

Zasilacz laboratoryjny

Zasilacz stabilizowany jest niewątpliwie jednym z najbardziej przydatnych urządzeń w laboratorium elektronika - eksperymentatora. Najlepiej byłoby, gdyby taki zasilacz miał szeroki zakres napięć wyjściowych i dostarczał prądu o dużym natężeniu, ale - niestety - spełnienie tych wymagań pociąga za sobą wysokie koszty. Na szczęście, część potrzeb zaspokoi zasilacz o skromniejszych parametrach. Większość projektowanych układów jest bowiem zasilana napięciami od 3V do 12V, a natężenia pobieranych prądów nie przekraczają setek mA.

Rozwiązanie idealnie dopasowane do potrzeb amatorskich przedstawiamy w artykule.

Proponowany poniżej zasilacz sieciowy daje napięcia wyjściowe od 1,2V do 12V, przy natężeniach prądu do 500mA. Mimo prostoty układ zapewnia doskonałą stabilizację. Przy zmianie prądów obciążenia od zera do maksimum napięcie wyjściowe zmienia się nie więcej niż o kilka mV.

Wysokiej jakości źródło napięcia odniesienia eliminuje dryft temperaturowy. Poziom tętnień na wyjściu wynosi tylko około 250mV dla większości napięć i prądów wyjściowych, a wzrasta dopiero przy wyższych napięciach i natężeniach prądów przekraczających 400mA.

Ograniczenie natężenia prądu wyjściowego do 500mA chroni układ przed skutkami zwarcia i przeciążeń. Ponieważ 500mA jest natężeniem dostatecznie wysokim aby spowodować zniszczenie układów półprzewodnikowych, układ daje możliwość zastosowania także trzech niższych ograniczeń natężenia prądu: 20mA, 50mA i 200mA.

Opcjonalny woltmierz pozwala na dość dokładne ustawienie napięcia wyjściowego, ale zrezygnowanie z niego i korzystanie z posiadanego multimetru znacznie obniży koszt urządzenia.

Bezpieczeństwo

Zazwyczaj projekt taki nie byłby adresowany do początkujących, ponieważ w jego zakres wchodziłoby wykonanie doprowadzeń napięcia sieciowego. Dzisiejszy projekt jest jednak w pełni bezpieczny - jest bowiem zasilany z dostępnego w handlu niestabilizowanego zasilacza sieciowego 12V, w związku z czym maksymalne napięcie w układzie nie przekracza 20V. Również podwójna izolacja zasilacza sieciowego stanowi dodatkową ochronę przed porażeniem na-

pięciem sieciowym. Oznacza to, że wyjście zasilacza laboratoryjnego jest pływające, tj. żaden z jego zacisków nie jest uziemiony. Pomoże to uniknąć zwarcia i pętli masowych w przypadku współpracy zasilacza z urządzeniami posiadającymi uziemioną obudowę.

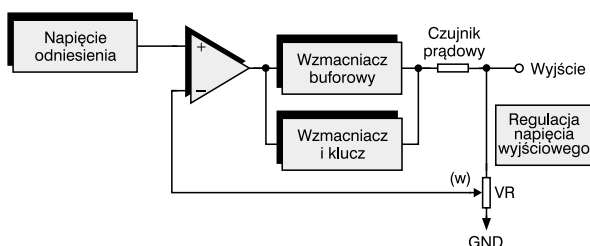
Działanie układu

W celu uzyskania regulowanego napięcia wyjściowego stosuje się dwa standardowe rozwiązania. Pierwsze z nich polega na potencjometrycznej regulacji napięcia pochodzącego ze stabilizatora napięcia stałego i użyciu wzmacniacza buforowego zwiększającego maksymalne natężenie prądu wyjściowego. Alternatywę stanowi wykorzystanie stabilizatora napięcia stałego i wzmacniacza podnoszącego to napięcie dożądanego poziomu, oraz także wzmacniacza buforowego zapewniającego odpowiednie natężenie prądu. Drugie z tych rozwiązań zapewnia zazwyczaj lepszą stabilizację napięcia i ono właśnie zostało zastosowane w prezentowanym urządzeniu.

