

# Zasilacz „mikroprocesorowy” 0-25,5V 0-2,55A

*kit*
**2757**
**AVT**


## Do czego to służy?

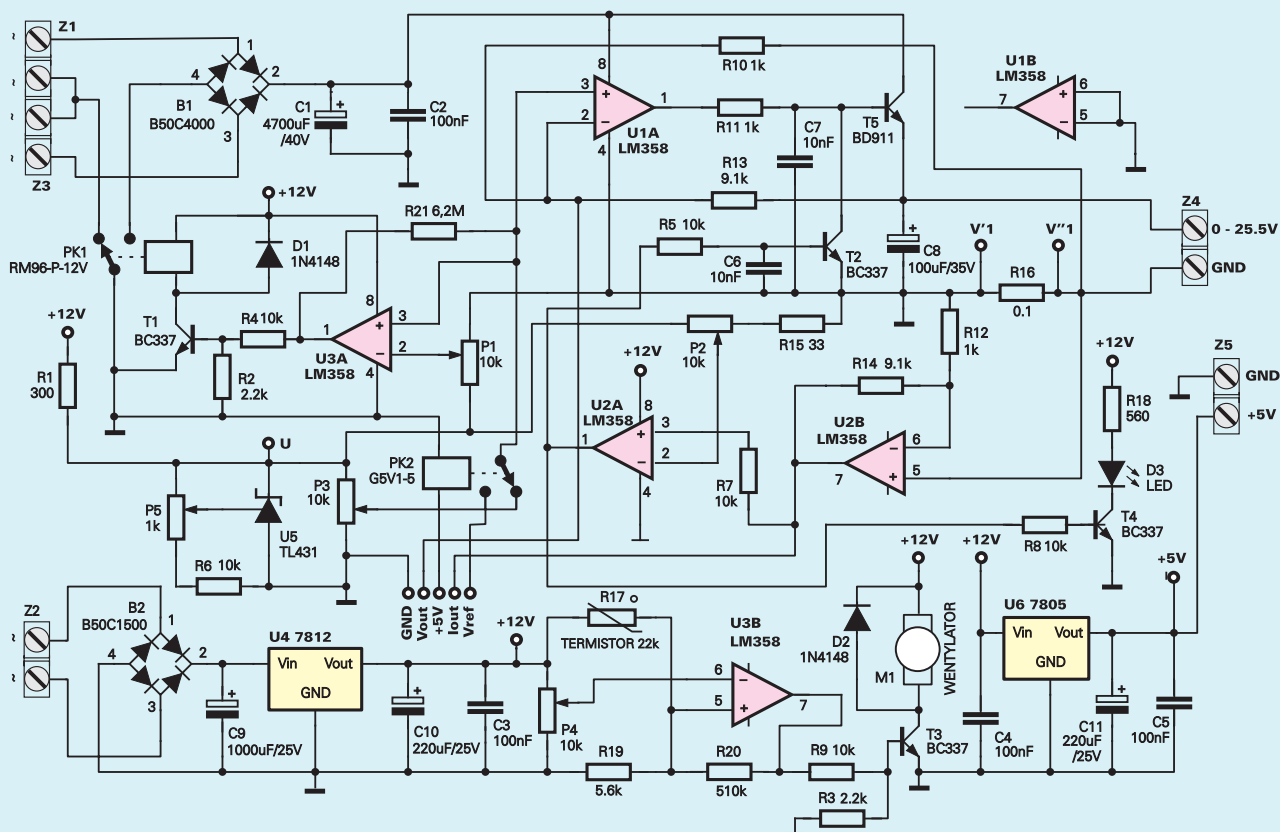
Prezentowany zasilacz charakteryzuje się dużą funkcjonalnością, ma regulowane napięcie wyjściowe w zakresie od 0V do 25,5 V z krokiem 10mV, jak również regulowane ograniczenie prądowe od 10mV do 2,55A z krokiem 10mA. Wszystkie regulacje dokonywane są na drodze analogowej za pomocą potencjometrów. Dla wszystkich miłośników techniki mikroprocesorowej przewidziano możliwość dołączenia do zasilacza dodatkowego modułu sterującego, który umożliwi cyfrowe usta-

wianie napięcia wyjściowego, jak również pomiar tego napięcia i prądu. Funkcję takiego modułu może pełnić np. płytkę testowa AVT3500 z mikrokontrolerem AT90S2313 i przetwornikiem PCF8591 – dla niej też został napisany program sterujący wyżej wymienionymi funkcjami.

