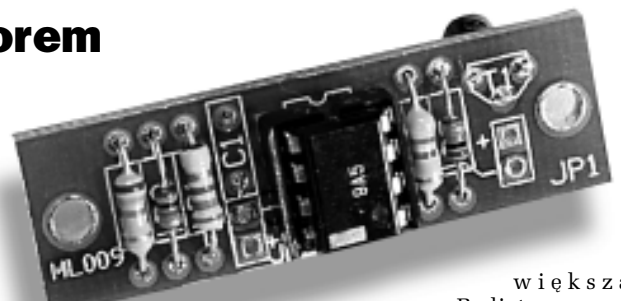
Badania niezawodnościowe układów elektronicznych wskazują jednoznacznie, że wraz ze wzrostem temperatury pracy i temperatury otoczenia rośnie intensywność ich uszkodzeń. Źródłem ciepła w układach elektronicznych są elementy mocy, takie jak: tranzystory, diody, tyrystory czy rezystory. Oczywiście, proces wydzielania ciepła jest efektem ubocznym podstawowej funkcji elementów, właściwie niepożądanym, jednak jest on nie do uniknięcia. Stąd, aby zachować temperaturę tych podzespołów w dopuszczal-

nych granicach, stosujemy radiatory.

Radiatory powodują zwiększenie powierzchni oddawania ciepła do otoczenia, czyli w elemencie z radiatorem można wydzielić

większą moc. Radiatorem może być prostokątny kawałek aluminiowej czy miedzianej blachy, może też być to tylna ścianka obudowy urządzenia.

Często spotykanym rozwiązaniem jest radiator wykonany z aluminiowego profilu ciągnionego. Profil ciąg-



Opis układu TMP01

Cechy szczególne:

- Zakres mierzonych temperatur: -55°C do +125°C;
 - Dokładność: ±0,5°C (wartość typowa);
 - Analogowe wyjście sygnału napięciowego proporcjonalnego do temperatury;
 - Programowana wartość temperaturowej histerezy progów przełączenia;
 - Dwa wyjścia ("temperatura wysoka" i "temperatura niska") o obciążeniu prądowym do 20mA każde;
 - Wyjścia cyfrowe typu otwarty kolektor, kompatybilne z TTL/CMOS;
 - Pojedyncze zasilanie z przedziału 4,5V..13,2V;
 - Obudowa 8-nóżkowa typu DIP albo SO.
- Podstawowe aplikacje:**
- Czujniki i alarmy zbyt wysokiej i zbyt niskiej temperatury;
 - Układy kontroli temperatury na płytkach drukowanych;
 - Sterowniki temperatury;
 - Termostaty elektroniczne;
 - Układy ochrony termicznej;
 - Układy automatyki przemysłowej;
 - Odległe czujniki temperatury;

niony jest szyną o skomplikowanym przekroju poprzecznym, tworzącym pewien silnie uźbrowany układ. W zależności od wartości mocy, jaką trzeba wytracić w takim radiatorze oraz założonej temperatury maksymalnej, radiator z profilu ciągnionego musi mieć określoną długość.

Kolejnym czynnikiem powiększającym intensywność oddawania ciepła jest wymuszenie obiegu powietrza chłodzącego radiator. Spotykamy więc małe radiatorzy nakładane na współczesne mikroprocesory 32 i więcej bitowe, posiadające wentylator.

Wiadomo, że w takim mikroprocesorze jest wydzielana moc powyżej 50W i bez radiatora jego obudowa nagrzewa się do temperatury ok. 100°C. Radiator z wentylatorem schładza natomiast mikroprocesor do temperatury poniżej 40°C. Niewątpliwą zaletą tego rozwiązania są małe rozmiary w porównaniu z radiatorami bez wymuszonego opływu powietrza. Ten, kto kiedykolwiek obliczał wymiary potrzebne do odprowadzenia mocy rzędu 50W i zachowania temperatury 40°C, wie dobrze, że radiator z konwekcyjnym opływem powietrza zajmuje prostokąt o wymiarach co najmniej 15x20cm. Radiator z wentylatorem zajmuje nieco mniejszą powierzchnię niż chłodzony mikroprocesor, czyli jest co najmniej dziesięciokrotnie mniejszy.

Właśnie radiator przeznaczony do chłodzenia CPU w komputerach PC posłużył do zbudowania termostatu z układem TMP01. Podstawowym zastosowaniem radiatora jest chłodzenie elementów o obciążeniu niejednakowym w czasie, np. tranzystorów końcowych mocy we wzmacniaczu, czy regulatora napięcia w zasilaczu warsztatowym.

Sama płytka układu umożliwia przykręcenie jej do dowolnej powierzchni przewodzącej ciepło i może posłużyć jako termostat sterujący chłodzeniem i podgrzewaniem.

