

Prosty miernik radiatorów

2398


W poprzednim wydaniu EdW zamieszczono obszerny artykuł na temat radiatorów. Podane tam wiadomości okazały się bardzo pomocne przy doborze rodzaju i wielkości radiatora do typowych potrzeb. Doświadczenie uczy jednak, że nie zawsze można wszystko obliczyć na papierze. W wielu wypadkach są stosowane nietypowe profile, często nieznanne są dodatkowe parametry niezbędne do obliczeń, na przykład wpływ obudowy i braku dobrej wentylacji, i w rezultacie dobór radiatora jest utrudniony. W skrajnych przypadkach wielkość radiatora dobiegana jest "superprecyzyjną metodą na oko".

Przyrząd opisany w tym artykule okaże się znakomitą pomocą przy praktycznym doborze radiatora. Z jego pomocą można sprawdzić, czy dany radiator okaże się wystarczający do danego zastosowania. Można też sprawdzić, jaką moc maksymalną może rozproszyć dany radiator. I co najważniejsze, wszystko to można wykonać w warunkach

normalnej pracy, zamykając radiator w przewidzianej dla niego obudowie. Uzyskane w ten sposób wyniki będą jak najbardziej wiarygodne, co jest ważne zwłaszcza w przypadkach, gdy z konieczności radiator powinien być jak najmniejszy.

Układ może wydać się skomplikowany. W rzeczywistości zarówno zasada działania, budowa jak i obsługa są bardzo proste i nikomu nie powinny sprawić trudności. Wykonania tego pożytecznego przyrządu mogą podjąć się nawet niezbyt zaawansowani elektronicy. A obsługa przyrządu polega na:

- przykręceniu badanego radiatora do tranzystora pomiarowego,
- umieszczeniu ich w przewidzianej obudowie,
- odczytaniu mocy, jaką rozprasza dany radiator przy temperaturze złącza +150°C.

Opis układu

Uproszczony schemat objaśniający zasadę pracy urządzenia jest pokazany na **rysunku 1**. W czasie pomiarów

- prąd kolektora (i bazy) tranzystora pomiarowego jest niezmienny,
- obwody regulacji zmieniają napięcie na tym tranzystorze, by utrzymać temperaturę złącza równą +150°C, w ostatecznym rezultacie
- aktualna moc strat w tranzystorze zależy od parametrów radiatora.

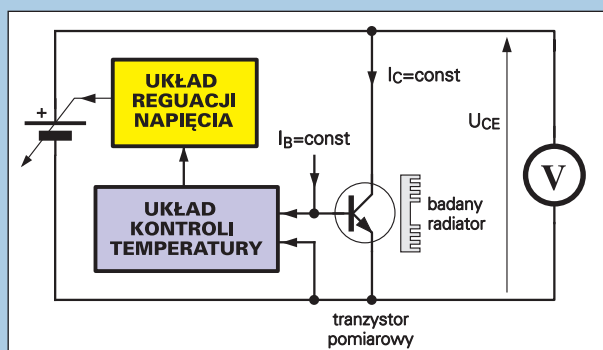
A oto bliższe szczegóły. Nietrudno dojść do wniosku, że znajomość dokładnej temperatury złącza nie jest wcale niezbędna. Ważne jest tylko, by w czasie pracy ta temperatura nie przekroczyła katalogowych +150°C. Także dokładna znajomość rezystancji termicznej R_{thra} czy R_{thja} nie jest konieczna. Najważniejsza jest ostateczna informacja, ile mocy może rozproszyć dany radiator. Jak wiadomo moc strat tranzystora to iloczyn napięcia kolektor-emiter U_{CE} i prądu kolektora I_c (przy pominięciu prądu i napięcia bazy)

$$P = U_{CE} * I_c$$

W opisywanym układzie prąd kolektora ma niezmienną wartość ($I_c = 2A$), więc moc jest wprost proporcjonalna do napięcia U_{CE} . Zmieniając napięcie U_{CE} zmieniamy moc strat tego tranzystora. Ręczna regulacja tego napięcia (i mocy) byłaby ryzykowna, ponieważ łatwo byłoby przegrzać i uszkodzić tranzystor pomiarowy. W urządzeniu wprowadzono obwody regulacji, które wykluczają taką możliwość i jednocześnie pozwalają w niesamowicie prosty sposób określić możliwości radiatora.

