



Prosty zasilacz laboratoryjny

Listy nadchodzące do redakcji świadczą, że istnieje niesłabnące zapotrzebowanie na przydatne przyrządy laboratoryjne do pracowni mniej i bardziej zaawansowanych elektroników.

W drugim roku istnienia EdW redakcyjne laboratorium zaprezentuje kilka praktycznych konstrukcji, przydatnych dla szerokiego ogółu konstruktorów.

Podstawowym celem jest przedstawienie urządzeń naprawdę przydatnych, ale jednocześnie możliwie prostych i tanich. Początkiem serii jest przedstawiony dalej zasilacz.

Każdy wie, że zasilacz jest jednym z podstawowych przyrządów w laboratorium każdego elektronika, niemniej jednak jest to sprzęt często lekceważony, jako coś prostego i niegodnego większej uwagi. Praktyka pokazuje jednak, że dobry zasilacz znakomicie ułatwia pracę, a jego wady i zalety dają o sobie znać w szczególności przy pracach eksperymentalnych i przy uruchomianiu nowo zbudowanych układów.

Opisany dalej zasilacz został opracowany przez konstruktora, który przez lata zdążył poznać potrzeby w tym zakresie.

Założenia konstrukcyjne

Praktyka wykazuje, że ogromna większość budowanych dziś układów elektronicznych wymaga przy uruchomieniu zasilacza o niewielkiej wydajności i napięciu regulowanym od 1,5V do około 20V.

Napięcie wyjściowe zasilacza musi być regulowane płynnie.

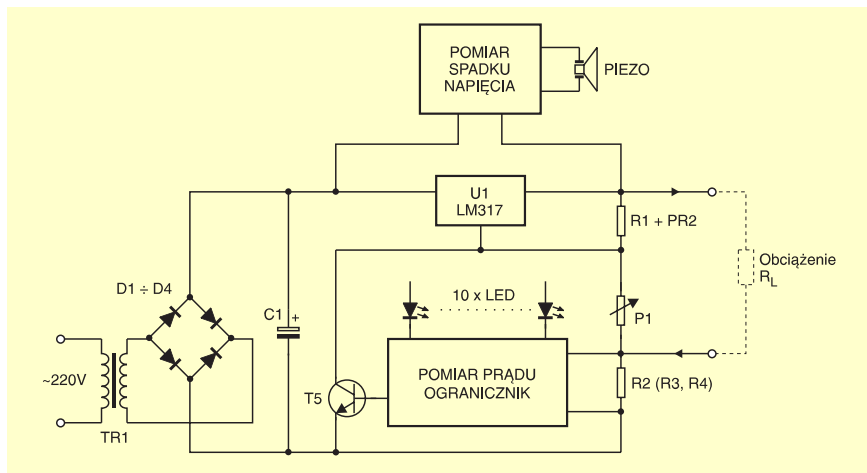
W zasadzie wydajność prądowa nie musi być większa niż 100mA, bo nawet układy dużej mocy (np. wzmacniacze mocy audio) zazwyczaj nie wymagają większego prądu przy pierwszym uru-

chomieniu - a potem i tak będą ostatecznie sprawdzane z zasilaczem, z jakim mają współpracować na stałe.

Uwaga! Wewnątrz urządzenia występują napięcia stanowiące śmiertelne zagrożenie w przypadku porażenia. Konstrukcja obudowy musi zapewnić właściwy stopień zabezpieczenia przed porażeniem. Osoby niepełnoletnie winny wykonać opisane urządzenie tylko pod nadzorem wykwalifikowanych osób dorosłych.