Układ TMP01 (schemat wewnętrzny przedstawiono na rys.1) firmy Analog Devices jest czujnikiem temperatury, który posiada wyjścia napięciowe proporcjonalne do temperatury bezwzględnej oraz dwa wyjścia cyfrowe informujące o przekroczeniu progów temperatury niskiej i wysokiej. Progi temperatury są ustalane przez trzy zewnętrzne rezystory. Wyjścia OVER („zbyt wysoka temperatura“) i UNDER („za niska temperatura“) pracują w logice ujemnej, czyli fakt przekroczenia temperatury progowej jest sygnalizowany stanem niskim.

Ustawianie progów temperatury dla wyjść OVER i UNDER jest niezależne, natomiast wielkość histerezy temperatury jest jednakoowa. Niezależność progów tych wyjść pozwalała na konstruowanie układów sterujących chłodzeniem (wyjście OVER) i podgrzewaniem (wyjście UNDER) jednocześnie.

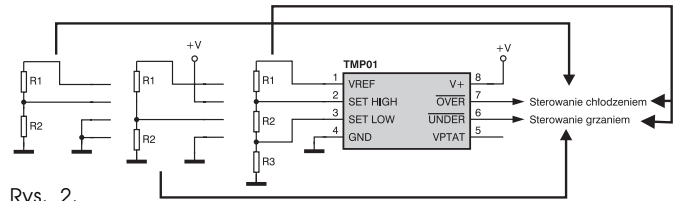
Układ TMP01 posiada źródło napięcia odniesienia 2,5V, wyprowadzone na pin VREF. Jest ono przeznaczone do

zasilania dzielnika rezystorowego ustalającego progi temperatury. Źródło VREF ma czujnik poboru prądu. Na podstawie wielkości prądu pobieranego przez dzielnik rezystorowy jest ustalana wielkość histerezy progów temperatury. Wartość prądu pobieranego ze źródła VREF jest ograniczona do 500µA.

Wyprowadzenie oznaczone jako VPTAT (ang. Voltage Proportional To Absolute Temperature) jest wyjściem wbudowanego czujnika temperatury. Napięcie na tym wyprowadzeniu zmienia się proporcjonalnie do temperatury bezwzględnej ze współczynnikiem 5mV/K. Dla temperatury 25°C napięcie na wyjściu VPTAT wynosi 1,49V, co łatwo obliczyć mnożąc wartość 5mV przez 298K.

Ustalenie progów temperatury osobno dla wyjścia UNDER i OVER jest możliwe poprzez podanie odpowiednich napięć na końcówki SETLOW i SETHIGH.

Sygnał z czujnika temperatury jest osiągalny na wyjściu VPTAT i oprócz tego został doprowadzony do wejść komparatorów tworzących komparator okienkowy. W ten sposób zmieniające się napięcie VPTAT jest porównywane z odpowiednimi programami ustalonymi przez zewnętrzne rezystory. Tak oto została zrealizowana funkcja termostatu.



Rys. 2.

prądem dzielnika rezystorowego ustalającego progi temperatury. Źródło VREF ma czujnik poboru prądu. Na podstawie wielkości prądu pobieranego przez dzielnik rezystorowy jest ustalana wielkość histerezy progów temperatury. Wartość prądu pobieranego ze źródła VREF jest ograniczona do 500µA.

Wyprowadzenie oznaczone jako VPTAT (ang. Voltage Proportional To Absolute Temperature) jest wyjściem wbudowanego czujnika temperatury. Napięcie na tym wyprowadzeniu zmienia się proporcjonalnie do temperatury bezwzględnej ze współczynnikiem 5mV/K. Dla temperatury 25°C napięcie na wyjściu VPTAT wynosi 1,49V, co łatwo obliczyć mnożąc wartość 5mV przez 298K.

Ustalenie progów temperatury osobno dla wyjścia UNDER i OVER jest możliwe poprzez podanie odpowiednich napięć na końcówki SETLOW i SETHIGH.

Sygnał z czujnika temperatury jest osiągalny na wyjściu VPTAT i oprócz tego został doprowadzony do wejść komparatorów tworzących komparator okienkowy. W ten sposób zmieniające się napięcie VPTAT jest porównywane z odpowiednimi programami ustalonymi przez zewnętrzne rezystory. Tak oto została zrealizowana funkcja termostatu.

Sposób doboru dzielnika rezystorowego

Czujnik prądu wytwarza napięcie sterujące sprzężeniem zwrotnym komparatorów i tym samym odpowiada za wartość histerezy komparatorów. Zależność pomiędzy

prądem dzielnika rezystorowego ustalającego progi temperatury jest następująca:

$$I_{HYS} = I_{VREF} = 5\mu A/^{\circ}C + 7\mu A \quad [1]$$

Np. dla histerezy 10°C $I_{HYS} = 57\mu A$. Tyle powinien wynosić prąd dzielnika rezystorowego. Zatem wiedząc, że napięcie $VREF=2,5V$, sumaryczna rezystancja dzielnika powinna wynieść 43,9kΩ.

