



Oszczędny sterownik wentylatora



Do czego to służy?

Opisywany oszczędny sterownik powstał jako „produkt uboczny” przy projektowaniu zasilacza sterowanego mikroprocesorem na potrzeby cyklu mikroprocesorowej Osłej łączki. Układ jest jednak bardzo uniwersalny i znajdzie zastosowanie w najróżniejszych zasilaczach i wzmacniaczach mocy, dlatego warto opisać go szczegółowo. Warto też zapoznać się z zastosowanymi w nim nietypowymi rozwiązaniami, ponieważ może to stanowić inspirację do innych projektów.

Otóż coraz powszechniej wykorzystuje się w rozmaitych urządzeniach elektronicznych małe radiatory od procesorów komputerowych wyposażone w wentylator. Ruch powietrza wywołany pracą wentylatora kilkakrotnie zmniejsza rezystancję termiczną i w efekcie zaskakująco mały radiator może rozproszyć nawet 100W mocy strat (co zależy też od możliwości tranzystora lub układu scalonego). Wentylatory w takich radiatorach mają napięcie nominalne 12V i tu pojawiają się dwa problemy:

- przy takim napięciu zasilania niektóre wentylatory potrafią irytująco szumieć,
- często stosowane są we wzmacniaczach mocy i zasilaczach, gdzie dostępne są napięcia rzędu 30...50V, więc trzeba stosować redukcję napięcia zasilania, co oznacza dodatkowe, niepotrzebne straty ciepła.

Opisywany projekt, wbrew pozorom, pracuje w sposób impulsowy i pozwala radykalnie zredukować straty mocy. Po drugie w spoczynku wentylator pracuje bezszelestnie z małą prędkością, a inteligentnie zwiększa obroty dopiero przy wzroście temperatury radiatora lub mocy strat kontrolowanego urządzenia. W wersji z układem LM35 można dodatkowo w prosty sposób mierzyć temperaturę radiatora.

Jak to działa?

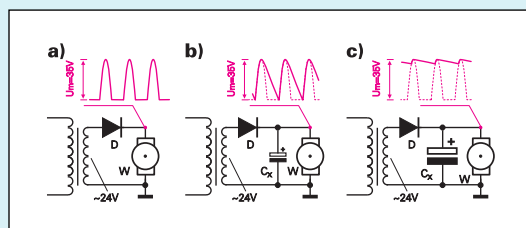
Sposobem na radykalne zredukowanie mocy strat jest wykorzystanie napięcia tętniącego wyprostowanego jednopołówkowo. Ideę ilustruje rysunek 1a. Z transformatora napięcia zmiennego 24V za diodą uzyskuje się tętnią-

ce napięcie o wartości średniej około 12V, przy czym amplituda impulsów sięga w praktyce ponad 35V. Okazuje się, że wentylator komputerowy zadowolająco pracuje przy takim nietypowym sterowaniu impulsowym, ale jego obroty są mniejsze niż przy wygładzonym napięciu stałym 12V. Aby zwiększyć jego obroty, wystarczy dodać niewielki kondensator elektrolityczny o dobranej pojemności, jak pokazuje obrazowo rysunek 1b. Dodanie takiej niewielkiej pojemności spowoduje niewielkie zwiększenie średniego napięcia na silniku i wzrost obrotów. Pojemność nie może być zbyt duża – jak pokazuje przekreślony rysunek 1c, nadmierne zwiększenie pojemności spowoduje wzrost średniego napięcia na silniku do wartości bliskiej amplitudzie przebiegu, grożąc uszkodzeniem silnika.

W praktyce pojemność C_x należy dobrać doświadczalnie. Przeprowadzone próby pokazują, że przy napięciu zmiennym 24V i niewielkim wentylatorce kondensator 47 μ F/40V zapewnia odpowiednio duże obroty i dobrą skuteczność chłodzenia, jak przy filtrowanym napięciu stałym 12V.

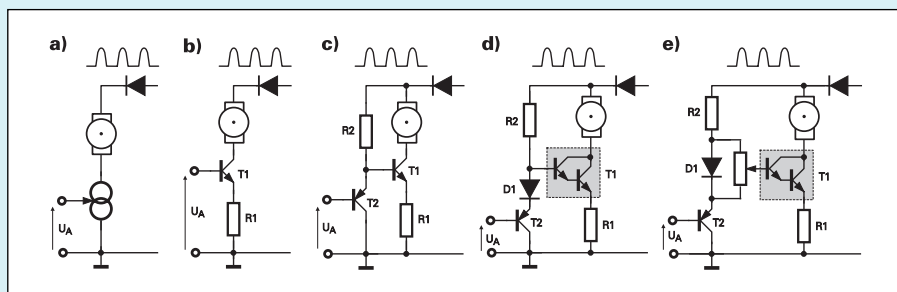
Przy takim maksymalnym chłodzeniu wentylator wytwarza znaczny szum, a zarówno we wzmacniaczach mocy, jak i w zasilaczach maksymalne chłodzenie potrzebne jest tylko w ciągu krótkich okresów, gdy urządzenie jest w pełni obciążone. Warto więc dodać obwód sterowania, zmieniający obroty wentylatora