Bardzo pożądane jest ograniczenie prądowe, które w razie pomyłki nie dopuści do nadmiernego wzrostu prądu i zabezpieczy przed uszkodzeniem zasilanego układu już przy jego pierwszym włączeniu. Jest to naprawdę ważne - każdy elektronik w napięciu, z kroplami potu na czole czeka, czy po włączeniu zasilania, ze zbudowanego właśnie układu nie zacznie wydobywać się dym, albo czy nie pojawi się charakterystyczny śwąd rozgrzanych elementów. Niestety, często ten dym rzeczywiście się pojawia, co zwykle oznacza nieodwracale uszkodzenie jakiegoś podzespołu. Obecność w zasilaczu skutecznego, regulowanego zabezpieczenia zdecydowanie zmniejsza takie ryzyko. Niestety wykonanie prostego i praktycznego zabezpieczenia prądowego o płynnie regulowanej wartości wcale nie jest łatwe i tanie.

Na szczęście w praktyce wystarcza zabezpieczenie o skokowo regulowanym prądzie maksymalnym. W przedsta-



Rys. 1. Schemat blokowy zasilacza.

wionym zasilaczu można wybrać jeden z dwóch zakresów prądowych, o prądzie maksymalnym 100mA i 1A. W prosty sposób można też wprowadzić trzeci zakres ogranicznika, o prądzie maksymalnym 10mA.

Wbrew pozorom, w zasilaczu wcale nie jest niezbędna kontrola napięcia wyjściowego. Przy uruchamianiu układów prawie nigdy nie jest konieczne ustawienie napięcia z dokładnością lepszą niż $\pm 1V$. Do tego wystarczy skala przy potencjometrze regulacji napięcia. W razie potrzeby zawsze można dołączyć do wyjścia zewnętrzny woltomierz.

O wiele bardziej przydatny jest miernik do pomiaru prądu wyjściowego.

Właśnie wielkość prądu zasilania jest pierwszą ważną informacją o działaniu dołączonego układu. Miernik prądu wcale nie musi być dokładny, bo jego zadaniem jest pokazać rząd wielkości prądu, a nie jego precyzyjną wartość. W opisanym zasilaczu rolę miernika i wskaźnika prądu pełni linijka zbudowana z dziesięciu diod LED.

W zasilaczach budowanych przez amatorów często daje o sobie znać pewna, można powiedzieć, niedoróbka. Chodzi mianowicie o to, że przy wzroście pobieranego prądu obniża się napięcie transformatora, czyli napięcie na wejściu stabilizatora. Przy ustawieniu większego napięcia wyjściowego często oznacza to