W jaki sposób ustalić podział tej rezystancji? Będzie on zależał od temperatur progowych dolnej i górnej (dla funkcji podgrzewania i chłodzenia). Wartości tych napięć odpowiadają napięciu VPTAT dla konkretnej temperatury progowej. Wzory obliczeniowe na napięcia obu progów są następujące:

$$U_{SETHIGH} = (T_{SETHIGH} + 273,15) (5mV/^{\circ}C) \quad [2]$$

$$U_{SETLOW} = (T_{SETLOW} + 273,15) (5mV/^{\circ}C) \quad [3]$$

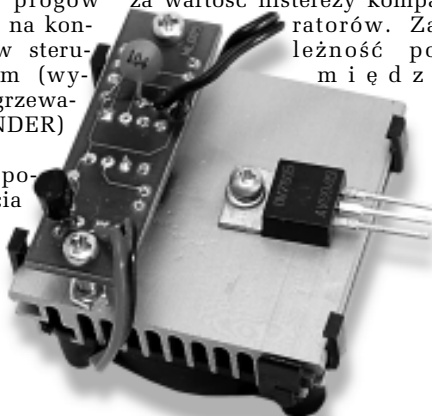
Takie napięcia powinien wytworzyć dzielnik rezystorowy.

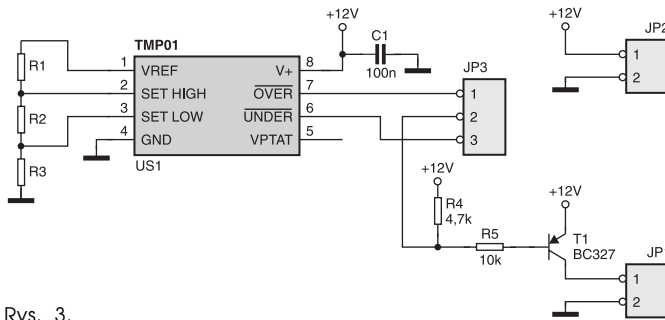
Sposób programowania układu TMP01 jest zatem następujący:

- ✓ Należy założyć wartość histerezy temperatury.
- ✓ Obliczyć wartość prądu poboru ze źródła VREF odpowiednią do wielkości histerezy.
- ✓ Ustalić wartość temperatur progowych.
- ✓ Obliczyć na tej podstawie wartości rezystancji dzielnika.

Układ TMP01 może pracować jako termostat w trzech konfiguracjach: pełnej i dwóch niepełnych. Konfiguracja pełna oznacza wykorzystanie obu funkcji progowych, sterujących podgrzewaniem i chłodzeniem. W konfiguracjach niepełnych wykorzystywana jest tylko jedna z tych funkcji. Na rys. 2 został pokazany układ połączeń dzielnika rezystorowego w każdej z nich.

W przypadku sterowania tylko chłodzeniem, nóżkę SETLOW zwieramy do masy, a w sytuacji wykorzystania tylko sterowania podgrzewaniem, niepotrzebną nóżkę SETHIGH zwieramy do plusa zasilania.





Rys. 3.

Wzory obliczające wartości rezystancji dla poszczególnych konfiguracji są następujące.

- dla konfiguracji pełnej:

$$R1 = \frac{U_{VREF} - U_{SETHIGH}}{I_{HYS}}$$

$$R2 = \frac{U_{SETHIGH} - U_{SETLOW}}{I_{HYS}}$$

$$R3 = \frac{U_{SETLOW}}{I_{HYS}}$$

- dla sterowania tylko podgrzewaniem:

$$R1 = \frac{U_{VREF} - U_{SETHIGH}}{I_{HYS}}$$

$$R2 = \frac{U_{SETHIGH}}{I_{HYS}}$$

- dla sterowania tylko chłodzeniem

$$R1 = \frac{U_{VREF} - U_{SETLOW}}{I_{HYS}}$$

$$R2 = \frac{U_{SETLOW}}{I_{HYS}}$$

W powyższych równaniach przyjęto oznaczenia rezystorów takie, jakie są na odpowiednich częściach rys. 2. Natomiast znaczenie oznaczeń napięć i prądu jest następujące:

- U_{VREF} - napięcie odniesienia wynoszące 2,5V;
- $U_{SETHIGH}$ - napięcie progowe obliczone ze wzoru [2];
- U_{SETLOW} - napięcie progowe obliczone ze wzoru [3];
- I_{HYS} - prąd histerezy tem-

peraturowej obliczony ze wzoru [1];

Układ termostatu

Na rys. 3 przedstawiony został schemat elektryczny termostatu. Złącze JP3 zostało tutaj przewidziane w celu stworzenia płytki uniwersalnej, przeznaczonej do obu niepełnych konfiguracji układowych. Połączenie nóżek 1 i 2 daje sterownik wentylatora, a w wyniku połączenia nóżek 2 i 3 dostaniemy układ sterujący grzałką. Do naszych celów wykorzystamy układ sterujący wentylatorem. Elementem wykonawczym jest tranzystor BC327. Może on zasilać cewkę przekaźnika albo mały wentylatorek.

