



Zasilacz sterowany cyfrowo

HIT NUMERU

Jest kilka kultowych elementów elektronicznych, które mimo upływu lat, nadal są produkowane i chętnie stosowane. Starsi elektrycy dobrze je znają nie tylko z opowiadań, młodszy zaś po lekturze tego artykułu będą mieli okazję przekonać się o ich „wielkości”. LM723 to układ scalony, bez którego kiedyś nie sposób było wyobrazić sobie zasilacza. Smaczku projektowi dodaje również zastosowany w nim $\mu A741$.

Rekomendacje: prosty w budowie zasilacz o świetnych parametrach znajdzie zastosowanie w laboratoriach elektroników amatorów, jak i w profesjonalnych serwisach.



AVT-5161

Zasilacz stanowi podstawowe wyposażenie każdej pracowni konstrukcyjnej czy to amatorskiej, czy profesjonalnej. Profesjonalne zasilacze firmowe nie są niestety tanie, autor postanowił więc zaprojektować urządzenie, które ze względu na relatywnie niewielki koszt stanowiłoby dla nich alternatywę. Wszystkie funkcje i parametry są ustalone cyfrowo przy wykorzystaniu 12-przyciskowej klawiatury. Dzięki zastosowaniu

W ofercie AVT:
AVT-5161A – płytką drukowaną

mikrokontrolera uzyskano dodatkowe funkcje rozszerzające możliwości zasilacza, jak również poprawiające komfort jego użytkowania.

Opis układu

Konstrukcja zasilacza została podzielona na dwie części. Schemat głównej części zasilacza przedstawiono na rys. 1, natomiast na rys. 2 schemat układu sterującego.

Do budowy zasilacza zastosowano popularne i łatwo dostępne elementy, a co najważniejsze, ich cena nie jest wysoka. Cały układ jest zasilany z 200-watowego transformatora posiadającego podwójne uzwojenie wtórne 2x12 V. Prostowanie napięcia zapewnia mostek prostowniczy B1, kondensatory C3 i C4 filtrują napięcie wyjściowe. Mają one dużą pojemność, co pozwala na minimalizację tętnień na wyjściu zasilacza podczas pobierania dużych prądów. Kondensator C10 zwiera do masy ewentualne krótkie przebiegi z sieci energetycznej.

Elementem pełniącym rolę regulatora napięcia jest produkowany od lat i dobrze znany wszystkim układ LM723. Pracuje on w trochę nietypowej konfiguracji. Dla uzyskania napięcia wyjściowego mniejszego od 2 V zastosowano obniżenie potencjału masy przez zasilenie stabilizatora napięciem -5 V. Wartość tego napięcia jest w zupełności wystarczająca dla uzyskania regulacji napięcia wyjściowego od zera. Ze względu na obniżenie potencjału masy, konieczne stało się zastosowanie stabilizatora składającego się z rezystora R11 i diody Zenera D4. Przy nieobciążonym zasilaczu napięcie zasilania przekroczyłoby maksymalną dopuszczalną wartość 40 V, przy jakiej układ LM723

