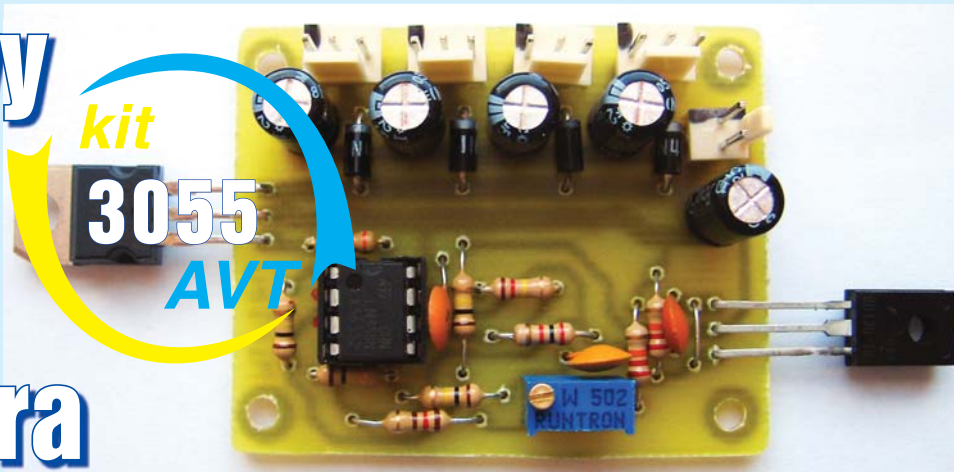




# Analogowy regulator obrotów wentylatora



## Do czego to służy?

W obecnie budowanych układach elektronicznych, zamiast dużych i ciężkich radiatorów, często wykorzystuje się systemy aktywnego chłodzenia z wentylatorami. W dobie techniki mikroprocesorowej wentylatory sterowane są przeważnie z mikrokontrolera lub innego specjalizowanego układu, a prędkość obrotowa regulowana jest poprzez PWM (ang. Pulse-Width Modulation), czyli regulację szerokości impulsu podawanego na wentylator. W niektórych przypadkach nie chcemy sterować wentylatorów impulsowo ze względu na zwiększone ryzyko zakłóceń, jakie mogą powstać w innych częściach danego

układu. Naprzeciw takim oczekiwaniom wychodzi *analogowy sterownik obrotów*. Układ ten został zaprojektowany do aktywnego chłodzenia wzmacniacza dużej mocy i pozwala na regulację obrotów czterech wentylatorów w zależności od temperatury. Czujnikiem temperatury jest tutaj popularny tranzystor BD139. Dokładność nie jest ważna, a zastosowanie tranzystora tego typu pozwala obniżyć koszty całego układu. Ponadto obudowa tego tranzystora może być łatwo przykręcona do radiatora, zapewniając dobry kontakt termiczny. Regulacja obrotów polega na płynnej zmianie napięcia wyjściowego, nie generuje więc żadnych dodatkowych zakłóceń,

przez co znakomicie nadaje się chociażby do wzmacniaczy mocy. Przy cichym słuchaniu, gdy moc strat jest mała, a radiator zimny – wentylatorów nie słychać.

## Jak to działa?

Schemat ideowy regulatora przedstawiony został na **rysunku 1**. Sercem układu jest podwójny wzmacniacz operacyjny U1 (LM358), który może pracować przy napięciach wyjściowych bliskich dolnej szynie zasilania, czyli blisko masy. Pierwsza połowka wzmacniacza (U1A) działa w konfiguracji wzmacniacza różnicowego o wzmocnieniu 1. Czujnikiem temperatury jest tranzystor T1 (BD139), a dokładniej jego złącze baza-kolektor, spolaryzowane w kierunku przewodzenia. Rezystor R1 (22k $\Omega$ ) wyznacza prąd T1. Napięcie na bazie tranzystora T1 w temperaturze pokojowej będzie w granicach 600mV i jak w typowym złączu PN będzie malało wraz ze wzrostem temperatury o wartość około 2,3mV/K. Kondensator C1 (100nF) filtruje to napięcie, które trafia na wejście wzmacniacza różnicowego U1A. Dzielnik zbudowany z R2 (22k $\Omega$ ), P1 (5k $\Omega$ ) i R3 (120 $\Omega$ ) pozwala regulować napięcie, jakie trafia na wejście nieodwracające wzmacniacza różnicowego U1A.