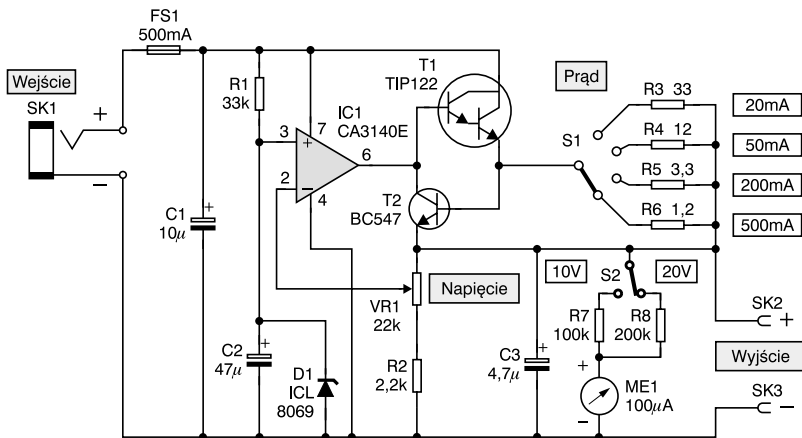
Układ jest zbudowany zgodnie ze schematem blokowym przedstawionym na rys.1. Zawiera wzmacniacz operacyjny pracujący w układzie nieodwracającym. Do wejścia odwracającego wzmacniacza jest doprowadzane stabilne napięcie odniesienia. Dobór tego napięcia jest istotny, ponieważ minimalne napięcie wyjściowe nie może być niższe od napięcia odniesienia. Zastosowano źródło napięcia odniesienia 1,2V, co pozwala stosować zasilacz do urządzeń zasilanych np. pojedynczymi akumulatorami NiCd.

Natężenie prądu wyjściowego

Maksymalne natężenie prądu wyjściowego wzmacniacza operacyjnego jest rzędu pojedynczych mA, ewentualnie dziesiątek mA. Oczywiście, nie jest to wartość



Rys. 1. Schemat blokowy zasilacza laboratoryjnego z regulacją napięcia wyjściowego.



Rys. 2. Schemat ideowy zasilacza laboratoryjnego.

wystarczająca z punktu widzenia zastosowań zasilacza laboratoryjnego, w związku z czym zastosowano stopień buforowy, zwiększający natężenie prądu wyjściowego.

Przeciążenie wyjścia (np. zwarcie) mogłoby spowodować przepływ prądu o bardzo dużym natężeniu, grożącym zniszczeniem układu buforowego i źródła zasilania, zanim zostanie przepalony konwencjonalny bezpiecznik. W związku z tym niezbędny jest elektroniczny układ zabezpieczający.

Umieszczony szeregowo z wyjściem zasilacza rezystor o małej oporności umożliwi zdetektowanie przepływu prądu o nadmiernym natężeniu - spadek napięcia na tym rezystorze jest do niego proporcjonalny. Jeśli natężenie prądu wyjściowego nie przekracza 500mA, powstały spadek napięcia będzie zbyt mały aby zadziałał układ wzmacniacza i przełącznika. Cały zasilacz działa prawidłowo dostarczając stabilizowanego napięcia.

Jeśli jednak natężenie prądu wyjściowego jest większe od 500mA, to spadek napięcia na rezystorze szeregowym przekracza 0,6V, co powoduje zamknięcie przełącznika elektronicznego i połączenie wyjścia wzmacniacza operacyjnego z wyjściem całego układu. Ponieważ na stopniu buforowym występuje spadek napięcia przekraczający 1V, to napięcie wyjściowe wzmacniacza operacyjnego - a więc napięcie wejściowe stopnia buforującego - zostaje obniżone. Powstaje pętla sprzężenia, która dąży do dalszego obniżenia tego napięcia. Tak

więc każde przekroczenie maksymalnego natężenia prądu wyjściowego prowadzi do znacznego spadku napięcia wyjściowego z jednoczesnym ograniczeniem natężenia prądu wyjściowego. Nawet w przypadku zwarcia wyjścia natężenie to nie przekroczy 600mA. Taki układ ograniczania prądu reaguje natychmiast na wszelkie przeciążenia i jest na tyle szybki, że stopień buforowy i źródło zasilania nie ulegają uszkodzeniu.