## Jak to działa?

Schemat ideowy zasilacza przedstawiony został na **rysunku 1**. Na pierwszy rzut oka może wydawać się on skomplikowany, ale tylko z pozoru. Został zbudowany na popularnych i łatwo dostępnych elementach, a co najważniejsze i tanich. Analizę układu

**Rys. 1 Schemat ideowy**



rozpocniemy od zasady działania zasilacza jako modułu samodzielnego, bez dołączonego sterownika mikroprocesorowego.

Cały układ zasilany jest z transformatora z podwójnym uzwojeniem wtórnym 2\*12V, za pośrednictwem mostka prostowniczego B1. Kondensator C1 filtruje napięcie wyjściowe i powinien mieć dużą pojemność dla zminimalizowania tętnień na wyjściu zasilacza podczas pobierania dużych prądów. Kondensator C2 zwraca do masy ewentualne krótkie przepięcia z sieci energetycznej.

Elementem pełniącym rolę regulatora napięcia jest wzmacniacz U1A (LM358) pracujący w konfiguracji wzmacniacza nieodwracającego o wzmocnieniu ustalonym przez dzielnik napięcia R10, R13. Dla uzyskania zadowalającej dokładności regulacji napięcia wyjściowego należy zastosować rezystory, najlepiej metalizowane o tolerancji 1%, tak aby wzmocnienie wzmacniacza było równe dokładnie 10 razy. Zasada regulacji napięcia jest bardzo prosta. Wzmacniacz ten steruje wyjściowym tranzystorem mocy T5, a na wejście nieodwracające wzmacniacza podawane jest napięcie regulowane z potencjometru P3 w zakresie od 0 do 2,55V. Przy wzmocnieniu wzmacniacza ustalonym na 10, na emiterze tranzystora otrzymujemy napięcie w zakresie od 0 do 25,5V. Aby uzyskać szeroki zakres napięć wyjściowych wzmacniacza, musiał on być zasilony napięciem bezpośrednio z wyjścia mostka prostowniczego B1. Należy zwrócić jeszcze uwagę na sposób włączenia dzielnika napięcia R10, R13. Otóż został on umieszczony za rezystorem R16, który służy do pomiaru prądu. Gdyby dzielnik podłączony był bezpośrednio do masy układu, to napięcie wyjściowe różniłoby się od napięcia ustawionego o spadek napięcia na rezystorze pomiarowym. Przy maksymalnym poborze prądu z zasilacza (2,55A) różnica ta wynosiłaby około 255mV.

Dla zminimalizowania strat w tranzystorze wyjściowym T5 podczas pobierania dużego prądu z zasilacza przy małych napięciach wyjściowych zastosowano transformator z podwójnym uzwojeniem wtórnym 12V, którego uzwojenia przełączane są za pomocą przełącznika PK1. Przy napięciach wyjściowych mniejszych od 12V zasilacz korzysta z jednego uzwojenia, natomiast przy większych napięciach przełącznik załącza drugie uzwojenie transformatora. Przełącznik sterowany jest za pomocą wzmacniacza U3A. Próg załączania regulowany jest potencjometrem P1. Za jego pomocą podawane jest napięcie 1,2V na wejście odwracające wzmacniacza. Na drugie wejście podawane jest napięcie z dzielnika wyjściowego, które jest 10 razy mniejsze od napięcia wyjściowego zasilacza. Tak więc po przekroczeniu napięcia wyjściowego 12V na dzielniku napięcia napięcie wzrośnie powyżej 1,2V i tym samym nastąpi załączenie przełącznika. Dioda D1 chroni układ przed ewentual-

nymi przepięciami podczas przełączania przełącznika. Dla wyeliminowania drgań styków przełącznika podczas regulacji napięcia wyjściowego zastosowano rezystor R21 włączony między wyjście wzmacniacza a jego wejście nieodwracające, wprowadzając tym samym niewielką histerezę. Rezystor ten ma dużą wartość (6,2M), aby napięcie wyjściowe wzmacniacza U3A miało znikomy wpływ na napięcie podawane na regulator napięcia, a tym samym nie powodowało skoków napięcia wyjściowego o kilkadziesiąt miliwoltów podczas przełączania przełącznika.