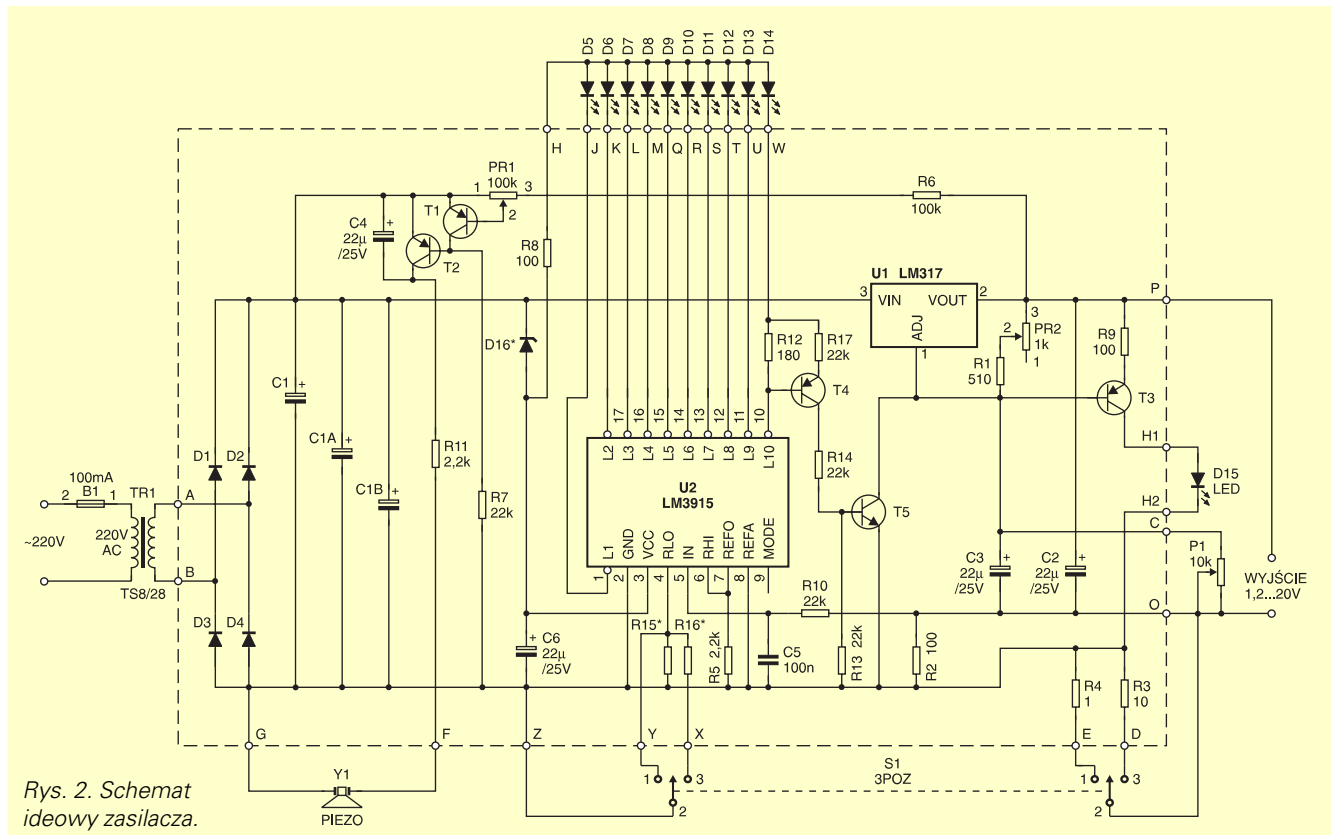
całkowity zanik stabilizacji - badany układ w rzeczywistości jest zasilany napięciem niestabilizowanym, o wartości mniejszej, niż nastawiona. Aby wyeliminować takie niebezpieczeństwo, profesjonalne zasilacze zawierają duże transformatory, które nawet przy spadku napięcia sieci o 15% muszą dostarczyć prądów i napięć, gwarantowanych w opisie technicznym. W opisanym dalej zasilaczu zastosowano inne rozwiązanie - brak stabilizacji jest sygnalizowany dźwiękiem.

Opis układu

Przyjęte założenia doprowadziły do powstania prostego układu, którego uproszczony schemat blokowy pokazany jest na **rysunku 1**, a pełny schemat ideowy - na **rysunku 2**. Właściwym stabilizatorem napięcia jest układ scalony U1 - popularna kostka LM317. Napięcie wyjściowe zasilacza jest regulowane potencjometrem P1.

Bardzo ważną rolę w układzie pełni układ scalony U2 - kostka LM3915 sterująca linią dziesięciu diod LED. Oprócz funkcji pomiaru prądu, pełni ona istotną funkcję w układzie ogranicznika prądowego.

W normalnych warunkach pracy napięcie wyjściowe jest wyznaczone stosunkiem rezystancji R1, PR2 oraz P1. Aby nie komplikować układu, zastosowano potencjometr regulacyjny P1 o bodaj najpopularniejszej wartości rezystancji



Rys. 2. Schemat ideowy zasilacza.

równej 10kW. Wiadomo, że potencjometry węglowe mają znaczny rozrzut rezystancji, typowo $\pm 20\%$, więc aby dla dowolnego egzemplarza potencjometru można było wykorzystać tę samą skalę na płycie czołowej, konieczne było wprowadzenie potencjometru montażowego PR2. Właśnie ten potencjometr umożliwia takie wyregulowanie układu, aby rzeczywiste napięcia wyjściowe zgadzały się z zaprojektowaną skalą. Bez niego każdy użytkownik musiałby ręcznie zaznaczać poszczególne napięcia na płycie czołowej.