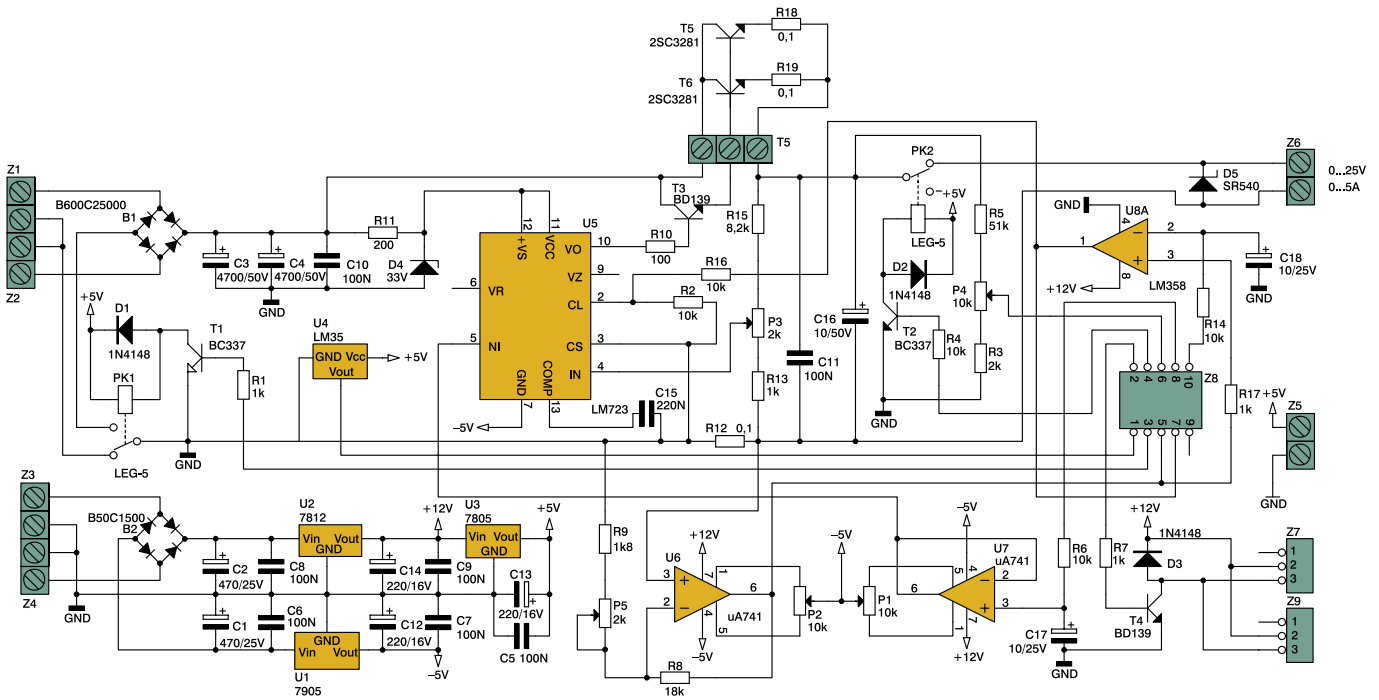
PODSTAWOWE PARAMETRY

- Płytki o wymiarach: 184x61 mm, 104x136 mm
- Zakres regulacji napięcia: 0...25 V
- Krok regulacji napięcia: 100 mV
- Zakres regulacji ograniczenia prądowego: 10 mA...5 A
- Krok regulacji prądu: 10 mA
- Pomiar prądu pobieranego przez zasilany układ
- Pomiar temperatury radiatora
- Elektroniczny termostat z histerezą 2°C sterujący pracą wentylatorów
- Zabezpieczenie termiczne
- Programowana temperatura załączenia wentylatorów i zabezpieczenia termicznego w zakresie 0...100°C
- Sygnalizacja zwarcia zacisków wyjściowych zasilacza
- 12-przyciskowa klawiatura
- Funkcja odłączenia napięcia od zasilanego układu
- Pamięć ostatnich nastaw napięcia i ograniczenia prądowego
- Wyświetlacz LCD 2x16

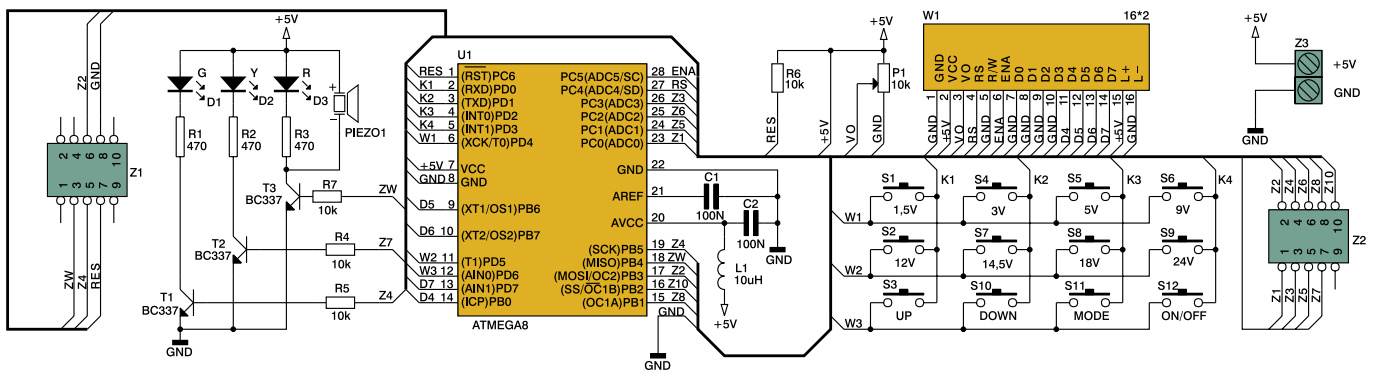
PROJEKTY POKREWNE

wymienione artykuły są w całości dostępne na CD

Tytuł artykułu	Nr EP/EdW	Kit
Wysokosprawny stabilizator warsztatowy	EP 1/1999	AVT-1220
Zasilacz symetryczny	EP 11/1999	AVT-1253
Poczwórny zasilacz warsztatowy	EP 8/2008	AVT-1477
Zasilacz amatorski	EdW 3/1996	AVT-2001
Miniaturowy stabilizator impulsowy	EP 4/1996	AVT-1081
Zasilacz 10A 10...20V	EdW 1/2001	AVT-2462
Zasilacz symetryczny	EdW 9/2002	AVT-2624
Zasilacz sterowany elektronicznie	EdW 7/2003	AVT-2672
Cyfrowy zasilacz	EdW 8/2003	AVT-2674
Zasilacz warsztatowy 0...25,5V/0...2,55A	EdW 7/2005	AVT-2757
Stabilizator impulsowy 12V 10-20A	EdW 2/2006	AVT-2779
Mikroprocesorowy zasilacz laboratoryjny	EP 10/2002	AVT-5083