Następnym blokiem zasilacza jest układ pomiaru prądu i układ ograniczenia prądowego. Zrealizowany on został na tych samych wzmacniaczach co poprzednie bloki, czyli LM358. Ważną cechą tego wzmacniacza jest to, iż może on pracować z napięciami wyjściowymi bliskimi poziomowi masy i odpowiednio wzmocnić napięcie z rezystora pomiarowego. Spadek napięcia na rezystorze R16 jest proporcjonalny do pobieranego prądu. Przy prądzie 10mA spadek napięcia będzie wynosił 1mA, a przy prądzie 2,55A odpowiednio 255mV. Napięcie z tego rezystora zostaje wzmocnione 10 razy przez wzmacniacz odwracający U2B i podane zarówno na wejście modułu mikroprocesorowego jak również na wejście nieodwracające komparatora U2A. Komparator porównuje podane napięcie z napięciem wzorcowym ustalonym potencjometrem P2. Napięcie wzorcowe pobierane jest ze źródła napięcia odniesienia wytwarzanego przez układ TL431. Jeżeli napięcie na wyjściu wzmacniacza U2B wzrośnie powyżej ustalonego progu, wówczas na wyjściu komparatora pojawi się napięcie bliskie napięciu 12V, co spowoduje wysterowanie tranzystora T2. Ten z kolei przejmie część prądu bazy tranzystora mocy T5, ograniczając płynący prąd do wartości ustalonej potencjometrem P2. Podczas zadziałania ograniczenia prądowego układ traci swoje właściwości stabilizacyjne i jest podatny na wzbudzenia. Przed tego typu zjawiskiem chronią kondensatory włączone między bazy tranzystorów T2 i T5 do masy. W chwili zadziałania ograniczenia prądowego komparator steruje również tranzystorem T4, który włącza diodę LED, sygnalizując zadziałanie układu ograniczenia prądowego.

Zasilacz wyposażony został również w wentylator chłodzący radiator, na którym umieszczony jest tranzystor mocy. Dzięki wymuszonemu chłodzeniu możliwe jest zmniejszenie rozmiarów radiatora. Sterowaniem wentylatora zajmuje się komparator zbudowany na układzie U3B. Na jego wejście nieodwracające podawane jest napięcie z dzielnika napięcia utworzonego przez rezystor R19 i termistor R17. Natomiast na wejście odwracające komparatora podane jest napięcie z potencjometru P4, za pomocą którego ustalana jest temperatura zadziałania wentylatora. Wraz z jej wzrostem rezystancja termistora

maleje, powodując zwiększanie się napięcia na wejściu komparatora. Po przekroczeniu zadanego progu następuje załączenie wentylatora. Aby nie włączał się on i wyłączał w krótkich odstępach czasu, wprowadzono histerezę, włączając rezystor między wyjście a wejście nieodwracające komparatora.

Do omówienia został jeszcze blok zasilacza pomocniczego. Jest on również niezbędny do prawidłowego funkcjonowania zasilacza, gdyż wytwarza napięcie +12V zasilające wzmacniacze operacyjne oprócz wzmacniacza U1A. Jest to klasyczny zasilacz, dostarczający napięć +12V i +5V, w którym zastosowano popularne stabilizatory z rodziny 78xx. Napięcie +5V zostało przewidziane do zasilania modułów pomiarowych, w które można wyposażać zasilacz, jeżeli będzie pracował jako jednostka samodzielna – bez modułu sterującego. Napięcie to można również wykorzystać do zasilania płytki testowej, jeżeli zostanie ona wykorzystana do sterowania zasilaczem.

Należy jeszcze wspomnieć o sposobie sterowania zasilaczem za pomocą mikrokontrolera i układu PCF8591. W momencie dołączenia tego modułu do zasilacza, przejmuje on sterowanie napięciami wyjściowymi, które ustawiane jest za pomocą dwóch przycisków. Napięcie +5V podane z płytki testowej AVT3500 załączy przełącznik PK2, co spowoduje, iż napięcie regulujące będzie podawane nie z potencjometru P2, ale z wejścia Vref, które dołączone jest do przetwornika C/A zawartego w strukturze PCF8591. Wyjście Iout służy do pomiaru prądu, a wyjście Vout do pomiaru napięcia wyjściowego. Pomiar napięcia dokonywany jest na dzielniku napięcia R10, R13, na którym napięcie jest 10 razy mniejsze od napięcia na wyjściu zasilacza. Idealnie nadaje się ono do pomiaru, zważywszy, że będzie mierzone bezpośrednio napięcie wyjściowe, a nie napięcie podawane przez PCF8591. Program został napisany tak, że wyniki pomiaru wyświetlane są na czterocyfrowym wyświetlaczu LED. Użytkownik może sobie wybrać mierzoną wielkość wyświetlaną na wyświetlaczu za pomocą mikrostryku dołączonego między końcówkę PD.2 mikrokontrolera a masę.