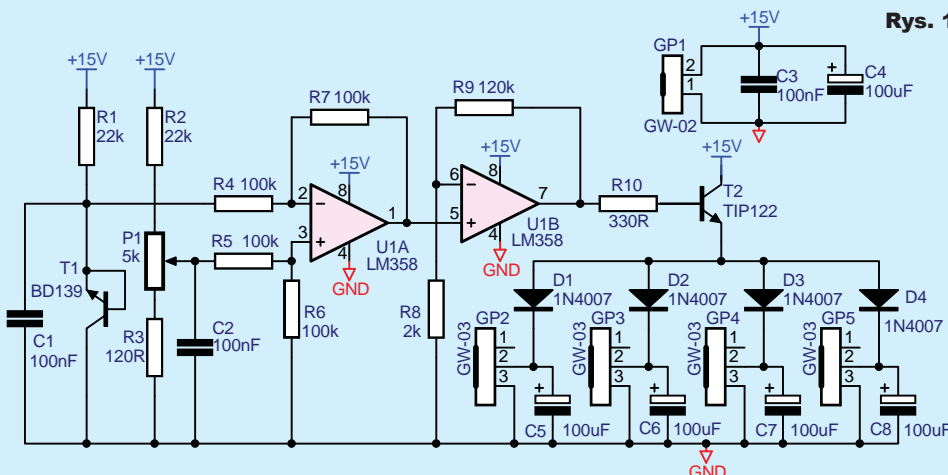
W najprostszym przypadku potencjometrem P1 należy ustawić napięcie na C2 równe napięciu, jakie panuje na C1 w temperaturze pokojowej. Napięcie na wyjściu U1A w temperaturze pokojowej będzie równe zero i będzie rosło ze wzrostem temperatury o 2,3mV/K.

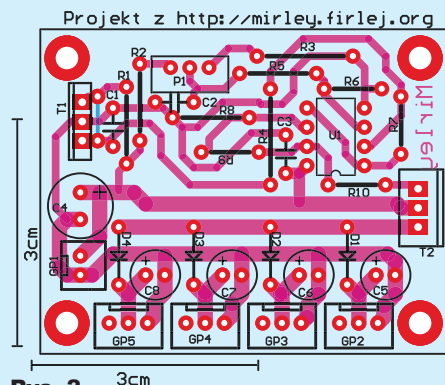
Druga połowka wzmacniacza (U1B) stanowi wzmacniacz nieodwracający o wzmocnieniu 61 (R9=120k $\Omega$ , R8=2k $\Omega$ ). Elementem wykonawczym jest tranzystor w układzie Darlingtona T2 (TIP122), pracujący jako wtórnik.

Napięcie różnicowe z wyjścia U1A jest wzmacniane ponad 60 razy, po



Rys. 1





Rys. 2

czyż trafia na tranzystor T2. Prąd płynący przez tranzystor T2 trafia przez diody D1–D4 (1N4007) na złącza GP2–GP5, które umożliwiają podłączenie wentylatorów. Kondensatory C5–C8 (100uF) filtrują zasilanie wentylatorów, a dodatkowo niwelują zakłócenia, które generują same wentylatory podczas pracy.

Układ zasilany jest napięciem 15V ze względu na spadek napięcia na złączu baza-emiter tranzystora T2, wynoszący około 0,6V, oraz spadek napięcia na szeregowych diodach o podobnej wartości. Dodatkowo sam wzmacniacz operacyjny nie potrafi pracować przy napięciach wyjściowych bliskich górnej szynie zasilania. Te wszystkie ograniczenia oraz chęć uzyskania zasilania wentylatora w przedziale 0–12V wymusiły podwyższenie napięcia zasilania do 15V. Napięcie zasilania układu podawane jest na złącze GP1, a kondensatory C3 (100nF) i C4 (100uF) stanowią jego filtrację.