Rys. 1. Schemat ideowy głównej części zasilacza



Rys. 2. Schemat ideowy układu sterującego

może jeszcze pracować. Układ ten zawiera w sobie wysoko stabilne źródło napięcia odniesienia, które nie jest jednak wykorzystywane w przedstawionym układzie. Jest tu również wzmacniacz błędów i tranzystor ograniczenia prądowego. Wzmacniacz błędów wbudowany w strukturę LM723 działa tak, aby napięcia na jego wejściach IN i NI były sobie równe. Na jedno z tych wejść (IN) podawane jest napięcie z dzielnika wyjściowego R15, P3, R13, którego podział wynosi 1:10. Jeżeli teraz na wejście NI (nóżka 5) zostanie podane napięcie 1,2 V, to komparator tak wystereuje tranzystory wyjściowe T3, T5, T6, aby na wejściu IN (nóżka 4) było dokładnie takie samo napięcie, czyli 1,2 V. Ponieważ dzielnik ma podział przez 10, to na wyjściu otrzymamy stabilizowane napięcie o wartości 12 V. Dla uzyskania napięcia wyjściowego o wartości 25 V należy na wejście 5 podać napięcie 2,5 V. Względem końcówki 7 układu LM723 napięcie na wejściu NI będzie wynosić maksymalnie 7,5 V, a więc nie przekroczy napięcia 8 V – maksymalnego napięcia na wejściach wzmacniacza błędów, które jest określone przez producenta układu.

Cyfrowe sterowanie wartością napięcia wyjściowego uzyskano przez zmianę napięcia na wejściu NI (5) za pomocą przetwornika C/A. Ze względu na uproszczenie konstrukcji zasilacza nie zastosowano tu drogich przetworników C/A. Wykorzystano prosty obwód całkujący RC (R6, C17), na który podawany jest przebieg PWM z wyjścia OC1A mikrokontrolera ATmega8 oraz wtórnik napięciowy U7 odseparowujący obwód całkujący od obciążającego go układu. Zmiana wartości cyfrowej na odpowiadającą jej wartości napięcia następuje poprzez całkowanie sygnału PWM, w obwodzie RC, którego stała czasowa jest większa od okresu przebiegu PWM. Przetwornik C/A ma rozdzielczość 10 bitów, a jego napięcie wyjściowe zawiera się w zakresie napięcia zasilania mikrokontrolera, a więc od 0 do 5 V. Najmniejsza wartość napięcia, o jaką będzie zmieniane napięcie przetwornika C/A wynosi $5/1024=4,88$ mV. Przy podziale przez 10 wyjściowego napięcia dzielnika daje to rozdzielczość napięcia wyjściowego około 50 mV.

Napięcie wyjściowe jest filtrowane przez kondensatory C16, C11. Istotną zaletą stabilizatora

LM723 jest to, że nie narzuca on żadnych ograniczeń na prąd wyjściowy. Prąd ten jest zależny od zastosowanego tranzystora wyjściowego. W opisywanym zasilaczu są to dwa połączone równolegle tranzystory mocy 2SC3281 (T5, T6) z rezystorami emiterowymi. Jeden tranzystor jest w stanie rozprzyszczyć do 150 W mocy strat. Podana wartość jest możliwa do osiągnięcia jedynie przy idealnych warunkach chłodzenia tranzystora, a więc przy



temperaturze tranzystora wynoszącej 25°C. Przy wzroście temperatury złącza tranzystora maleje moc, jaką tranzystor może rozprzyszczyć. Przy temperaturze złącza 75°C tranzystor może rozprzyszczyć tylko około 90 W mocy strat. W skrajnych warunkach pracy zasilacza, tj. przy zwarciu zacisków wyjściowych, na tranzystorach wydzielili się moc około 170 W. Zastosowanie dwóch tranzystorów jest zatem optymalnym rozwiązaniem.

Dla zminimalizowania strat w tranzystorach wyjściowych podczas pobierania dużego prądu z zasilacza przy małych napięciach wyjściowych, zastosowano transformator z podwójnym uzwojeniem wtórnym 12 V. Jego uzwojenia są przełączane za pomocą przełącznika PK1. Przy napięciach wyjściowych mniejszych od 12,5 V, zasilacz korzysta z jednego uzwojenia, natomiast przy większych napięciach przełącznik załącza drugie uzwojenie transformatora. Przełącznik jest sterowany z portu PC3 mikrokontrolera za pośrednictwem tranzystora T1 w zależności od ustawionego napięcia wyjściowego. Dioda D1 chroni układ przed ewentualnymi przepięciami podczas przełączania przełącznika. Próg załączania jest ustalony na stałe i wynosi 12,5 V z histerezą 200 mV.