W pierwszej chwili po włączeniu urządzenia na tranzystor pomiarowy podane jest duże napięcie U_{CE} . W tranzystorze wydziela się duża moc strat i temperatura złącza rośnie. Obwody regulacji dbają o to, by temperatura struktury nie przekroczyła +150°C. Wykorzystuje się tu zależność napięcia przewodzenia złącza baza-emiter tranzystora pomiarowego od temperatury. Jak wiadomo, przy stałym prądzie przewodzenia napięcie na złączu p-n zmniejsza się o około 2,2mV na każdy

Rys. 1 Zasada działania



stopień przyrostu temperatury. Układ kontroli temperatury sprawdza więc napięcie U_{BE} tranzystora pomiarowego. Gdy napięcie to spadnie do wartości charakterystycznej dla temperatury $+150^{\circ}\text{C}$, układ ten powoduje obniżenie napięcia U_{CE} . W rezultacie zmniejsza się moc tracona w tranzystorze. Po pewnym czasie ustali się równowaga - obwody regulacji tak dobiorą napięcie U_{CE} , by temperatura złącza tranzystora pomiarowego wynosiła właśnie $+150^{\circ}\text{C}$. Dla różnych radiatorów różna będzie moc potrzebna do podgrzania zespołu tranzystor-radiator do tej temperatury. Mały radiator z kawałka blachy słabo oddaje ciepło do otoczenia. Temperatura tranzystora pomiarowego wzrasta szybko - układ regulacji obniży napięcie U_{CE} do jakiejś niewielkiej wartości. Potężny radiator skutecznie rozprasza ciepło - napięcie U_{CE} ustabilizuje się na znacznie wyższym poziomie. Ponieważ prąd jest ustalony (2A), wystarczy zmierzyć napięcie U_{CE} , pomnożyć przez 2A i uzyska się aktualną moc strat w watach! I jest to moc strat, jaką może rozprószyć dany radiator w konkretnych warunkach pracy bez ryzyka przegrzania struktury.

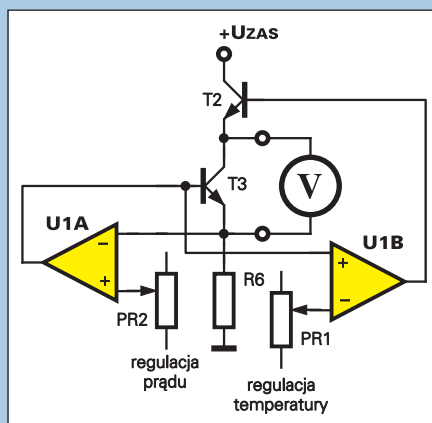
Warto zauważyć, że proces regulacji zachodzi na bieżąco. Przykładowo radiator umieszczony w wolnym powietrzu może stracić 22 waty mocy. Po umieszczeniu w kiepsko wentylowanej obudowie temperatura złącza chciałaby rosnać, ale obwód regulacji nie dopuści do tego. Obniżając napięcie zmniejszy moc strat, by utrzymać temperaturę złącza równą $+150^{\circ}\text{C}$. Tym samym dołączony woltmierz pokaże, iż w tej obudowie radiator może stracić tylko na przykład 12W mocy. Jeśli w czasie pracy radiator zostałby odkręcony od tranzystora pomiarowego, układ regulacyjny szybko obniży napięcie (utrzymując stałą temperaturę $+150^{\circ}\text{C}$), a dołączony miernik pozwoli określić dopuszczalną moc strat samego tranzystora, bez radiatora.

Jak wynika z tego opisu, obsługa przyrządu jest banalnie prosta - na dołączonym woltmierzowi napięcie będzie zmieniać się na bieżąco. Będzie ono bezpośrednio wskazywać możliwości dołączonego radiatora.

Rysunek 1 pokazuje jedynie ogólną zasadę działania, natomiast **rysunek 2** przedstawia schemat blokowy opisywanego urządzenia. Tranzystorem pomiarowym jest T3. Tranzystor T2 pracuje jako regulator napięcia na tranzystorze pomiarowym. Rezystor R6 (0,1) jest czujnikiem prądu i wraz ze współpracującym wzmacniaczem U1A zapewnia przepływ przez tranzystor T3 prądu o niezmiennej wartości 2A. Wartość tego prądu można ustalić za pomocą PR2. Wzmacniacz U1B kontroluje temperaturę tranzystora T3 przez pomiar napięcia na jego bazie. Ze wzrostem temperatury napięcie na bazie zmniejsza się. Potencjometr PR1 pozwala ustawić potrzebną temperaturę ($+150^{\circ}\text{C}$).

Wzrost do tej wartości powoduje zmniejszenie napięcia na wyjściu wzmacniacza U1B, a w konsekwencji zmniejszenie napięcia podawanego na kolektor tranzystora T3 i mocy wydzielanej w T3. Dołączony woltmierz pozwala odczytać aktualne napięcie na tranzystorze pomiarowym, które po pomnożeniu przez 2A daje aktualną moc strat T3.