zależnie od potrzeb. W układzie występuje napięcie tętniące, więc nie każdy sposób elektronicznego sterowania zda egzamin. Analiza i eksperymenty wskazują, że dobrym i tanim rozwiązaniem jest wykorzystanie sterowanego źródła prądowego – rysunek 2a, zrealizowanego za pomocą jednego - rysunek 2b lub dwóch tranzystorów – rysunek 2c. Układ z rysunku 2b do otwarcia tranzystora wymaga napięcia sterującego U_A powyżej 0,6V, natomiast układ według rysunku 2c przy jednakowych spadkach napięcia baza-emiter obu tranzystorów będzie pracował przy napięciach sterujących od zera. Ze względu na znaczne wartości szczytowego prądu silnika, korzystne jest zastosowanie „darlingtona” w roli T2. W ten sposób otrzymujemy kompletny sterownik według rysunku 2d. Obecność diody D1 pozwala na regulację napięciami U_A począwszy od zera. Ścisłej biorąc, idealna regulacja, począwszy od napięcia U_A równego zeru występowałaby, gdyby spadki napięcia na złączach były identyczne. Z kilku względów



Rys. 1 Zasada działania

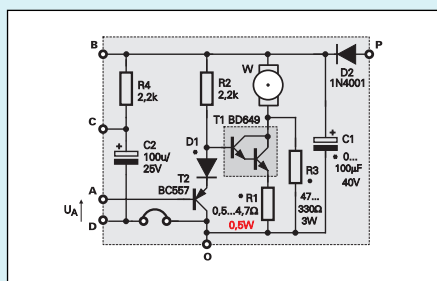
Rys. 2 Realizacje układowe



tak nie jest (i być nie może), co jednak nie jest wcale wadą takiego prostego sterownika. Co ważniejsze, wymiana zwykłej diody krzemowej D1 na inny element pozwala łatwo regulować próg otwierania tranzystora T1. Przykładowo usunięcie (zwarcie) tej diody daje układ otwierający tranzystor T1 przy napięciach U_A powyżej 0,5...0,6V, analogicznie jak ten z rysunku 2b. Wstawienie w miejsce D1 diody Schottky'ego daje układ, który zaczyna się otwierać przy napięciach około 0,3V. Diody krzemowe o różnej powierzchni złącza, np. małe, jak 1N4148 i większe 1N4001, mają minimalnie różne napięcia przewodzenia. Podobna mała różnica występuje między diodami Schottky'ego: małymi (np. BAT43, BAT85) a większymi (np. 1N4817). Napięcie przewodzenia diod zależy bardziej od prądu przewodzenia, a ten od wartości R2 (1k Ω ...10k Ω). Można też dodać potencjometr według **rysunku 2e**, ewentualnie analogiczny dzielnik z dwóch rezystorów, co pozwoli na dowolną regulację progu włączania źródła prądowego.

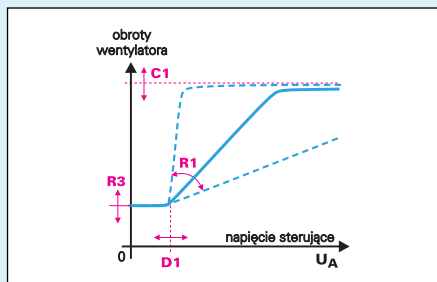
Równoległe do źródła prądowego można dołączyć rezystor o dobranej wartości, co zapewni, że w spoczynku wentylator będzie pracował bezszelstnie z niewielką prędkością. W ten sposób doszliśmy do wersji praktycznej uniwersalnego, oszczędnego sterownika wentylatora – schemat pokazany jest na **rysunku 3**. Wartość rezystora R1 decyduje o czułości sterowania – czym mniejsza wartość tego rezystora, tym mniejsze zmiany napięcia sterującego będą zmieniać prąd w pełnym zakresie. Wartość R1 należy dobrać odpowiednio do potrzebnego zakresu napięć sterujących U_A . Ostatecznie w układzie można niezależnie dobrać:

- maksymalną prędkość wentylatora (C1)
- obroty spoczynkowe (R3)



Rys. 3 Schemat ideowy

Rys. 4 Charakterystyka układu



- próg włączania źródła prądowego (D1)
- czułość sterowania źródła (R1)

Pokazuje to w niewielkim uproszczeniu **rysunek 4**.