Sprzężenie zwrotne

Wzmocnienie wzmacniacza operacyjnego z zamkniętą pętlą sprzężenia zależy od wartości znajdujących się w niej elementów. W naszym układzie w pętli tej znajduje się potencjometr VR.

Wzmocnienie wzmacniacza operacyjnego z otwartą pętlą jest zwykle bardzo duże, zazwyczaj większe od 100000. Podanie na wejście nieodwracające dodatniego potencjału powoduje wzrost potencjału na wyjściu, natomiast podanie na wejście odwracające dodatniego potencjału powoduje spadek potencjału wyjściowego. W układzie nieodwracającym, z zamkniętą pętlą sprzężenia, potencjały obu wejść są równe dzięki pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego.

Jeśli suwak potencjometru znajduje się od strony wejścia odwracającego IC1, to jest ono połączone bezpośrednio z wyjściem całego układu. Jeśli poziom na wyjściu wzrośnie powyżej 1,2V, wzrośnie również potencjał wejścia odwracającego IC1, a więc obniży się napięcie na wyjściu tego wzmacniacza. Jeśli poziom

na wyjściu spadnie poniżej 1,2V, spadnie potencjał wejścia odwracającego IC1, a więc wzrośnie napięcie na jego wyjściu, korygując napięcie wyjściowe całego układu. Należy zauważyć, że pętla sprzężenia obejmuje stopień buforowy oraz rezystor szeregowy, w związku z czym będzie kompensować wszelkie przyrosty spadku napięcia na tych elementach, związane ze zwiększeniem obciążenia.

Jeśli suwak potencjometru VR1 znajduje się w skrajnym, przeciwnym położeniu, to pętla sprzężenia działa w taki sam sposób, jednak wartość napięcia wyjściowego IC1 jest wyższa ze względu na spadek napięcia na potencjometrze.

Zakładając, że suwak potencjometru znajduje się w położeniu środkowym, napięcie na suwaku jest równe połowie napięcia wyjściowego. Aby napięcie na wejściu odwracającym wynosiło 1,2V, napięcie wyjściowe musi być równe 2,4V. Im większy jest stopień podziału napięcia wyjściowego na dzielniku VR1/R2, tym wyższy jest spadek napięcia na potencjometrze i wyższe napięcie wyjściowe. Potencjometr jest więc elementem regulującym napięcie wyjściowe.

Zasada działania układu

Schemat ideowy stabilizowanego zasilacza laboratoryjnego znajduje się na rys.2. Niestabilizowane napięcie wejściowe jest doprowadzane przez gniazdo SK1. Przy braku obciążenia napięcie to wynosi około 20V, a przy natężeniu prądu obciążenia 500mA jest bliskie 16V.

Na stabilizatorze i układzie ograniczania prądu występują spadki napięcia, ale napięcie wyjściowe zasilacza utrzymuje się na poziomie 12V, przy obciążeniu prądem o natężeniu 500mA. Bezpiecznik FS1 zabezpiecza niestabilizowany zasilacz sieciowy w przypadku poważnego uszkodzenia układu stabilizatora. C1 pełni rolę kondensatora odprężającego.

Diody D1 jest źródłem napięcia odniesienia 1,2V. Funkcjonuje podobnie do diody Zenera, ale ma od niej znacznie lepsze parametry. Działa skutecznie przy

natężeniach prądu przepływającego przez nią od 50mA do 5mA. W tym przypadku rezystor R1 ustala natężenie tego prądu na około 5mA. Kondensator C2 eliminuje ewentualne szumy diody D1.

Jako IC1 został wybrany wzmacniacz operacyjny działający prawidłowo przy niskich napięciach wejściowych i wyjściowych - większość popularnych wzmacniaczy operacyjnych nie zapewni poprawnej pracy układu.