Rys. 2 Schemat blokowy



Należy zauważyć, że układ jest cały czas zasilany jakimś sporym napięciem zasilającym $+U_{zas}$, a przez oba tranzystory T2, T3 cały czas płynie prąd 2A. W czasie pomiarów w obu tranzystorach T2, T3 cały czas wydzielą się duża moc strat równa ($+U_{zas} * 2A$). Przy małych napięciach na T3 (mały radiator lub brak radiatora) prawie cała ta moc wydzieli się na tranzystorze regulacyjnym T2. Z tego względu T2 musi być wyposażony w solidny radiator, przynajmniej taki jak model pokazany na fotografiach.

Pełny schemat ideowy układu pokazany jest na **rysunku 3**. Dioda D5, a właściwie układ scalony LM285 1,2V wytwarza napięcie wzorcowe dla obwodów regulacji temperatury i prądu. Zamiast precyzyjnego układu scalonego w roli D5 można użyć czerwonej (lub lepiej podczerwonej) diody LED, licząc się z pewnym zmniejszeniem dokładności. Wzmacniacz operacyjny U1A porównuje napięcie na rezystorze pomiarowym R6 z napięciem z potencjometru montażowego PR2. W czasie normalnej pracy powinno ono wynosić około 0,2V ($0,1 * 2A$). Takie samo napięcie trzeba też ustawić na suwaku PR2. Jeśli prąd maleje, wzmacniacz U1A zwiększa swe napięcie wyjściowe i zwiększając napięcie na bazach T1, T3 powoduje przywrócenie potrzebnej wartości prądu. Tranzystor T1 został dodany ze względu na niewielką wydajność wyjścia wzmacniacza operacyjnego, bowiem w roli tranzystora T3 pracuje "zwykły tranzystor" (BD249) a nie darlington.

Rezystory R3, R4 wyznaczają wzmocnienie U1A. R5 ogranicza moc strat tranzystora T1 i maksymalny prąd bazy T3.

Opisany obwód zawierający R6, U1A, T1 dba jedynie o zachowanie jednakowej warto-

ści prądu. Drugi obwód regulacji z układem U1B mierzy napięcie na bazie tranzystora. Jak widać na rysunku 3, w rzeczywistości mierzy on sumę napięć na rezystorze R6 i na złączu baza-emiter T3. Ponieważ podczas normalnej pracy napięcie na R6 jest utrzymywane na stałym poziomie przez opisany obwód regulacji, więc napięcie na bazie zależy praktycznie tylko od temperatury. Jeśli pod wpływem wzrostu temperatury napięcie na bazie T3 obniży się do poziomu ustawionego za pomocą potencjometru PR1, napięcie na wyjściu wzmacniacza operacyjnego U1B znacznie się zmniejsza, zmniejszając tym samym napięcie na bazie T2 a co ważniejsze - napięcie na tranzystorze pomiarowym T3. Kondensator C8 dodano ze względu na stabilność. Obwód z tranzystorami D6, T4...T6 został dodany głównie ze względu na właściwości wzmacniacza operacyjnego. Z uwagi na małe napięcie na R6 trzeba było zastosować wzmacniacz operacyjny mogący pracować przy napięciach wejściowych bliskich ujemnemu napięciu zasilania. Wybór padł na popularną kostkę LM358. Niestety, układ ten ma nie tylko wejście, ale i wyjście przystosowane do pracy przy niskich napięciach. Napięcie wyjściowe nie może być natomiast bliskie dodatniego napięcia zasilania. Tymczasem, aby zakres regulacji napięcia na tranzystorze T3 był jak najszerszy, napięcie na bazie tranzystora regulacyjnego T2 powinno wzrastać jak najbliżej dodatniego napięcia zasilania. Bezpośrednie połączenie wyjścia U1B z bazą darlingtona T2 nie pozwoliłoby wykorzystać w pełni dostępnego napięcia $+U_{zas}$, a zakres pomiaru mocy zostałby nieważalnie ograniczony. Aby poszerzyć ten zakres w górę, dodano prościutki układ przesuwania poziomu napięcia z elementami T4, D6. A przy okazji dioda LED D6 pełni rolę wskaźnika - jej świecenie pokazuje, że temperatura wynosi $+150^{\circ}\text{C}$ i obwód regulacji zmniejszył napięcie na T3. Brak świecenia diody D6 wskazuje, że dołączony radiator jest bardzo duży i maksymalna moc strat nie powoduje jeszcze wzrostu temperatury złącza do $+150^{\circ}\text{C}$. Aby określić właściwości takiego dużego radiatora należy zwiększyć napięcie $+U_{zas}$ aż dioda D6 zapali się, wskazując dojsię do temperatury granicznej.

