

Analogowy regulator obrotów wentylatora

Gdy przewidywane jest chłodzenie wymuszonym przepływem powietrza, często istnieje potrzeba sterowania obrotami wentylatora zależnie od temperatury radiatora, co zapewnia opisywany prosty szeregowy regulator obrotów.

Do czego to służy?

Przy chłodzeniu pasywnym elementów oddanie do otoczenia mocy rzędu 20..30W wymaga użycia sporego gabarytowo, a zatem kosztownego radiatora.

Zmniejszenie wielkości radiatora możliwe jest przez zastosowanie wymuszonego przepływu powietrza. Zastosowanie wentylatora umożliwia znaczące zwiększenie wydajności oddawania ciepła do otoczenia, tj. kilkukrotne zmniejszenie rezystancji termicznej radiator-otoczenie. Oczywiście elementy aktywnego układu chłodzenia, tj. wentylator, radiator (droga przepływu powietrza), powinny być optymalnie dobrane do danego zastosowania, co było opisywane w cyklu „Policz” dotyczącym radiatorów. Przy niewielkiej ilości miejsca w obudowie na radiator chłodzenie wymuszone jest często jedynym sensownym rozwiązaniem. Obracający się z maksymalnymi obrotami (włączony na stałe) wentylator jest rozwiązaniem nieoptymalnym, zwłaszcza gdy moc tracona w chłodzonych elementach nie jest stała (np. jest zależna od obciążenia). W takim wypadku potrzebny jest możliwie prosty regulator obrotów wentylatora, który powinien spełniać opisane poniżej wymagania. Idealnie byłoby, aby wentylator w niskiej temperaturze radiatora był wyłączony i włączał się dopiero po przekroczeniu ustawionego progu temperaturowego. Natomiast po włączeniu jego obroty powinny być proporcjonalne do temperatury radiatora z możliwością łatwej regulacji nachylenia charakterystyki temperatura-obroty (w etapie montażu) poprzez ustawienie punktu temperaturowego, w którym wentylator osiąga maksymalne obroty. Powinien również uniemożliwiać wzrost napięcia powyżej bezpiecznej granicy dla zastosowanego typu wentylatora. Niejednokrotnie dostępne w urzą-

dzeniu napięcie zasilania okaże się zbyt wysokie dla zastosowanego wentylatora. W takim przypadku układ powinien zapewniać wartość maksymalną napięcia na wentylatorze zbliżoną do jego napięcia nominalnego. Powinien być również odporny na zwarcie wyjścia. Czy układ realizujący takie założenia może być prosty?

Tak! Opisany dalej sterownik spełnia powyższe założenia. Mimo że zastosowana metoda regulacji napięciowej jest mniej efektywna niż regulacja PWM (większe straty i mniejszy moment przy niskich obrotach) to może być (i jest np. zasilaczach komputerowych) z powodzeniem używana w praktyce.

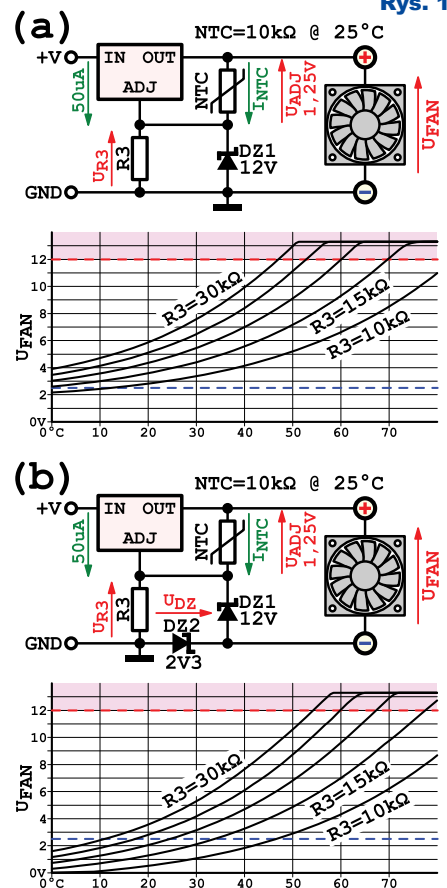
Jak to działa?