Tranzystor mocy w układzie Darlingtona T1 działa jako wtórnik emiterowy zwiększający prąd wyjściowy układu do 500mA.

Układ ograniczania prądu zawiera tranzystor T2 i cztery rezystory szeregowo R3..R6, które ustalają progi zadziałania układu na 20mA, 50mA, 200mA i 500mA. Należy jednak pamiętać o tym, że w rzeczywistości zwarciove prądy wyjściowe układu są od tych wartości nieco wyższe, zwłaszcza w przypadku niższych ograniczeń, ponieważ istotną rolę zaczyna wtedy odgrywać prąd wyjściowy układu IC1.

Stabilizacja napięcia

Potencjometr VR1 jest elementem umożliwiającym regulację napięcia wyjściowego. Rezystor R2 ogranicza maksymalne napięcie

wyjściowe do nieco ponad 13V. Nie należy jednak zapominać, że natężenia prądów 500mA mogą występować tylko przy napięciach nie przekraczających 12V.

Przy włączeniu w układ, przy pomocy przełącznika S2, rezystora R7 maksymalne napięcie wyjściowe wynosi 10V, natomiast przy włączeniu rezystora R8 sięga ono 20V. Na drugim zakresie można uzyskać napięcia 10V..13V.

Kondensator C3 zapewnia stabilność napięcia wyjściowego przy wyższych natężeniach prądu - bez tego elementu układ wykazywałby skłonności do oscylacji.

Wykonanie

Podobnie jak przedstawiany niedawno układ przekaźnika sterowanego w podczerwieni, układ ten jest montowany na płytce quasi-universalnej. Znaczna liczba podzespołów umieszczona jest poza płytką. Schemat rozmieszczenia elementów i mozaikę ścieżek druku przedstawiono na rys.3. Montaż, jak zwykle, należy rozpocząć od najmniejszych elementów, a zakończyć na największych.

Stopień wejściowy układu CA3140E wykonany jest w technologii PMOS i wymaga stosowania zwykłych środków ostrożności zapobiegających uszkodzeniu

przez ładunki elektrostatyczne. Układ należy montować w podstawie, ale dopiero po zakończeniu wszelkich innych czynności montażowych. Przy wkładaniu IC1 należy unikać dotykania jego wyprowadzeń i oczywiście niewłaściwego włożenia w podstawkę.

Wyprowadzenia tranzystora T2 wymagają przygięcia przed wstawieniem w otwory podstawki. Źródło napięcia odniesienia ma identyczną jak tranzystory obudowę TO92, ale tylko dwa wyprowadzenia.

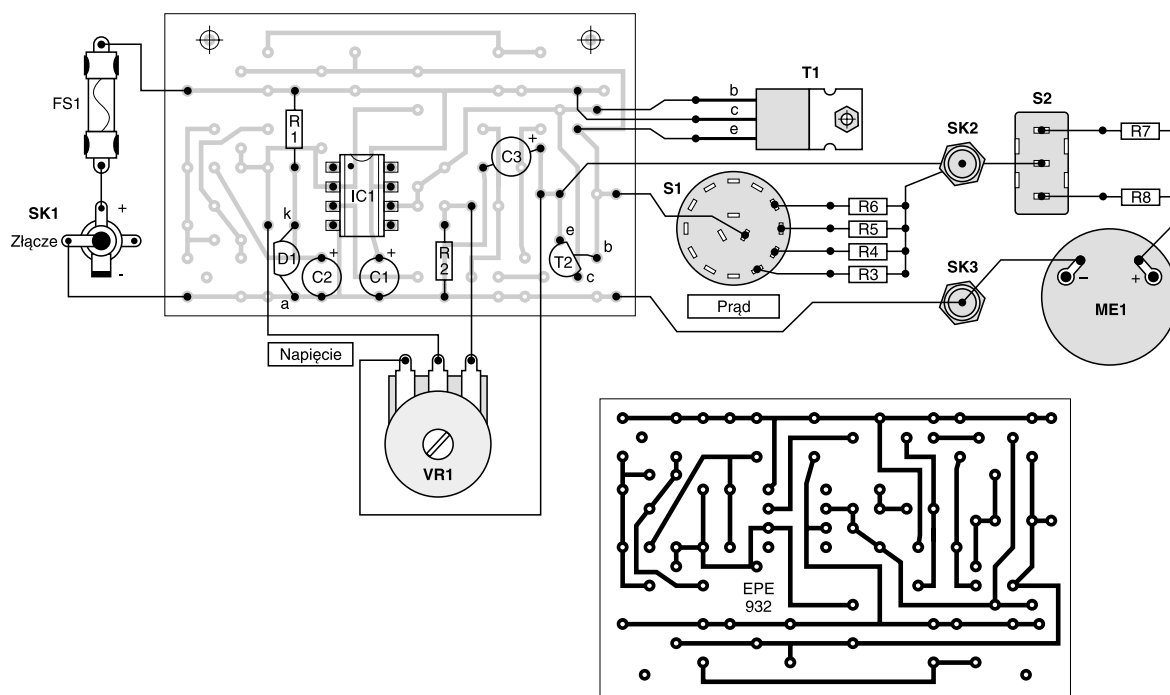
W punktach połączenia płytki z bezpiecznikiem FS1, przełącznikiem obrotowym S1 i innymi podzespołami zewnętrznymi należy wlotować końcówki lutownicze.