Aby obwód przesuwania napięcia z T4, D6 mógł pracować ekonomicznie, konieczne stało się zastosowanie źródła prądowego z T5, T6. Prąd kolektora tranzystora T5 jest praktycznie taki sam, jak prąd płynący przez rezystor R9 i kontrolkę zasilania D7. Dzięki obecności źródła prądowego z niewielkim rezystorem R7, napięcie na bazie darlingtona T2 może być bliskie dodatniego napięcia zasilania (0,1...0,2V).

W układzie i na płytce drukowanej przewidziano zasilacz zawierający mostek prostowniczy (D1-D4) i kondensatory filtrujące (C1-C5). Będą one potrzebne tylko wtedy,

gdy użytkownik zechce zasilać układ napięciem zmiennym z transformatora, na przykład z transformatora bezpieczeństwa 24V lub innego o napięciu zmiennym 12...28V i wydajności minimum 2,8A. W większości wypadków układ będzie zasilany napięciem stałym z posiadanego zasilacza (niekoniecznie stabilizowanego) o wydajności minimum 2A i napięciu 16...40V.

A teraz fragment **tylko dla dociekliwych**. W układzie występują dwie pętle regulacji: jedna ma utrzymywać stałą wartość prądu, a druga reguluje napięcie na T3, by utrzymać w nim temperaturę złącza równą +150°C. Na pierwszy rzut oka wydaje się, że obie pętle pracują zupełnie niezależnie. W zasadzie tak jest, ale w pewnych przypadkach można się natknąć na przykrą niespodziankę. Jeśli mianowicie dioda D6 została by zwarta lub zastąpiona diodą o niższym napięciu przewodzenia, pętla regulacji napięcia uniemożliwiłaby pracę pętli regulacji prądu. Przy braku radiatora na T3 możliwe byłoby wtedy tak głębokie obniżenie napięcia na bazie darlingtona T2, że spowodowałoby jego całkowite zatkanie. Nie mógłby płynąć odpowiedni prąd (2A). Czyli napięcie na bazie T3 dodatkowo obniżyłoby się. A wzmacniacz U1B zinterpretowałoby to obniżenie napięcia jako... gwałtowny wzrost temperatury złącza i tym bardziej starał się utrzymać T3 w stanie zatkania. Wzmacniacz U1A bezskutecznie zwiększałby napięcie na bazach T1 i T3. Zwiększanie prądu bazy T3, ograniczonego przez R5, nie rozwiązałoby problemu.

Możliwość takiej "wpadki" wynika z zastosowanego prostego rozwiązania układowego - pomiaru sumy spadków napięć na

złącza B-E tranzystora T3 i na R6. Trzeba tu jednak wyraźnie podkreślić, że przy zastosowaniu w obwodzie przesuwania poziomu napięcia żółtej lub zielonej diody D6, a także kondensatora C8, ryzyko takiego zatrzaśnięcia nie występuje. Jedynie wymiana diody D6 na inną, o mniejszym napięciu przewodzenia, może w skrajnych warunkach (tranzystor pomiarowy bez radiatora) doprowadzić do opisanej sytuacji. To jedna uwaga dla dociekliwych.