Zasilacz został również wyposażony w wentylatory chłodzące radiator, na którym umiesz-

czono tranzystory mocy. Dzięki wymuszonemu chłodzeniu możliwe jest zmniejszenie rozmiarów radiatora. Pomiar temperatury radiatora jest realizowany przez czujnik LM35, który jest dołączony do wejścia ADC0 przetwornika A/C wbudowanego w mikrokontroler ATmega8. Rozdzielczość pomiaru wynosi to 1°C. Wzrost temperatury powyżej 40°C powoduje załączenie wentylatorów poprzez tranzystor T4. Wyłączenie natomiast następuje po schłodzeniu radiatora do temperatury 38°C.

Zasilacz posiada także zabezpieczenie termiczne. Wzrost temperatury radiatora powyżej 60°C powoduje rozłączenie obwodów wyjściowych zasilacza poprzez włączenie przełącznika PK2 (wyjście zasilacza jest podłączone do styków NC przełącznika). Fakt rozłączenia obwodu wyjściowego zasilacza jest sygnalizowany zaświeceniem diody LED D1. Zabezpieczenie termiczne wyłącza się po ostudzeniu radiatora do temperatury 50°C i napięcie z tranzystorów mocy jest ponownie podane na wyjście zasilacza. Temperatura zadziałania wentylatorów, jak i zabezpieczenia termicznego może być zmieniana dowolnie przez użytkownika w z zakresie 0...100°C. Sposób ustawiania zostanie omówiony w dalszej części artykułu.

Przełącznik PK2 wykorzystywany jest również do ręcznego odłączania obwodu wyjściowego za pomocą przycisku ON/OFF. Jest to pewne

udogodnienie dla użytkowników w przypadku, gdy manipulowanie przewodami jest kłopotliwe.

Następnym blokiem zasilacza jest **układ pomiaru prądu i układ ograniczenia prądowego**. Pomiar prądu jest zrealizowany na zasadzie pomiaru napięcia na szeregowym rezystorze pomiarowym. Spadek napięcia na rezystorze R12 jest proporcjonalny do pobieranego prądu. Przy prądzie 10 mA spadek napięcia będzie wynosił 1 mV, a przy prądzie 5 A będzie to odpowiednio 500 mV. Napięcie z tego rezystora zostaje wzmacnione 10 razy przez wzmacniacz U6 i podane na wejście ADC1 przetwornika A/C mikrokontrolera. Wzmocnione napięcie podawane jest również na wejście nieodwracające komparatora U8A. Na drugie wejście komparatora podawane jest napięcie z obwodu całkującego R14 C18. Tak jak w przypadku regulacji napięcia, tak i w tym, zasada działania jest identyczna. Napięcie w układzie całkującym jest proporcjonalne do wartości sygnału PWM, komparator U8A porównuje więc podane napięcie ze wzmacniacza pomiarowego U6 z napięciem wzorcowym ustalonym wartością przebiegu PWM. Jeżeli napięcie na wyjściu wzmacniacza U6 wzrośnie powyżej ustalonego progu, wówczas na wyjściu komparatora U8A pojawi się napięcie bliskie napięciu 12 V, co spowoduje wysterowanie tranzystora ograniczenia prądowego zawartego w strukturze układu LM723. Ten z kolei przejmie część prądu bazy wewnętrznego tranzystora wyjściowego, ograniczając prąd do wartości ustalonej przez przetwornik C/A. **Podczas działania ograniczenia prądowego układ traci swoje właściwości stabilizacyjne i jest podatny na wzbudzenia.** Przed tego typu zjawiskiem chroni kondensator włączony między końcówkę COMP stabilizatora a masę układu.

Jeżeli pobór prądu przekroczy zadaną przetwornikiem C/A wartość, zostanie również wysterowany tranzystor T2 w układzie sterownika. Jego przewodzenie załącza diodę LED D2, sygnalizującą zadziałanie ograniczenia prądowego, co także skutkuje brakiem stabilizacji napięcia wyjściowego zasilacza.

Do prawidłowego funkcjonowania zasilacza niezbędny jest jeszcze blok zasilacza pomocniczego. Wytwarza on napięcie +12 V, +5 V i -5 V. Napięcie +12 V i -5 V jest wykorzystywane do zasilania wzmacniaczy operacyjnych. Napięcie +12 V zasila wentylatory chłodzące. Napięcie +5 V zasila przełączniki, jak również pozostałe elementy cyfrowe, takie jak mikrokontroler i wyświetlacz LCD w układzie sterownika. Jest to klasyczne rozwiązanie z popularnymi stabilizatorami 78xx i 79xx.