Przed umieszczeniem płytki w obudowie należy starannie sprawdzić poprawność montażu - tylko około 50% punktów lutowniczych płytki jest wykorzystanych w tym układzie.

Elementy zewnętrzne

Zmontowaną płytkę mocuje się do obudowy używając kołków dystansowych z tworzywa 6mm i śrub M3.

Tranzystor Darlingtona T1 należy przymocować bezpośrednio do obudowy, która będzie pełniła funkcję radiatora, w związku



Rys. 3. Schemat rozmieszczenia elementów i sposób wykorzystania płytki uniwersalnej.

z tym musi być metalowa. Jeśli zrezygnuje się z woltomierza, wystarczy stosunkowo mała obudowa; w przeciwnym przypadku będzie ona większa. Płyta czołowa obudowy musi pomieścić woltomierz i pozostałe elementy - przełączniki S1 i S2, potencjometr VR1 i gniazda wyjściowe, w związku z czym obudowa musi być znacznie większa niżby to wynikało z samych rozmiarów płytki.

Należy pamiętać, że radiator obudowy tranzystora T1 jest wewnętrznie połączony z kolektorem, w związku z czym należy go odizolować od obudowy używając standardowego zestawu izolacyjnego do obudów TO220. Składa się on z płytki mikowej lub z tworzywa sztucznego, izolującej element od obudowy oraz tulejki z tworzywa izolującej oś śruby mocującej. Dzięki tym elementom nie ma kontaktu elektrycznego między T1 i obudową. Rys.4 przedstawia sposób montażu T1 i elementów izolacyjnych. Zaleca się sprawdzenie poprawności izolacji przy pomocy miernika.

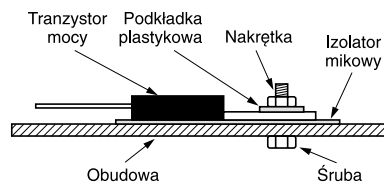
Niestabilizowany zasilacz sieciowy

Niestabilizowany zasilacz sieciowy współpracujący z naszym zasilaczem może posiadać co najmniej pięć różnych wtyków. Oczywiście gniazdo SK1 powinno być odpowiednio dobrane. Najlepszym wyborem wydaje się być jack 3,5mm. Sposób okablowania takiego gniazda przedstawia rys.3. Zasilacz powinien być tak okablowany, by środkowy kontakt wtyku miał dodatni potencjał. Gniazdo SK1 należy umieścić na tylnej ścianie obudowy. Należy pamiętać, że użyty zasilacz sieciowy bezwzględnie nie może zawierać stabilizatora i powinien dawać niestabilizowane napięcie 12V.