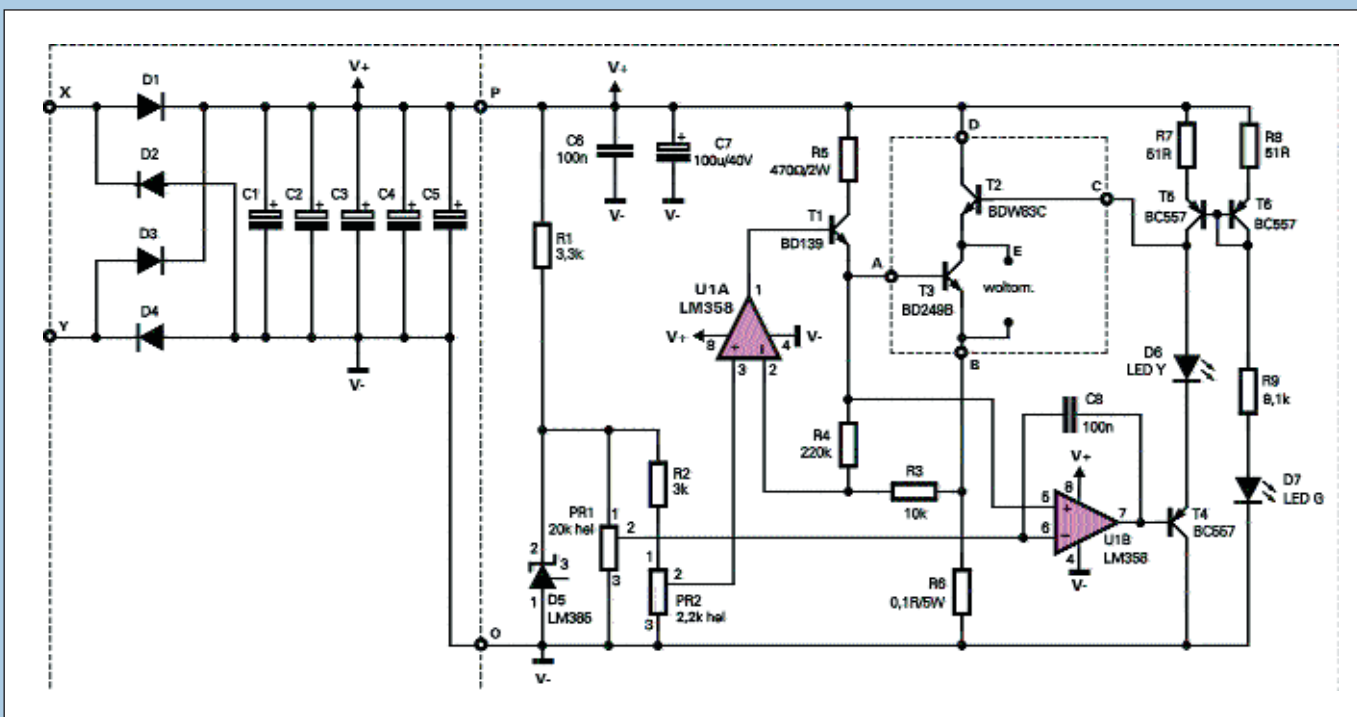
Wnikliwi Czytelnicy zauważą ponadto, iż informacja z rysunku 1 o niezmienności prądu I_B ($I_B = \text{const}$) nie jest do końca prawdziwa. Wprawdzie obwód regulacji z kostką U1A zapewnia stały prąd emitera, jednak jak wiadomo wzmocnienie tranzystora może się zmieniać, i trochę zmienia wraz z temperaturą. Wobec tego prąd bazy tranzystora T3 też będzie się zmieniać wraz z temperaturą. Tym samym do wspomnianych zmian napięcia bazy (-2,2mV/°C) dodadzą się lub odejmą zmiany napięcia związane ze zmianami prądu bazy. Na szczęście w tym układzie nie ma to żadnego praktycznego znaczenia, ponieważ istotna jest jedynie informacja o napięciu na bazie przy temperaturze +150°C. Jeśli natomiast ktoś chciałby mierzyć dodatkowo napięcie U_{BE} tranzystora T3, by tym sposobem na bieżąco mierzyć temperaturę, musiałby uwzględnić wspomniane zmiany wywołane zależnością wzmocnienia prądowego tranzystora i prądu bazy od temperatury. Na marginesie można nadmienić, że w literaturze można znaleźć wzmianki o takim sposobie pomiaru temperatury złącza w czasie pracy. Ze względu na zmiany wzmocnienia tranzystora z temperaturą, prosty sposób zastosowany w prezentowanym układzie może się okazać za mało dokładny. Wtedy

trzeba rozbudować układ, dodać obwody przełączające i okresowo przez krótki czas (np. 10ms co 500ms) odłączać normalny obwód sterujący, a dołączać oddzielny obwód pomiarowy, gdzie zastosowane będzie źródło prądowe, gwarantujące stały prąd złącza B-E w czasie pomiaru. Układ będzie bardziej złożony choćby ze względu na konieczność dodania nie tylko przełączników i oddzielnego obwodu pomiarowego, ale także bloku pamięci (np. analogowej) do zapamiętywania wyniku przeprowadzanych okresowo pomiarów. Takie bardziej skomplikowane urządzenie pozwoliłoby określić nie tylko maksymalną moc strat danego radiatora, ale także określić temperaturę złącza przy danej mocy strat, mniejszej od maksymalnej.

Montaż i uruchomienie

Układ można zmontować na płytce drukowanej pokazanej na **rysunku 4**. W większości przypadków elementy zasilacza (D1-D4, C1-C5) nie będą montowane, a zaznaczoną część płytki można obciąć. Kondensatory C6 i C7 są wtedy niezbędne i to one będą filtrować obwód zasilania. Kto chce zmontować zasilacz, może w ostateczności zastosować diody o prądzie 1A, np. popularne 1N400X. Co prawda będą pracować przy maksymalnym dopuszczalnym prądzie, ale ponieważ przyrząd będzie wykorzystywany jedynie okresowo, można dopuścić taką sytuację. W praktyce nie trzeba montować wszystkich kondensatorów C1-C5. W zasadzie wystarczy pojemność około 4700µF, co można osiągnąć stosując jeden kondensator 4700µF lub pięć kondensatorów 1000µF. Ich napięcie pracy niekoniecznie musi wynosić 40V, jak podano w wykazie elementów.