Dokładniejszego omówienia wymaga jeszcze **sterownik**. Jak wspomniano wcześniej jego głównym, a zarazem jedynym układem jest mikrokontroler ATmega8. Sterownik pełni tu rolę interfejsu pomiędzy układem zasilacza

WYKAZ ELEMENTÓW

Płytki zasilacza

Rezystory

R1, R7, R13, R17: 1 kΩ
R2, R4, R6, R14, R16: 10 kΩ
R3: 2 kΩ
R5: 51 kΩ
R8: 18 kΩ
R9: 1,8 kΩ
R10: 100 Ω
R11: 200 Ω
R12, R18, R19: 0,1 Ω 5 W
R15: 8,2 kΩ
P1, P2, P4: 10 kΩ potencjometr wieloobrotowy heltrim
P3, P5: 2 kΩ potencjometr wieloobrotowy heltrim

Kondensatory

C1, C2: 470 μF/25 V
C3, C4: 4700 μF/50 V
C5...C11: 100 nF
C12...C14: 220 μF/16 V
C15: 220 nF
C16: 10 μF/50 V
C17, C18: 10 μF/25 V

Półprzewodniki

D1...D3: 1N4148
D4: Zenera 33 V
D5: SR540
B1: B600C25000
B2: B50C1500
T1, T2: BC337
T3, T4: BD139
T5, T6: 2SC3281
U1: 7905
U2: 7812
U3: 7805
U4: LM35

U5: LM723

U6, U7: μA741

U8: LM358

Inne

Z1...Z6: złącze ARK2 5 mm
Z7, Z9: NS25-W3P
Z8 - Gniazdo IDC 5x2
PK1, PK2: LEG-5
Podstawka DIP8: 3 szt.
Podstawka DIP14: 1 szt.
Radiator HS-123-40: 2 szt. *
Taśma 10-żyłowa z wtykami IDC 5x2 (200 mm)
Wentylator: 60x60: 2 szt. *
Transformator TST200/2x12 V *
Transformator TS25/025 *
Radiator do tranzystorów mocy *

Płytki sterownika

Rezystory

R1...R3: 470 Ω
R4...R7: 10 kΩ
P1: 10 kΩ potencjometr montażowy

Kondensatory

C1, C2: 100 nF

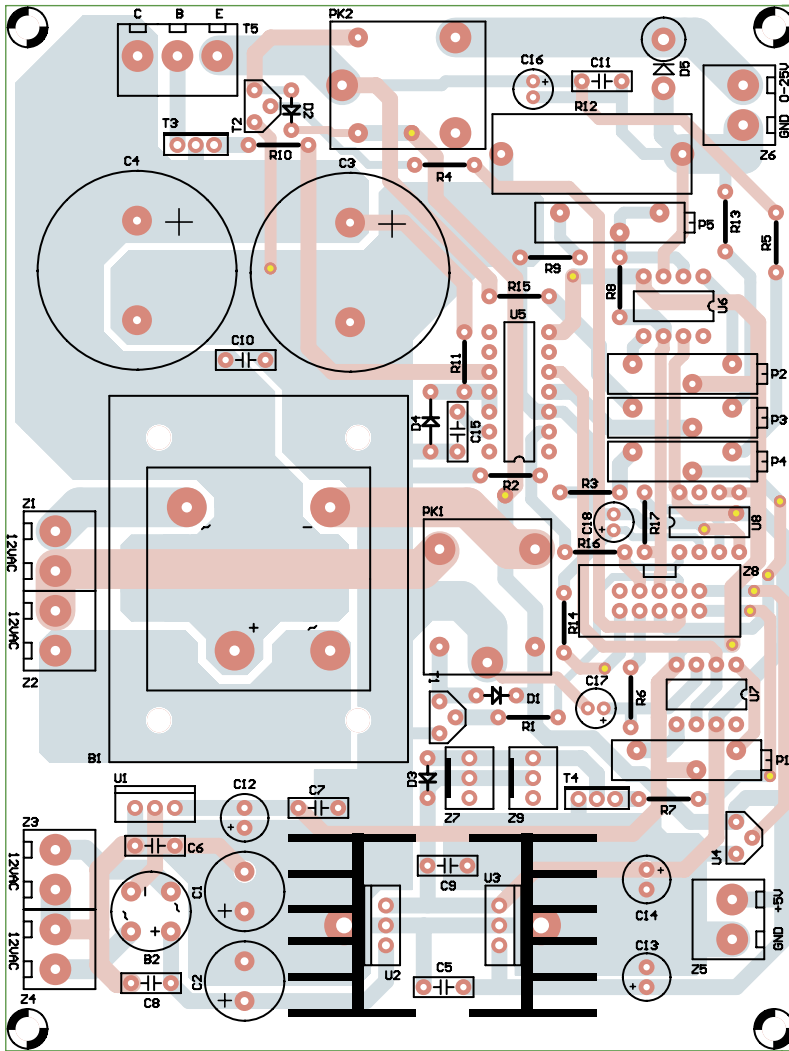
Półprzewodniki

D1...D3: LED 3 mm
T1...T3: BC337
U1: ATmega8 DIP28

Inne

W1: wyświetlacz LCD 2*16
Z1, Z2: Gniazdo IDC 5x2
Z3: ARK2 5 mm
S1...S12: mikroprzełącznik 13 mm
L1: dławik 10 μH
Buzzer piezo z generatorem
Podstawka DIP28W
* elementy oznaczone gwiazdką nie wchodziły do składu zestawu