Zastosowanie LM317 w regulatorze obrotów wentylatora jest korzystniejsze od tranzystora mocy ze względu na wbudowane zabezpieczenie termiczne (przeciwzwarciowe) oraz izolowaną obudowę. W najprostszym przypadku regulator obrotów wentylatora oparty na układzie LM317 mógłby wyglądać jak na rysunku 1a. Stabilizator U1 utrzymuje stałe napięcie między wyjściem a końcówką referencyjną (1,25V). Zmiana rezystancji termistora NTC w funkcji temperatury powoduje zmianę płynącego przez niego prądu. Ze względu na ujemny współczynnik temperaturowy termistora prąd rośnie wraz ze wzrostem temperatury (ponieważ maleje rezystancja termistora). Prąd ten powoduje proporcjonalny spadek napięcia na rezystorze R3. Wartość napięcia zasilającego wentylator wynosi zatem $U_{FAN} = U_{ADJ} + U_{R3}$. Do poprawnej pracy układu w wymaganym zakresie temperatur wymagane jest dobranie wartości rezystora R3. Jak obrazuje wykres dla termistora (typ jak w wykazie elementów, tj. NTC 10kΩ w 25°C), optymalna wartość R3 dla chłodzenia wymuszone-

go radiatora wynosi około 15kΩ. Przy takiej wartości wentylator osiągnie maksimum obrotów (tj. 12V) w temperaturze czujnika NTC zbliżonej do 70°C. Zabezpieczenie przed przekroczeniem napięcia wyjściowego stabilizatora powyżej bezpiecznej dla wentylatora granicy (12V) realizuje dioda Zenera DZ1. W przypadku dalszego wzrostu temperatury i co za tym idzie napięcia na R3

kit
3243
AVT

Rys. 1



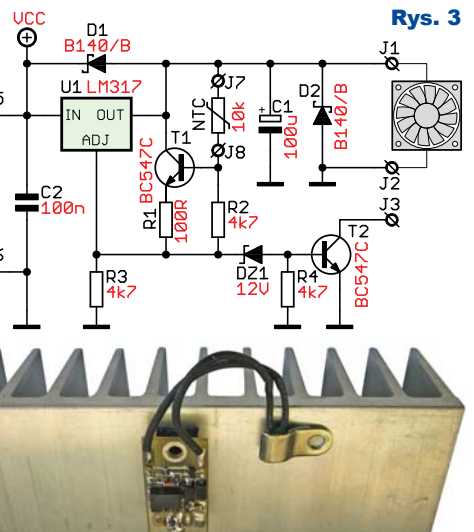
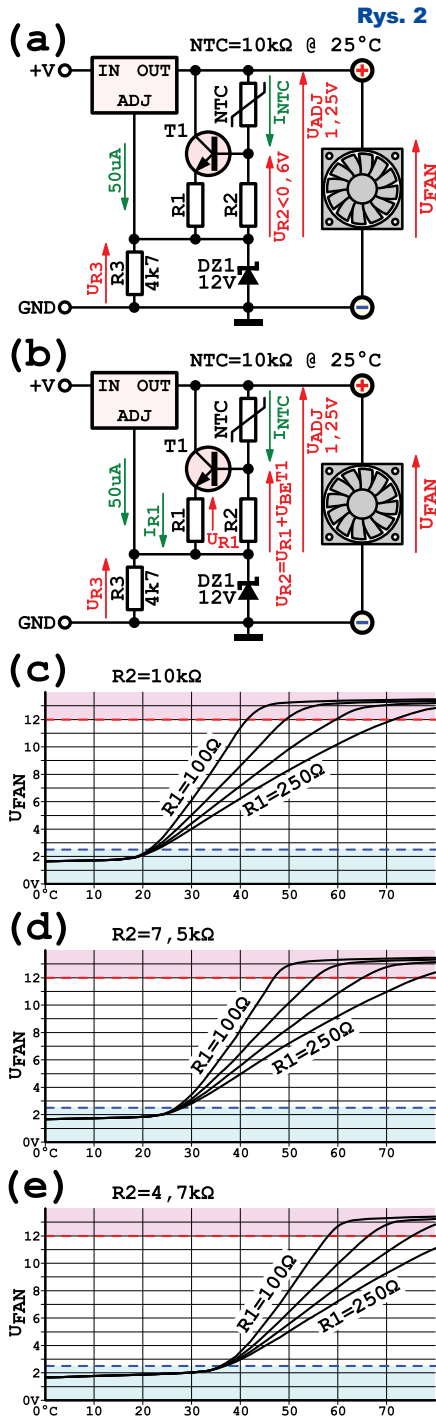
powyżej napięcia Zenera DZ1, dioda ta zaczyna przewodzić, odprowadzając do masy nadmiar prądu i uniemożliwiając tym dalszy wzrost napięcia na wentylatorze. Wartość napięcia Zenera równa napięciu pracy wentylatora wyznacza maksymalne napięcie wyjściowe, wyższe o 1,25V od napięcia nominalnego wentylatora, co jak najbardziej mieści się w granicach jego tolerancji. Jak wynika z wykresu, napięcie U_{FAN} nie zmniejsza się poniżej progu włączenia wentylatora zaznaczonego niebieską li-