Rys. 3 Schemat ideowy



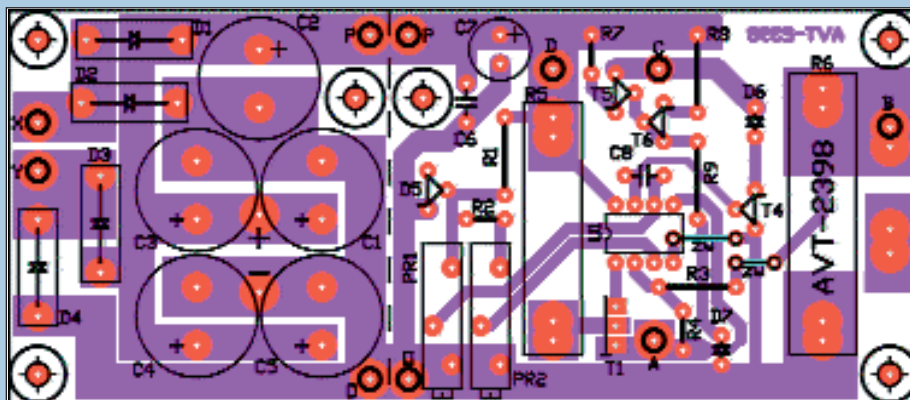
Można zastosować kondensatory na napięciu 25V, dbając później, by wyprostowane napięcie nie było większe. Zastosowanie kondensatorów o napięciu 40V (i napięcia +Uzas równego 40V) pozwoli natomiast badać potężne radiatory przy mocach tracyonnych do 75W.

Montaż elementów na płycie jest klasyczny i nie powinien sprawić trudności. Tranzystory T2 i T3 powinny być dołączone za pomocą przewodów. Przewody do T2 powinny być możliwie krótkie, natomiast do T3 powinny być zdecydowanie dłuższe, by bez kłopotów można było umieścić tranzystor z badanym radiatorem w przewidzianej obudowie. Chodzi tu o obudowę, w której będzie pracował badany radiator, a nie obudowę dla opisywanego właśnie miernika radiatorów. Jak pokazują fotografie, do prezentowanego urządzenia nie przewidziano obudowy. Po pierwsze miernik radiatorów będzie wykorzystywany jedynie co jakiś czas, więc można potraktować go jako warsztatową przystawkę. Po drugie, co znacznie ważniejsze, tranzystor regulacyjny T2 musi być wyposażony w duży radiator. Umieszczenie tego radiatora w obudowie znacznie pogorszy jego możliwości, dlatego pozostawienie go na wolnym powietrzu jest jak najbardziej pożądane.

Układ zmontowany ze sprawnych elementów nie powinien sprawiać żadnych kłopotów. Ponieważ układ pracuje przy sporym prądzie 2A, przed pierwszym włączeniu gotowego urządzenia warto wstępnie ustawić napięcia na suwakach potencjometrów. Przy odłączonym tranzystorze T2 należy zasilić układ niewysokim napięciem stałym (12...16V) i ustawić na suwaku potencjometru PR2 napięcie równe 0,2V, a na suwaku PR1 napięcie maksymalne, czyli około 1,25V.

Następnie należy dołączyć T2 i wyposażać go w solidny radiator.

Pierwsze "gorące" uruchomienie kompletnego układu warto przeprowadzić przy wykorzystaniu zasilacza 12...16V o wydajności co najmniej 2A. Do tranzystora pomiarowego T3 należy przykręcić niewielki kawałek blachy aluminiowej lub miedzianej (mosiężnej) o wymiarach 4x4cm, **koniecznie stosując pastę silikonową**, a następnie dołączyć woltmierz między jego emiter i kolektor. Po włączeniu zasilania powinna zaświecić się dioda D6, sygnalizująca osiągnięcie temperatury +150°C. Woltmierz dołączony do tranzystora T1 powinien wskazać niewielkie napięcie rzędu 0,8...2V. Oczywiście tranzystor nie będzie tak gorący, a wskazanie wynika z ustawienia PR1 na maksymalne napięcie. Jednak przez tranzystory powinien płynąć przepisany prąd. Jego wartość będzie zbliżona do 2A, bo wcześniej ustawiono 0,2V na suwaku PR2, ale warto dokładniej ustawić prąd. Najlepiej włączyć amperomierz między kolektorem T3 a emitrem T2



Rys. 4 Schemat montażowy

i wtedy skorygować ustawienie PR2, by uzyskać prąd równy dokładnie 2,0A.