Rys. 3. Schemat montażowy głównej części zasilacza

a użytkownikiem. Do portów mikrokontrolera dołączony jest wyświetlacz LCD 2x16, na którym są wyświetlane wartości napięcia wyjściowego, prądu oraz temperatura radiatora. Potencjometr P1 służy do ustawiania kontrastu wyświetlacza. Do mikrokontrolera jest również dołączona klawiatura matrycowa. Do ośmiu przycisków przypisano na stałe wartości napięć wyjściowych: 1,5 V, 3 V, 5 V, 9 V, 12 V, 14,5 V, 18 V i 24 V. Przycisk ON/OFF,

jak wcześniej wspomniano, służy do odłączania napięcia od gniazd wyjściowych zasilacza. Przyciskami UP i DOWN ustawia się wartości napięcia i ograniczenia prądowego, jak również temperatury zadziałania wentylatorów i zabezpieczenia termicznego. Przyciskiem MODE ustawia się tryb pracy zasilacza – ze stabilizacją napięcia lub z ograniczeniem prądu.

Układ posiada również sygnalizację zwarcia obwodu wyjściowego zasilacza. Rolę sygnali-

zatora pełni tu dioda LED D3 i generator piezo, sterowane z wyjścia PB4 mikrokontrolera. Mikrokontroler na podstawie zmierzonej wartości napięcia wyjściowego oraz prądu oblicza wartość rezystancji obciążenia. Za stan zwarcia przyjęto dołączoną rezystancję o wartości mniejszej niż 0,1 Ω.

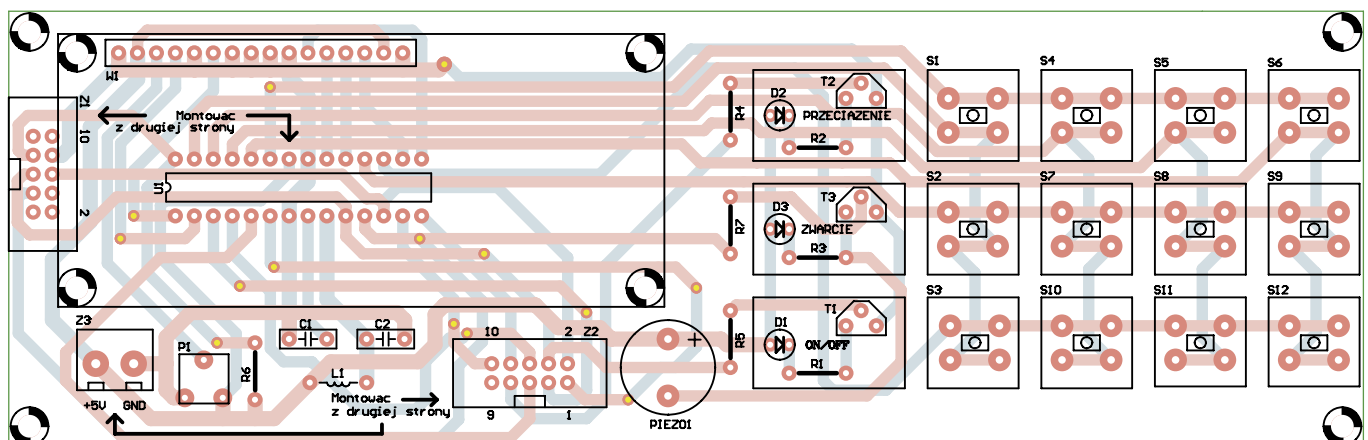
Montaż i uruchomienie

Układ należy zmontować na płytkach dwustronnych z metalizacją otworów, przedstawionych na rys. 3 i 4. Rozpoczynamy od wlotowania najmniejszych elementów, kończymy na największych. Przy montażu trzeba zwrócić baczność uwagę na prawidłowe położenie poszczególnych elementów, gdyż późniejsze ich wylutowanie z płytki dwustronnej może sprawić kłopoty szczególnie mniej doświadczonym elektronikom.

Montaż najlepiej rozpocząć od płytki zasilacza. Dwa stabilizatory z radiatorami montujemy na końcu. Przed ich wylutowaniem należy najpierw przykręcić stabilizatory do radiatorów, a później wylutować je w płytkę. Po poprawnym zmontowaniu układu należy przykręcić do mostka B1 radiator wykorzystując cztery otwory w płytce i pamiętając o posmarowaniu mostka pastą ułatwiającą odprowadzanie ciepła. Radiator jest niezbędny przy długotrwałym obciążaniu zasilacza dużymi prądami.

Na końcu przystępujemy do montażu tranzystorów mocy. Należy przykręcić je do radiatora używając pasty termoprzewodzącej. Jeżeli radiator nie będzie odizolowany od obudowy zasilacza, należy zastosować mikrowe podkładki izolacyjne pod tranzystory. Tranzystory podłączamy do złącza T5 płytki zasilacza zgodnie ze schematem. Do radiatora trzeba też umocować czujnik temperatury.