Układ według rysunku 3 może znaleźć różnorodne zastosowania. Na przykład w zasilaczu czy wzmacniaczu mocy można zastosować dodatkowy prosty obwód uzależniający obroty wentylatora od chwilowego poboru prądu lub sygnału wyjściowego – takie wykorzystanie modułu pokazują **rysunki 5a, 5b**. Bardziej interesujące będzie uzależnienie prędkości wentylatora od temperatury. **Rysunek 6** pokazuje przykład współpracy z czujnikiem LM35. Dodatkowy obwód RdCd filtruje napięcie do zasilania czujnika LM35, dzięki czemu istnieje prosta możliwość ciągłego odczytu **temperatury radiatora** pod warunkiem, że czujnik ma dobry kontakt termiczny z radiatorem, co można osiągnąć np. umieszczając go w otworze wywierconym w radiatorze jak najbliżej elementu czynnego wydzielającego ciepło (tranzystora, stabilizatora, wzmacniacza mocy). W żadnym

wypadku nie będzie to jednak temperatura złącza tego elementu czynnego ani nawet temperatura jego obudowy, ponieważ nie sposób zapewnić doskonałego kontaktu termicznego czujnika z tym elementem. Ponieważ czujnik LM35 ma współczynnik przetwarzania 10mV/°C, w module należy zastosować R1 o odpowiednio małej wartości (ok. 1 Ω ...1,5 Ω). Ponieważ „spoczynkowa temperatura” otoczenia i radiatora wynosi zwykle 20...30°C, wentylator powinien zwiększać obroty dopiero dla temperatur wyższych, czyli dla napięć U_A powyżej 0,3V. Można to łatwo osiągnąć, stosując w roli D1 diodę Schottky'ego.

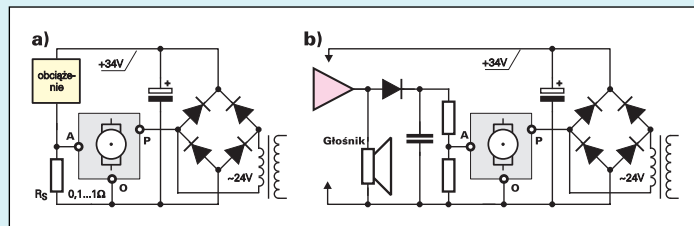
Montaż i uruchomienie

Opisywany układ można zmontować na małej płytce drukowanej, pokazanej na **rysunku 7**. Ponieważ jest bardzo prosty, z powodzeniem można go zmontować w solidnym „paką”, lub na kawałeczku płytki uniwersalnej.

Układ prawidłowo zmontowany ze sprawnych elementów pracuje od razu, trzeba jednak indywidualnie, zależnie od wielkości i parametrów silnika wentylatora, dobrać obroty spoczynkowe za pomocą rezystora R3, ewentualnie skorygować wartość R1, by uzyskać potrzebny zakres regulacji i zastosować diodę Schottky'ego, zwykłą lub zworę w roli D1, by uzyskać potrzebny próg włączania.

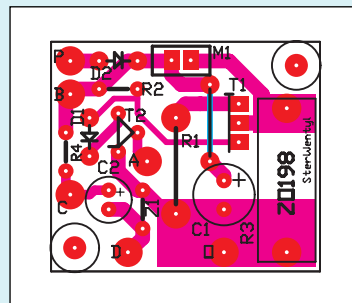
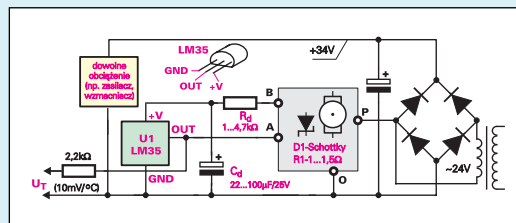
Opisany moduł można stosować przy zasilaniu napięciem pojedynczym, jak pokazują rysunki 5, 6. Układ może też pracować w systemach z zasilaniem symetrycznym według **rysunku 8**. W przypadku transformatora o napięciu zmiennym większym niż 24V może się okazać, że nie tylko nie potrzeba kondensatora C1 w sterowniku, ale wręcz trzeba zredukować obroty. Wtedy wystarczy wstawić w szereg z diodą D2 rezystor Rx o dobranej mocy i wartości kilkudziesięciu do kilkuset omów.

Piotr Górecki



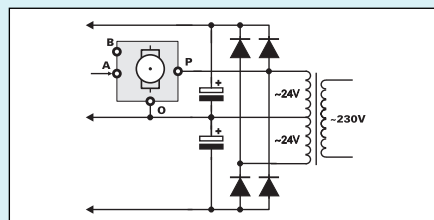
Rys. 5 Przykłady wykorzystania

Rys. 6 Pomiar temperatury



Rys. 7 Schemat montażowy

Rys. 8



Wykaz elementów

| | | |
|----|-------|----------------------------------|
| R1 | | 0,5...4,7 Ω |
| R2 | | 1...10k Ω |
| R3 | | 47...330 Ω 3W |
| C1 | | 0...100 μ F/40V |
| D1 | | patrz tekst |
| D2 | | 1N4001...4007 |
| T1 | | „darlington” mocy NPN, np. BD649 |
| T2 | | BC557 |

Komplet podzespołów z płytka jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2717