Następnie należy powoli zmniejszać napięcie na suwaku PR1. W pewnej chwili napięcie na woltmierz dołączonym do T3 zacznie rosnąć. Tranzystor T3 i radiator będą coraz bardziej gorące. Jak wspomniano wcześniej, potencjometr PR1 w istocie służy do regulacji temperatury złącza. I właśnie zmniejszając stopniowo napięcie na suwaku PR1 należy ustawić temperaturę złącza równą +150°C. Dokładne określenie tej temperatury nie jest łatwe, ale całkowicie wystarczy sposób z kropką wody. Po prostu na radiatorze, w miejscu przykręcenia tranzystora należy umieścić kropelkę wody. Przy powolnym obniżaniu napięcia z PR1 nastąpi moment, gdy kropelka zacznie się gotować i szybko wyparuje. Należy nanieść następną kropelkę i obserwować, jak szybko wyparuje. Jeśli dopiero po chwili, to znaczy, że temperatura niewiele przekracza 100°C. Należy więc jeszcze trochę obniżyć napięcie z PR1, by mała kropelka umieszczona w miejscu styku radiatora z tranzystorem natychmiast wyparowała (z lekkim sykiem). Będzie to oznaczało, że temperatura w tym miejscu wynosi około +120...130°C. Uwzględniając rezystancję termiczną Rthjc i Rthcr można uznać, że temperatura złącza wyniesie mniej więcej +140...150°C. Taka uproszczona procedura regulacji z kropelką wody jest całkowicie wystarczająca i nie trzeba szukać żadnych innych sposobów ustawienia temperatury złącza. Warunkiem jest jednak użycie podczas regulacji niewielkiego blaszanego radiatora o wymiarach około 4x4cm. Nie zaleca się przeprowadzać regulacji temperatury bez radiatora, bo w przypadku istotnego błędu może się to skończyć uszkodzeniem tranzystora T3.

Po wyregulowaniu, najpierw prądu kolektora T3, potem temperatury, urządzenie jest gotowe do pracy.

W układzie modelowym użyto tranzystorów T2, T3 w obudowie SOT-93. Rezystancja termiczna Rthjc takich tranzystorów wynosi 0,8...1K/W. Nie zaleca się zamiany T2 na tranzystor w popularnej, mniejszej w obudo-

wie TO-220. Tranzystor T2 ma odpowiedzialne zadanie i w skrajnych warunkach musi odprowadzić duże ilości ciepła (kilkadziesiąt watów). Dlatego użycie w roli T2 tranzystora (darlingtona) w obudowie SOT-93 z potężnym radiatorem jest wręcz konieczne.

Natomiast w roli tranzystora pomiarowego T3 może być zastosowany tranzystor mocy (ale nie darlington) w obudowie TO-220. Może to nawet być korzystne. Przecież takie tranzystory są najczęściej stosowane w praktyce, a więc pomiary mogą być jeszcze bliższe rzeczywistości. Nie znaczy to, że w roli T3 warto zastosować jakikolwiek tranzystor w obudowie TO-220. Trzeba wziąć pod uwagę duży rozrzut wartości Rthjc takich tranzystorów w zakresie 1,2...4K/W. Użycie tranzystora mającego Rthjc = 4K/W miało by się z celem i praktycznie uniemożliwiłoby pomiar radiatorów przy mocach tracyonnych powyżej 20W. Dlatego zastosowanie tranzystora T3 o małej rezystancji Rthjc, wynoszącej 0,8...1K/W, także i w tym wypadku ma głębokie uzasadnienie. I jeszcze sprawa, miejmy nadzieję, oczywista - nie można tak po prostu wymieniać tranzystorów pomiarowych w zależności od przewidywanego zastosowania. Trzeba liczyć się z rozrzutem parametrów, wskutek czego napięcie bazy odpowiadające w jednym tranzystorze temperaturze +150°C, w innym będzie odpowiadać znacząco innej temperaturze. Każda wymiana tranzystora T3 wymaga ponownej regulacji PR1, czyli ustawienia temperatury w granicach +150°C opisaną "metodą kropelkową".

Pomiary

Jak wynika z wcześniejszego opisu pomiar polega na

- dołączeniu badanego radiatora
- umieszczeniu w przewidzianym miejscu pracy (obudowie)
- włączeniu zasilania +Uzas (zalecane 16...24V)
- odczekaniu aż zapali się dioda D6 i wskazania woltmierz się ustalą
- odczytania napięcia i pomnożenia przez 2A.

Tak określona moc jest maksymalną mocą strat P, jaką może rozproszyć zestaw tranzystor-radiator w danych warunkach. Taka informacja najczęściej w zupełności wystarczy. Dla bezpieczeństwa warto przyjąć, że w rzeczywistości radiator ten powinien być obciążony mniejszą mocą, wynoszącą 50...70% tak obliczonej. Taka rezerwa uwzględni zarówno inną rezystancję Rthjc odmiennego typu tranzystora, jak i pogorszenie warunków chłodzenia. A jak wspomniano w artykule sprzed miesiąca, dla zwiększenia niezawodności warto pracować przy jeszcze mniejszej mocy, by temperatura złącza była jeszcze niższa.