W następnej kolejności montujemy płytkę pełniącą rolę panelu przedniego. Wcześniej można sobie przygotować płytę czołową obudowy, wycinając i wierząc w niej otwory. Płytki zostały zwymiarowane pod metalową obudowę typu T267. Diody LED oraz wyświetlacz LCD należy przylutować w odpowiedniej



Rys. 4. Schemat montażowy układu sterującego

odległości od płytki tak, aby znalazły się na równi z panelem przednim obudowy lub minimalnie wystawały poza niego. Przed ich wlutowaniem można przykręcić płytkę sterownika do wcześniej przygotowanego panelu przedniego obudowy stosując tulejki dystansowe 12 mm. Następnie należy ustawić diody i wyświetlacz w odpowiedniej odległości od płytki i je przylutować. Postępując w ten sposób będziemy mieć pewność, że lutowane elementy będą idealnie pasować do otworów płyty czołowej obudowy. Złącza Z1... Z3 oraz podstawkę pod mikrokontroler należy przylutować od strony druku – po przeciwnej stronie przycisków. Po poprawnym zmontowaniu płytek należy je połączyć kawałkiem taśmy 10-żyłowej z zaciśniętymi wtyczkami IDC 10pin. Do połączenia płytek służy gniazdo Z8 na płycie zasilacza i gniazdo Z2 na płycie sterownika. Do złącza Z3 płytki sterownika należy doprowadzić napięcie zasilania +5 V dostępne na złączu Z5 płytki zasilacza.

Po poprawnym zmontowaniu układu i podłączeniu transformatora TST 2*12 V/200 W do złącza Z1, Z2 i transformatora TS25/025 do złącza Z3, Z4 można przystąpić do uruchamiania zasilacza.

Jeżeli po włączeniu zasilacza na wyświetlaczu nie pojawia się żaden napis, trzeba ustawić kontrast. Służy do tego potencjometr P1. Przed dalszą regulacją upewniamy się, że wytwarzane są wszystkie napięcia zasilające i sprawdzamy czy mają one odpowiednią wartość. Teraz należy ustawić napięcie niezrównoważenia wzmacniacza U7. W tym celu odłączamy taśmę 10-żyłową od płytki zasilacza i zwieramy nóżkę 8 złącza Z8 do masy. Regulując potencjometrem P1 ustawiamy napięcie 0 V na wyjściu tego wzmacniacza, używając najmniejszego zakresu pomiarowego miernika jakim dysponujemy. Następnie podłączamy powtórnie taśmę i ustawiamy napięcie wyjściowe zasilacza wciskając przycisk np. 12V. Na wyjściu wzmacniacza U7 powinno występować napięcie 1,2 V. Jeżeli nieco odbiega od tej wartości, można ponownie dokonać korekcy i ustawić napięcie dokładnie 1,2 V. W dalszej kolejności dokonujemy regulacji wyjściowego dzielnika napięcia. Dołączamy woltomierz do zacisków wyjściowych zasilacza i za pomocą potencjometru P3 ustawiamy napięcie równe 12 V. Można jeszcze zmierzyć napięcia na końcówkach 4 i 5 układu U5, powinno ono wynosić 1,2 V. Po ustawieniu tego napięcia należy uregulować wskazania woltomierza. Regulacji dokonujemy kręcąc potencjometrem P4 tak, aby na wyświetlaczu była wskazywana wartość 12 V. Jeżeli za pomocą przycisków będziemy zmieniać wartość napięcia wyjściowego, to wskazania woltomierza powinny się teraz zgadzać z rzeczywistą wartością napięcia wyjściowego. Podczas zmiany napięcia wyjściowego należy również sprawdzić poprawność działania

przełącznika PK1, odpowiedzialnego za przełączanie uzwojeń transformatora zasilającego. Przy napięciach powyżej 12,5 V powinno być słyszalne zadziałanie przełącznika. Jeżeli przełącznik nie będzie przełączał prawidłowo uzwojeń, to nie będzie możliwe uzyskanie pełnego zakresu napięciowego na wyjściu zasilacza.