Zastosowanie potencjometru P1 o rezystancji 10k Ω i podanych na schemacie rezystancji R1 i PR2 zapewnia bez obciążenia zewnętrznego przepływ prądu wyjściowego stabilizatora o wartości około 2,4mA. Jak wynika z parametrów katalogowych układu LM317, dla jego poprawnej pracy minimalny prąd wyjściowy nie powinien być mniejszy niż 3,5mA, a dla niektórych egzemplarzy kostek wymagany prąd minimalny może sięgać aż 10mA. Choć niektóre egzemplarze układu LM317 dobrze sprawują się już przy prądzie 2mA, dla całkowitego bezpieczeństwa dodano układ źródła prądowego z tranzystorem T3 i rezystorem R9. Co prawda parę miliamperów prądu "marnuje się", płynąc wprost do ujemnej szyny zasilającej, ale za to nie trzeba się martwić, czy w każdych warunkach układ stabilizuje napięcie. Przy okazji prąd ten zaświeca czerwoną kontrolkę D15, która informuje o włączeniu zasilacza.

Teoretycznie problem minimalnego prądu obciążenia można było rozwiązać,

stosując P1 i R1 o mniejszej wartości - w praktyce jest to zła droga, bowiem przy większych napięciach zasilających w potencjometrze wydzielałaby się zbyt duża moc strat. Ponieważ wiele potencjometrów ma dopuszczalną moc strat równą 0,1W, nie powinno się stosować potencjometru P1 o rezystancji mniejszej niż 4,7k Ω .

Kondensator C3 zmniejsza tętnienia i polepsza parametry dynamiczne stabilizacji.

Kostka LM3915 pracuje w klasycznym układzie pracy, w trybie punktowym - nóżka 9 jest niepodłączona. Praktyczny i obszerny opis kostki LM3915 można znaleźć w EdW 2/96. Napięcie odniesienia (na nóżkach 6 i 7) jest równe 1,25V. Tyle napięcia wejściowego (między nóżką 5 a minusem zasilania, czyli nóżką 2 kostki U2) jest potrzebne, żeby zaświecić ostatnią diodę LED - D14. Celowo zastosowano kostkę LM3915 o logarytmicznej charakterystyce wskazań - daje to bardziej praktyczną skalę pomiaru prądu niż liniowy układ LM3914.

Napięcie wejściowe dla kostki U2, proporcjonalne do pobieranego prądu, uzyskiwane jest z rezystora R2. Aby zrealizować trzy zakresy pomiarowe i trzy wartości ograniczenia prądowego, równe 10, 100 i 1000mA, przewidziano dodatkowe rezystory R3 i R4, dołączane przełącznikiem S1. Stosując wielopozycyjny przełącznik można było zrealizować dokładniejszą regulację prądu ograniczania. Jednak wtedy diodę LED nie można opisać wartościami prądu, tylko należałoby zastosować skalę procentową w stosunku do wartości maksymalnej. Nie-