Po wykonaniu opisanego przyrządu warto sprawdzić w ten sposób posiadane radiatory, w tym także radiatory z wentylatorkiem, stosowane do chłodzenia procesorów komputerowych. Jak się okaże, te niewielkie zestawy mają zaskakująco dobre możliwości odprowadzania ciepła. Warto też samemu sprawdzić, ile naprawdę warte są najprostsze radiatory z blachy. Okaze się, że w wielu wypadkach do chłodzenia całkowicie wystarczy niewielki kawałek blachy aluminiowej o grubości 1,5...2mm.

Kto chciałby dokładniej określić parametry badanego radiatora, może obliczyć jego rezystancję Rthra w danych warunkach. Znając różnicę temperatur Tj - Tamb można obliczyć całkowitą rezystancję termiczną Rthja

$$R_{thja} = (T_j - T_{amb}) / P$$

gdzie Tj = 150°C, Tamb - aktualna temperatura otoczenia, P - moc określona za pomocą opisywanego przyrządu.

Znając Rthjc tranzystora pomiarowego i przyjmując Rthcr można obliczyć Rthra badanego radiatora

$$R_{thra} = R_{thja} - (R_{thjc} + R_{thcr})$$

Przy montażu tranzystora pomiarowego BD249 z użyciem smaru silikonowego można przyjąć, że

$$R_{thjc} + R_{thcr} = 1...1,1K/W$$

Mając wartość Rthra bez trudu można obliczyć, jaką moc rozproszy ten radiator z tranzystorem o innej wartości Rthjc i przy założonej innej, wyższej temperaturze otoczenia.

Uwaga! Do badania małych i średnich radiatorów całkowicie wystarczy napięcie zasilające (stałe) w granicach 16...20V. Jeśli jednak po dołączeniu większego radiatora i włączeniu zasilania dioda D5 nie zaświeci się nawet po dłuższym czasie a napięcie na woltomierzu nie spada, to znaczy, że badany duży radiator może stracić więcej mocy, niż aktualnie doń doprowadzono. Aby sprawdzić moc maksymalną takiego dużego radiatora, należy po prostu zwiększyć napięcie +Uzas. Maksymalne napięcie zasilające +Uzas jest ograniczone głównie napięciem pracy kondensatorów elektrolitycznych, w tym C7. Nie powinno być wyższe niż 40V. Układ scalony U1 typu LM358 według katalogu ma maksymalne napięcie zasilania 36V, ale nie powinna mu w żaden sposób zaszkodzić krótkotrwała praca przy napięciu 40V.

Ze względu na straty mocy w tranzystorze T2, występujące przy badaniu małych radiatorów, zaleca się przeprowadzać wstępne pomiary przy napięciu zasilającym 16...20V, a jedynie przy większych radiatorach zwiększać napięcie, nawet do 40V.

Inne uwagi. W czasie pomiarów radiatorów tranzystorów T2 i T3 mogą mieć wysokie temperatury, znacznie przekraczające +100°C. Podczas prób należy więc zachować daleko idącą ostrożność, by nie ulec przykrym poparzeniom. Przy większych napięciach zasilania, powyżej 20V, warto rozważyć możliwość dodatkowego chłodzenia radiatora T2 za pomocą wentylatora. Oczywiście taki wentylator nie powinien chłodzić badanego radiatora, który ma mieć warunki pracy dokładnie takie, jak w przewidywanym układzie pracy.

Piotr Górecki
Zbigniew Orłowski

Wykaz elementów

Rezystory

R1	3,3kΩ
R2	3kΩ
R3	10kΩ
R4	220kΩ
R5	470Ω/2W
R6	0,1Ω/5W
R7,R8	51Ω
R9	9,1kΩ
PR1	20kΩ helitrim
PR2	2,2kΩ helitrim

Kondensatory

C1-C5	2200μF/40V
C6,C8	100nF 63V followy
C7	100μF/40V

Półprzewodniki

D1-D4	dowolna dioda 2A
D5	LM385 1,2V
D6	LED żółta
D7	LED zielona
T1	BD139 lub podobny
T2	BDW83C
T3	BD249B
T4-T6	BC557
U1	LM358

* radiator dla tranzystora T2 (wchodzi w skład kitu)

* płytką drukowaną wg rysunku 4

Uwaga! Elementy D1-D4, C1-C5 nie wchodzi w skład kitu AVT-2398.

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2398

REKLAMA · REKLAMA · REKLAMA · REKLAMA · REKLAMA · REKLAMA · REKLAMA · REKLAMA · REKLAMA · REKLAMA · REKLAMA · REKLAMA · REKLAMA · REKLAMA · REKLAMA