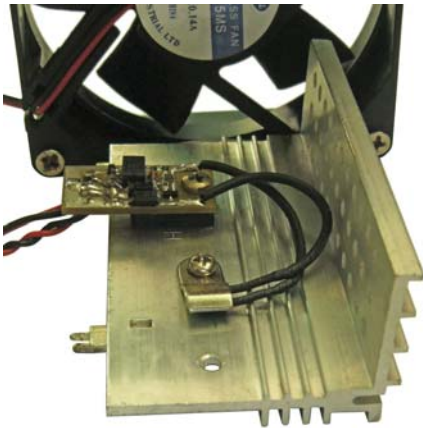
nią przerywaną. W tak prostym układzie wentylator pracuje również w niskich temperaturach, gdy nie jest wymagane chłodzenie wymuszone, co może być uznane za pewną wadę. Aby wentylator był wyłączony w niższych temperaturach, można zastosować diodę Zenera DZ2 (U_Z z zakresu 2,3..3,3V) włączoną według **rysunku 1b**. Oczywiście wymagane jest wtedy zastosowanie diody o mocy większej, niż wynika ze wzoru: $P_{DZ}=U_{DZ} \cdot I_{MAX}$, gdzie: U_{DZ} – nominalne napięcie diody Zenera; I_{MAX} – maksymalny (zwarciowy, przy zatrzymanym wirniku) prąd pobierany przez wentylator. Przy zastosowaniu diody DZ wymagana jest korekta wartości R3 na odpowiednio większą tak, by zniwelować zobrazowane na wykresie przesunięcie punktu temperaturowego (w kierunku wyższej temperatury), przy którym wentylator osiąga maksymalne obroty. Mimo potencjalnych trudności przy regulacji układu dla konkretnych warunków pracy, jego prostota sprawia, że z powodzeniem może on być stosowany w praktyce.

Znacznie bardziej praktyczną wersję układu ilustruje **rysunek 2**. Modyfikacja polega na dodaniu zaledwie trzech elementów, co umożliwi uzyskanie bardziej elastycznej procedury regulacyjnej, umożliwiającej w prosty sposób dostosowanie układu do zakładanych warunków pracy, zależne od typu współpracującego wentylatora, progów temperaturowych jego włączenia i osiągnięcia maksymalnych obrotów. W niskiej temperaturze (rysunek 2a) spadek napięcia na R2 wywołany prądem płynącym przez NTC nie przekracza 0,6V i T1 jest zatkany. Znikomy prąd płynący przez NTC i R2 wywołuje niewielki spadek napięcia na R3, ustalając w ten sposób napięcie wyjściowe poniżej progu włączenia wentylatora ($U_{FAN} < 2..3V$). Gdy temperatura

wzrośnie (rysunek 2b) powyżej progu, przy którym prąd płynący przez NTC i R2 powoduje spadek napięcia na R2 zbliżony do $U_{R2} \approx 0,6V$, tranzystor T1 zaczyna przewodzić. Wypływający z jego emitera prąd powoduje spadek napięcia na R1, wprowadzając tym ujemne sprzężenie zwrotne, ustalające wartość prądu I_{R1} (zależnie od wzmacnienia β T1). Ustala się stan równowagi i spadek napięcia na R2 jest równy $U_{R2} = U_{R1} + U_{BE T1}$. Dodatkowy prąd I_{R1} zwiększa spadek napięcia na R3 i w konsekwencji stabilizator ustala odpowiednio wyższe napięcie na wentylatorze (zależne od temperatury czujnika). Zmieniając wartość rezystora R2, można ustalić próg temperaturowy, w którym nastąpi włączenie wentylatora, co widać na wykresach (2c–e), gdzie T1 to BC847C ($\beta \approx 450$).