Obudowa

Gniazdo bezpiecznika FS1 może być montowane do dolnej płyty obudowy. Rozwiązanie płyty czołowej nie jest krytyczne, ale dobrze jest odsunąć od siebie woltomierz i potencjometr VR1 tak, aby podczas regulacji napięcia nie zasłaniały odczytu.

Większość woltomierzy panelowych wymaga wykonania otwo-



Rys. 4. Sposób odizolowania tranzystora T1 od obudowy.

ru o średnicy 38mm i czterech mniejszych otworów pod kołki mocujące. Przed wycięciem otworu należy upewnić się jaka powinna być jego średnica. Otwór najprościej jest wyciąć używając specjalnego narzędzia, piłki lub pilnika. Bez względu na rodzaj narzędzia należy najpierw wykonać otwór o nieco mniejszej średnicy, a następnie powiększać ją do uzyskania właściwego wymiaru. Woltomierz można wykorzystać jako szablon przy określaniu położenia otworów pod kołki mocujące znajdujące się na tylnej ścianie jego obudowy. Otwory te powinny mieć zwykle średnicę 3,2mm.

Montaż końcowy

Po zamocowaniu wszystkich elementów zewnętrznych do obudowy należy okablować zasilacz, zachowując szczególną uwagę przy łączeniu tranzystora T1 z układem. Wyprowadzenia T1 należy odchylić od obudowy tak, aby nie mogły dotknąć metalowej obudowy.

Rezystory R3 i R8 są montowane na przełącznikach S1 i S2, których końcówki należy uprzednio pocynować.

Eksploatacja

Większość niestabilizowanych zasilaczy sieciowych posiada selektor napięcia wyjściowego i może dawać niższe od 12V napięcia - selektor taki powinien być ustawiony we właściwym położeniu. Środkowy kontakt wtyku musi mieć wyższy potencjał - należy to sprawdzić dwukrotnie.

Po włożeniu zasilacza sieciowego do gniazdka i podłączeniu jego przewodu do gniazda SK1 napięcie wyjściowe zasilacza laboratoryjnego przy regulacji VR1 powinno zmieniać się w przedziale 1,2V - 12V. Jeśli tak nie jest, należy wyłączyć zasilacz z gniazdka i sprawdzić montaż oraz okablowanie.

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

(0,5W, 1%)

R1: 33kΩ

R2: 2,2kΩ

R3: 33Ω

R4: 12Ω

R5: 3,3Ω

R6: 1,2Ω

R7: 100kΩ

R8: 200kΩ

VR1: 22kΩ, potencjometr węglowy, obrotowy, liniowy

Kondensatory

C1: 10μF/35V

C2: 47μF/16V

C3: 4,7μF/50V

Półprzewodniki

D1: ICL8069, precyzyjne źródło napięcia odniesienia 1,2V

IC1: CA3140E

T1: TIP121 lub TIP122

T2: BC547

Różne

FS1: bezpiecznik bezwzględny 500mA, 20mm, z gniazdem do montażu do obudowy

ME1: miernik 100mA z ruchomą cewką

SK1: gniazdo jack 3,5mm

SK2: gniazdo 4mm, czerwone

SK3: gniazdo 4mm, czarne

S1: trójbiegunowy, czterosekcyjny przełącznik obrotowy

S2: miniaturowy przełącznik jednobiegunowy, dwupozycyjny uniwersalna płytka drukowana

obudowa metalowa (patrz tekst)

niestabilizowany zasilacz sieciowy 12V/750mA (800mA)

pokrętko 2 szt.

zestaw izolacyjny do obudowy TO220

8-nóżkowa podstawka DIL

ekranowany przewód

śruby i podkładki, cyna itp.

Zalecane jest sprawdzenie prawidłowości funkcjonowania układu ograniczania prądu. W tym celu należy ustawić przełącznik S1 w położeniu 500mA, a napięcie wyjściowe równe 12V. Po dołączeniu do zacisków wyjściowych zasilacza rezystora 4,7Ω/2W napięcie wyjściowe powinno spaść do około 3V.

Artykuł publikujemy na podstawie umowy z redakcją miesięcznika "Everyday Practical Electronics".