## Montaż i uruchomienie

Montaż układu nie jest skomplikowany, lutowanie należy rozpocząć od zamontowania jednej zworki. Pomocą będzie schemat montażowy widoczny na **rysunku 2**. Kolejność pozostałych elementów jest dowolna, ale wygodnie zacząć od rezystorów i diod, a skończyć na kondensatorach elektrolitycznych i złączach. Sposób montażu tranzystora wykonawczego T2 i czujnika T1 jest bardzo ważny. Należy pamiętać, że tranzystor T2 pracuje liniowo, więc wydziela się

### Wykaz elementów

R1,R2	.....	22kΩ
R3	.....	120Ω
R4,R5,R6,R7	.....	100kΩ
R8	.....	2kΩ
R9	.....	120kΩ
R10	.....	330Ω
P1 (wielobrotowy)	.....	.5kΩ
C1,C2,C3	.....	100nF
C4,C5,C6,C7,C8	.....	100uF
D1,D2,D3,D4	.....	1N4007
T1	.....	BD139
T2	.....	TIP122
GP1	.....	GW-02 (goldpin z przewodzeniem 2 pin)
GP2,GP3,GP4,GP5	.....	GW-03 (goldpin z przewodzeniem 3 pin)
U1	.....	LM358

**Komplet podzespołów z płytka jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-3055.**



Mirosław Firlej  
elektronika@firlej.org

na nim duża moc strat, co bezpośrednio przekłada się na ciepło. Płytkę została tak zaprojektowana, aby możliwe było jej przykręcenie do radiatora, który ma być chłodzony przez sam sterownik. Tranzystory T1 i T2 trzeba wtedy zamontować na długich wyprowadzeniach i odpowiednio je wygiąć, aby możliwe było przykręcenie ich do radiatora. Należy tutaj pamiętać o podkładkach silikonowych lub miko-wych, aby odizolować się elektrycznie od radiatora. Pod układ U1 dobrze jest zastosować podstawkę, a w roli P1 konieczny jest potencjometr wielobrotowy.

Uruchomienie układu nie sprawi problemów. Układ zbudowany ze sprawnych komponentów powinien działać od razu. Trzeba jedynie pamiętać o ustawieniu progu działania za pomocą potencjometru P1, tak aby w temperaturze pokojowej wentylatory kręciły się wolno. Napięcie w układzie modelowym mierzone na wentylatorze wynosiło wówczas około 4V. Układ osiągał na wyjściu napięcie 12V dla temperatury 80 stopni, czyli przy wzroście o około 60 stopni.

W układzie modelowym napięcie na wyjściu zmieniało się w granicach 4–12V. Przy wzmocnieniu układu U1B wynoszącym 61 daje to zmianę napięcia na wyjściu U1A o około 131mV (8V/61). Wartość ta po podzieleniu przez 2,3mV/K daje zmianę temperatury o 57 stopni. Wynika z tego, że w temperaturze pokojowej (23 stopnie) na wyjściu układu panuje napięcie 4V, a w temperaturze 80 stopni napięcie 12V. Znając potrzebny zakres zmian napięcia wyjściowego i odpowiadający mu zakres zmiany temperatury, można wyliczyć wzmocnienie dla wzmacniacza U1B. Sprowadzi się to do podzielenia zakresu zmian napięcia wyjściowego, wyrażonego w mV, przez zakres zmian temperatury oraz przez stałą wartość 2,3mV/K. Potem wystarczy tylko za pomocą potencjometru P1 dostroić taki punkt pracy, aby w temperaturze pokojowej napięcie wyjściowe było równe założonej przy obliczeniach dolnej granicy.