Na schemacie celowo nie podano wartości rezystorów R1..R3, ponieważ muszą one być obliczone według wzorów wyżej podanych. Podajmy zatem przykład takiego obliczenia.

Przyjmijmy następujące dane początkowe. Układ steruje wentylatorem chłodzącym radiator. Wartość temperatury progowej wynosi 40°C. Wartość histerezy temperaturowej wynosi 10°C, czyli wentylator będzie się włączał powyżej 45°C i wyłączał poniżej 35°C.

Ze wzoru [1] histereza 10°C odpowiada wartości prądu pobieranego ze źródła napięcia odniesienia i wy-

niesie:

$$I_{HYS} = I_{VREF} = 5\mu A/^{\circ}C + 7\mu A = 57\mu A.$$

Napięcie progowe prze-

łączenia U_{SETHIGH} wyniesie:

$$U_{SETHIGH} = (T_{SETHIGH} + 273,15)(5mV/^{\circ}C) = 1,565V$$

Ażeby uzyskać konfigurację układową dla układu z wentylatorem, wystarczy przyjąć R3=0, czyli w miejsce rezystora R3 należy włutować zworę. Pozostałe dwa rezystory obliczamy ze wzorów:

$$R1 = \frac{U_{VREF} - U_{SETHIGH}}{I_{HYS}} = \frac{2,5 - 1,565}{57 \cdot 10^{-6}} = 16,4k\Omega \rightarrow 16k\Omega$$

$$R2 = \frac{U_{SETHIGH}}{I_{HYS}} = \frac{1,565}{57 \cdot 10^{-6}} = 27,6k\Omega \rightarrow 27k\Omega$$

Takie też wartości rezystorów zostały wmontowane do płytki modelowej.

Montaż i uruchomienie

Płytką drukowaną temostatu została przedstawiona na rys. 4.

Montaż rozpoczynamy od uwolnienia radiatora z plastikowych zatrzasków trzymających wentylator. Następnie musimy wykonać dwa otwory mocujące płytkę tak rozmieszczone, aby pokrywały się z otworami płytki. Musimy zwrócić uwagę w czasie trasowania otworów, aby trafiły one dokładnie pomiędzy żebrami radiatora. Jest to możliwe tylko wtedy, kiedy oba otwory będą wykonywane w tej samej przestrzeni międzyżebrowej. W czasie tej operacji możemy dodatkowo wykonać otwory mocujące chłodzone elementy. Ze względu na niewielkie odstępki między żebrami radiatora wykonywanie mocowania dla śruby większej niż M2.5 właściwie nie jest możliwe.

Po przygotowaniu koniecznych otworów, płytka powinna być zamontowana. Wartości R1..R3 obliczamy według wzorów podanych

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1, R2, R3: patrz tekst

R4: 4,7kΩ (3,3..5,1kΩ)

R5: 10kΩ (8,2..15kΩ)

Kondensatory

C1: 100nF (82..330nF)

Półprzewodniki

T1: BC327

US1: TMP01

Różne

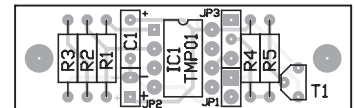
radiator z wentylatorem do CPU

Kompletny układ i płytki drukowane są dostępne w ofercie AVT pod oznaczeniem AVT-1157.

wyżej. Z konieczności zastosujemy montaż dwustronny. Od strony opisu na płytce montujemy wszystkie elementy z wyjątkiem T1 i C1, które będą zamontowane ze strony przeciwnej. W naszym układzie trzeba zerwać nóżki 1 i 2 złącza JP3.

Uruchomienie płytki jest proste. Do złącza JP2 podłączamy źródło napięcia 12V, a do JP1 wentylator. Zbliżamy gorącą lutownicę do układu IC1. Po przekroczeniu zaprogramowanej temperatury układ powinien włączyć wentylator.

Uruchomiony układ mocujemy do radiatora za po-



Rys. 4.

mocą dwóch śrub M2.5, przykładając kostkę układu IC1 do powierzchni radiatora. Ażeby uzyskać dobre przewodnictwo cieplne między radiatorem a IC1, połączenie to wypełniamy kropką pasty silikonowej.

**Mirosław Lach, AVT
Współpraca Paweł
Karczewski**