## Montaż i uruchomienie

Układ należy zmontować na płytce dwustronnej z metalizacją otworów, przedstawionej na **rysunku 2**. Należy przy tym zachować podstawowe zasady montażu, tzn. rozpocząć od wlutowania najmniejszych elementów, a kończąc na tych największych. Przy montażu trzeba zwrócić baczność uwagę na prawidłowe położenie poszczególnych elementów, gdyż późniejsze ich wlutowanie z płytki dwustronnej mniej doświadczonym elektronikom może sprawiać pewne kłopoty.

Do regulacji napięcia wykorzystywany jest helitrim 10kΩ. Zamiast niego można wykorzystać potencjometr obrotowy albo lepiej

precyzyjny potencjometr dziesięcioobrotowy, co zwiększy precyzję ustawiania napięcia wyjściowego i wygodę użytkownika. Czytelnicy, którzy zechcą wykorzystać sterownik mikroprocesorowy, muszą przylutować kawałki przewodów do punktów oznaczonych odpowiednio: GND, +5V, Vout, Vref, Iout.

Na samym końcu przystępujemy do montażu tranzystora mocy. Najpierw należy przykręcić go do radiatora, nie zapominając o posmarowaniu tranzystora pastą ułatwiającą odprowadzanie ciepła. Następnie przykręcamy do radiatora wentylator, a sam radiator do płytki, używając przy tym tulejek dystansowych między płytką a radiatorem. Po tej czynności można przystąpić do wlutowania tranzystora i podłączenia przewodów wentylatora do punktów oznaczonych jako M1, zachowując odpowiednią polaryzację zasilania wentylatora. Teraz można przystąpić do umocowania termistora na radiatorze. Najlepszym rozwiązaniem będzie przyklejenie go za pomocą kleju dwuskładnikowego w pobliżu tranzystora mocy. Pozostało jeszcze przykręcić niewielki radiator w postaci blachy aluminiowej o grubości około 5mm do stabilizatorów napięcia.

Po poprawnym zmontowaniu układu i podłączeniu transformatora TST 2\*12V/150W do złącz Z1, Z3 i transformatora TS18/16 do złącza Z2 można przystąpić do uruchamiania zasilacza. W pierwszej kolejności należy ustawić za pomocą potencjometru P5 napięcie odniesienia w punkcie oznaczonym literą „U” o wartości 2,55V. Następnie potencjometrem P1 ustawiamy napięcie 1,2V na nóżce 2 układu U3. W dalszej kolejności przystępujemy do sprawdzania zakresu napięć wyjściowych zasilacza i poprawności działania przełącznika załączającego uzwojenia wtórne transformatora. Dołączamy woltomierz do wyjścia zasilacza i regulując napięcie za pomocą potencjometru P3 sprawdzamy, czy zakres napięć mieści się w przedziale od 0 do 25,5V. Po przekroczeniu napięcia około 12V powinno być słyszalne zadziałanie przełącznika. Jeżeli przełącznik nie będzie pracował prawidłowo, nie będzie możliwe uzyskanie napięć do 25,5V na wyjściu.

Do regulacji pozostał próg zadziałania wentylatora. Dołączając do zasilacza niewielkie obciążenie, np. żarówkę 12V/5W, tak aby radiator nie nagrzewał się zbyt szybko, należy zmierzyć temperaturę radiatora za pomocą termometru lub na dotyk i potencjometrem P4 doprowadzić do załączenia wentylatora najlepiej przy temperaturze ok. 50-60 stopni.