Do regulacji pozostał jeszcze blok pomiaru prądu i ograniczenia prądowego. Regulację tę przeprowadzamy przy nieobciążonym zasilaczu. Za pomocą potencjometru P2 ustawiamy zerową wartość napięcia niezrównoważenia wzmacniacza U6. Następnie regulujemy wzmacnienie wzmacniacza. W tym celu dołączamy do zasilacza niewielkie obciążenie, np. żarówkę 12 V/21 W i po wciśnięciu przycisku *MODE* ustawiamy za pomocą przycisków *UP* i *DOWN* ograniczenie prądowe na 3 A. Przy obciążeniu zasilacza wspomnianą żarówką płynący prąd powinien mieć wartość około 1,75 A. Następnie mierzymy napięcie na rezystorze pomiarowym R12, powinno ono wynosić 175 mV. Teraz za pomocą potencjometru P5 ustawiamy napięcie na wyjściu wzmacniacza U6. Ma mieć ono wartość 10-krotnie większą od zmierzonego na rezystorze pomiarowym, czyli 1,75 V. Po tej czynności wskazania amperomierza na wyświetlaczu powinny się zgadzać z rzeczywistą wartością płynącego prądu. Należy teraz sprawdzić działanie ograniczenia prądowego. Odłączamy zasilanie od żarówki wciskając przycisk *ON/OFF* i zmniejszamy ograniczenie prądowe do wartości 1 A. Po ponownym załączeniu napięcia powinno być sygnalizowane zadziałanie ograniczenia prądowego poprzez zaświecenie diody D2. Odłączamy teraz żarówkę od zasilacza i za pomocą kawałka przewodu zwieramy zaciski wyjściowe zasilacza. Stan zwarcia powinien być sygnalizowany przerywanym sygnałem dźwiękowym i mruganiem diody LED D3.

Należy jeszcze skontrolować poprawność sterowania wentylatorami podłączonymi do złącza Z7 i Z9, jak również działanie zabezpieczenia termicznego. W tym celu obciążamy zasilacz i obserwujemy aktualną temperaturę radiatora pokazywaną na wyświetlaczu. Po osiągnięciu przez radiator temperatury 40°C powinny zostać załączone wentylatory. Wbudowany termostat ma 2-stopniową historię ustawioną na stałe, więc wentylatory powinny się wyłączyć po schłodzeniu radiatora do temperatury 38°C. Aby sprawdzić działanie zabezpieczenia termicznego należy doprowadzić do zwiększenia temperatury do 60°C. Jeżeli przy danym obciążeniu temperatura nie wzrośnie do tej wartości, to należy bardziej obciążyć zasilacz. Po osiągnięciu wspomnianej temperatury powinno włączyć się zabezpieczenie i być słyszalne zadziałanie przełącznika odcinającego dopływ prądu do podłączonego układu. Powinna zaświecić się również dioda D1. Zabezpieczenie termiczne

wyłącza się automatycznie po schłodzeniu radiatora do temperatury 50°C.

Obsługa zasilacza

Obsługa zasilacza jest bardzo prosta i intuicyjna. Przycisk *MODE* służy do przełączania zasilacza w tryb ustawiania napięcia lub ograniczenia prądowego. Po włączeniu zasilacz automatycznie przechodzi w tryb ustawiania napięcia, które można regulować przyciskami z przypisanymi do nich na stałe wartościami napięć lub za pomocą przycisków *DOWN* i *UP*. W tym trybie na wyświetlaczu pokazywane jest aktualne napięcie wyjściowe, temperatura radiatora i wartość płynącego prądu w przypadku, gdy zasilacz jest obciążony. Wyświetlana jest również litera „u” wskazująca tryb ustawiania napięcia. W trybie ustawiania ograniczenia prądowego wyświetlana jest litera „i” oraz zamiast wskazań amperomierza pokazywana jest wartość ustawianego ograniczenia prądowego.

Należy jeszcze wspomnieć o możliwości zmiany wartości temperatury zadziałania wentylatorów i zabezpieczenia termicznego. Aby przejść w tryb ustawiania tych parametrów należy wyłączyć zasilacz. Wciskamy teraz przycisk *MODE* i przy wciśniętym przycisku włączamy zasilacz. Czekamy aż na wyświetlaczu pojawi się symbol T1 oznaczający tryb ustawiania temperatury włączania wentylatorów, po czym zwalnimy przycisk *MODE*. Za pomocą przycisków *UP*, *DOWN* ustawiamy żadaną temperaturę i wciskamy ponownie przycisk *MODE*. Zasilacz przejdzie teraz w tryb ustawiania temperatury zabezpieczenia termicznego i na wyświetlaczu pojawi się symbol T2. Wartość tą ustawiamy analogicznie jak poprzednią i potwierdzamy przyciskiem *MODE*. Zasilacz przejdzie teraz do normalnego trybu pracy.

To wszystko, regulację zasilacza można uznać za zakończoną. Pozostaje jedynie umieścić układ w obudowie. Do wykonania otworów pod wentylatory w tylnej ścianie obudowy można posłużyć się odpowiednim, wcześniej przygotowanym szablonem (zamieszczamy go na CD EP12/2008B w pliku *szblon.tif*). Jeżeli do budowy zasilacza będzie zastosowana obudowa metalowa, to należy zwrócić uwagę na szczególnie staranne rozmieszczenie wszystkich części składowych (płytki, transformator, radiator). Ważne przy tym jest zachowanie wszystkich zasad bezpieczeństwa. Niezastosowanie się do norm bezpieczeństwa i niestaranne wykonanie montażu podzespołów w obudowie może stwarzać zagrożenie porażenia prądem elektrycznym podczas eksploatacji zasilacza.

Mariusz Nowak
nowak_mariusz@poczta.fm