Natomiast wartość R1 (powinna być dobrana po ustaleniu wartości R2) odpowiada za nachylenie charakterystyki temperatura–napięcie (wzmocnienie), wyznaczając próg, przy jakiej temperaturze termistora wentylator będzie pracował z maksymalnymi obrotami (napięcie zasilające osiągnie wartość nominalną dla zasilanego typu wentylatora). **Rysunek 3** przedstawia schemat ideowy układu (numeracja ele-





mentów jest zgodna z wcześniejszymi rysunkami). Zasada działania układu została już wyjaśniona. Poniżej opisane są jedynie widoczne na schemacie dodatkowe elementy. Dioda D1 chroni U1 w sytuacji, przy której napięcie na wyjściu U1 jest większe od napięcia na wejściu np. po wyłączeniu zasilania. Podobnie D2 zapewnia tłumienie szpilek napięciowych, powstających na indukcyjności silnika. Kondensatory C1, C2 przeciwdziałają niestabilnej pracy U1. Elementy R4 i T2 realizują proste wyjście OC sygnalizujące, że temperatura jest powyżej założonej granicy i wentylator pracuje na maksymalnych obrotach. Prąd płynący przez DZ1 w takiej sytuacji powoduje wzrost napięcia na R4 i odetkanie T2. W najprostszym przypadku do kolektora T1 można dołączyć (od plusa) diodę LED sygnalizacyjną z rezystorem

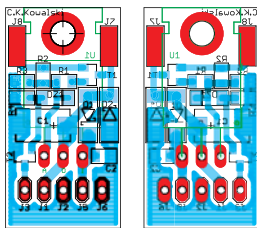
ograniczającym jej prąd. Wyjście można również podłączyć do zewnętrznego układu np. mikrokontrolera. Niemniej ze względu na brak histerezy współpracujące w urządzeniu nadrzędnym wejście powinno być podciągnięciem do plusa wejściem Schmitta (lub w inny sposób trzeba zapewnić histerezę). Gdy wyjście nie będzie wykorzystywane (T2 nie będzie montowany), to anodę DZ1 należy połączyć z masą układu, lutując zamiast R4 zwróć.

Montaż i uruchomienie

Rozmieszczenie elementów na jednowarstwowym obwodzie drukowanym widoczne jest na **rysunku 4**. Montaż elementów na uprzednio sprawdzony druk wymaga komentarza. Jako pierwsze należy przylutować elementy T2 i C1, by nie zablokować dostępu do pól lutowniczych innych elementów. Kolejność lutowania pozostałych elementów nie jest istotna. U1 powinien być lutowany od strony elementów, wkładką radiatorową na zewnątrz. By ułatwić montaż, przed lutowaniem wyprowadzeń należy przykręcić U1 do PCB. W celu minimalizacji naprężeń mechanicznych, między U1

a PCB należy zastosować podkładkę (tuleję dystansową $h=2...3\text{mm}$). Przewody wentylatora i zasilające lutować bezpośrednio do punktów lutowniczych na PCB. Iloczyn spadku napięcia na U1 i poboru prądu przez wentylator wyznacza moc traconą w U1.

Rys. 4



Na przykład, przy zasilaniu układu napięciem 20V i sterowaniu wentylatorem (12V, 240mA) maksymalna moc strat U1 wynosi około 2W. U1 wymaga montażu na niewielkim radiatorze lub lepiej na radiatorze chłodzonym przez wentylator. Przykręcając układ do radiatora, między U1 a radiator należy zastosować pastę termoprzewodzącą. Termistor NTC należy przykręcić do chłodzonego radiatora (w pobliżu chłodzonych elementów mocy) za pomocą śruby i blaszanej obejmy, koniecznie stosując pastę termoprzewodzącą. Celowa rezygnacja z potencjometrów montażowych na rzecz stałych rezystorów uniemożliwia przypadkową zmianę charakterystyki układu. Jedyną możliwością korekcji punktu włączania wentylatora oraz punktu maksymalnych obrotów jest zmiana wartości rezystorów R1, R2, R3 według opisu z poprzedniego śródtytułu.

Cyprian Kamil Kowalski
c4v2@o2.pl

Wykaz elementów

R1	.....	100Ω 0805
R2,R3,R4	.....	4,7kΩ 0805
C2	.....	100nF 0805
C1	.....	100uF KEMET D / CT7343
D1,D2	.....	B140/B SMA
DZ1	.....	12V MINIMELF
T1,T2	.....	BC847C
U1	.....	LM317 obudowa izolowana TO220FP
NTC	.....	NTCLE100E3103J0 Vishay

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w Sklepie AVT jako zestaw AVT3243