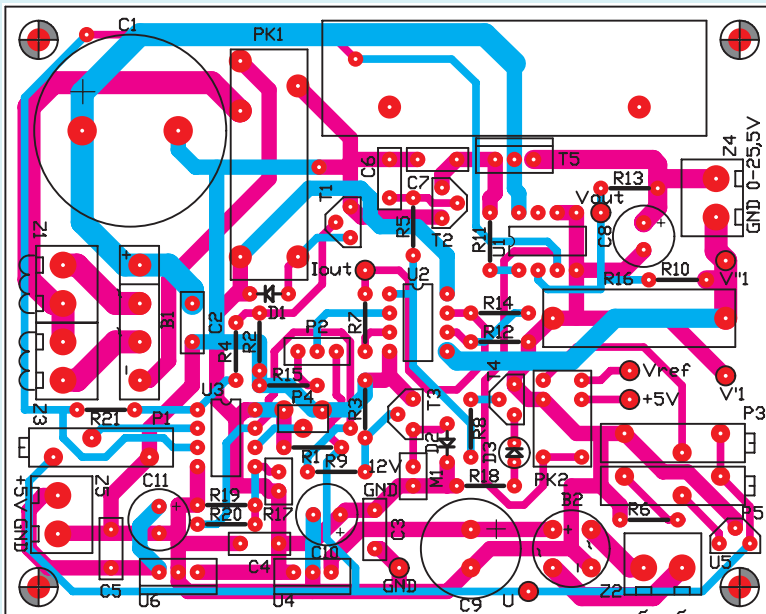
Należy sprawdzić jeszcze ograniczenie prądowe. W tym celu dołączamy w szereg z żarówką amperomierz i obserwujemy jego wskazania, regulując wartość ograniczenia prądowego potencjometrem P2. W chwili zadziałania ograniczenia powinna zaświecić się dioda LED, a przy skrajnym położeniu suwaka potencjometru płynący prąd nie powinien być większy jak 10mA. Dysponując drugim multimetrem można sprawdzić wartość mierzonego prądu z rzeczywistym jego poborem. Można wówczas porównać wskazania amperomierza z napięciem na końcówce 7 układu U2. Przy przepływie prądu 400mA przez obciążenie wartość tego napięcia powin-

na wynosić 0,4V. Pomiaru można dokonać dla różnych wartości płynącego prądu. Na płytce przewidziano także miejsce na podłączenie dodatkowych modułów pomiarowych.

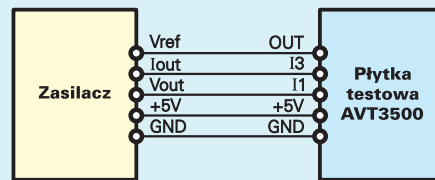
Jeśli wszystko przebiegło zgodnie z oczekiwaniem, przystępujemy teraz do podłączenia zasilacza do płytki testowej AVT3500. Sposób podłączenia przedstawiony jest na rysunku 3. Do płytki testowej należy jeszcze dołączyć dodatkowy mikrosteryk między końcówkę PD.2 mikrokontrolera a masę. Wystarczy teraz zaprogramować mikrokontroler (program dołączony jest do zasilacza) i sprawdzić poprawność jego działania. Przyciskiem S1 zwiększamy wartość napięcia wyjściowego, a przyciskiem S2 zmniejszamy. Dodatkowy przycisk służy do wybierania wartości wyświetlanej napięcia lub prądu.

Mariusz Nowak  
nowak\_mariusz@op.pl

Rys. 2 Schemat montażowy



Rys. 3



Sposób podłączenia zasilacza do płytki testowej AVT3500

**Wykaz elementów**

**Rezystory**

R1	.....	300Ω
R2,R3	.....	2,2kΩ
R4-R9	.....	10kΩ
R10,R12	.....	1kΩ/1%
R11	.....	1kΩ
R13,R14	.....	9,1kΩ/1%
R15	.....	33Ω
R16	.....	0,1Ω/3W
R17	.....	termistor 22kΩ
R18	.....	560Ω
R19	.....	5,6kΩ
R20	.....	510kΩ
P1,P3	.....	10kΩ helitrim
P2	.....	10kΩ/A
P4	.....	10kΩ montażowy
P5	.....	1kΩ helitrim

**Kondensatory**

C1	.....	4700μF/40V
C2-C5	.....	100nF MKT
C6,C7	.....	10nF MKT
C8	.....	100μF/35V
C9	.....	1000μF/25V
C10,C11	.....	220μF/25V

**Półprzewodniki**

U1-U3	.....	LM358
U4	.....	7812
U5	.....	TL431
U6	.....	7805
D1,D2	.....	1N4148
D3	.....	LED 3mm
T1-T4	.....	BC337
T5	.....	BD911
B1	.....	B50C4000
B2	.....	B50C1500

**Różne**

TR1	.....	*TST 2*12V/150W
TR2	.....	*TS18/16
PK1	.....	RM-96-12V
PK2	.....	G5V1-5
M1	.....	wentylator 40x40mm
Z1-Z5	.....	ARK2 5mm
Radiator od procesora PENTIUM		

\* elementy oznaczone gwiazdka nie wchodzi w skład zestawu

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2757.