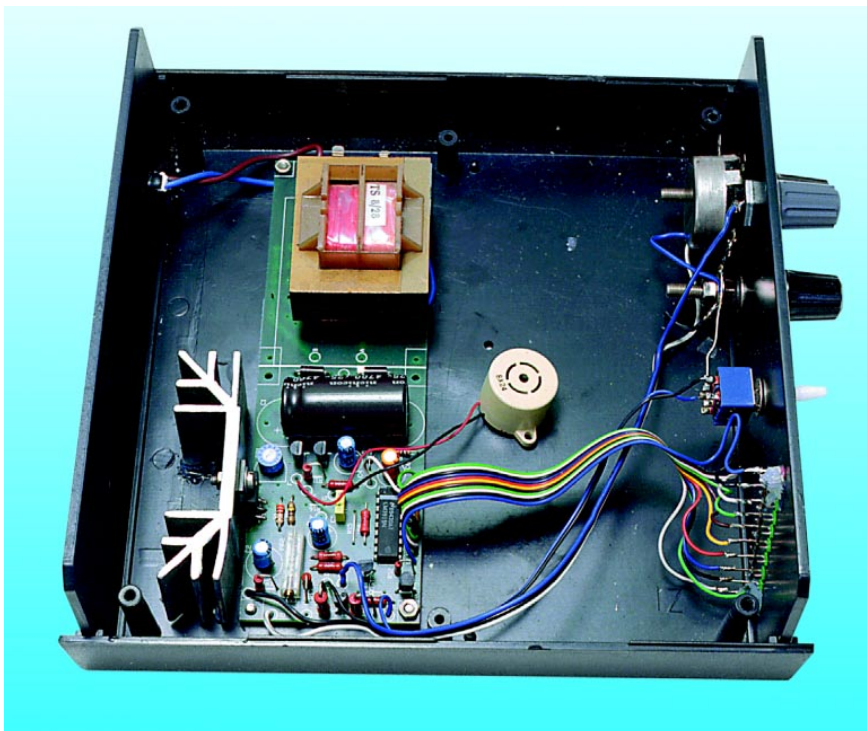
wątpliwie utrudniałoby to odczyt wartości prądu, dlatego zdecydowano się na trzy "okrągłe" wartości prądu: 10, 100 i 1000mA. Później okazało się, że zakres 10mA w praktyce prawie nie jest potrzebny i ostatecznie zasilacz modelowy, pokazany na fotografii, ma dwa zakresy ogranicznika. Bez kłopotu można też zrealizować trzeci zakres - właściwie cały czas on istnieje - wystarczy zastosować trzypozycyjny przełącznik S1. Wprowadzenie zakresu pomiarowego 10mA wymaga jednak zastosowania rezystorów R15 i R16 oraz wykorzystania drugiej sekcji przełącznika S1. Chodzi o to, żeby wskaźnik pokazywał zero (żeby nie świeciła żadna z diod liniiki) także przy braku obciążenia na zakresie 10mA - należy pamiętać, że prąd potencjometru P1 płynie przez rezystor R2.

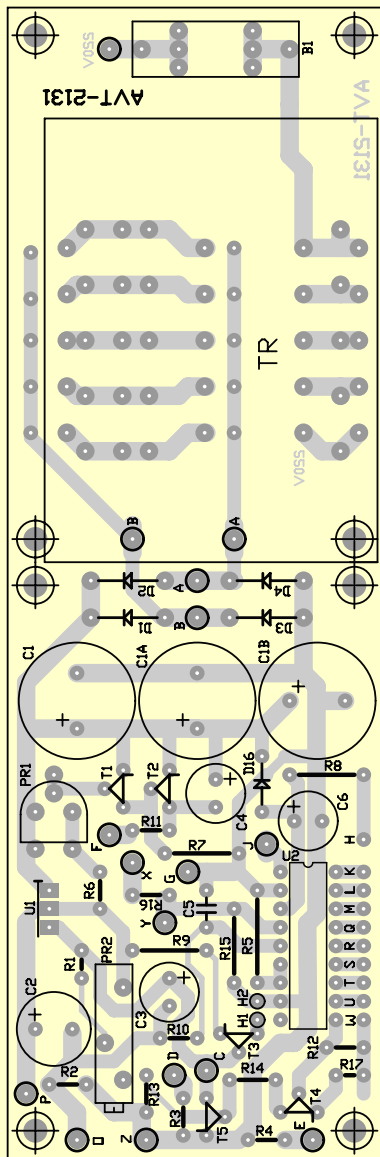
Przy dwóch zakresach ogranicznika (100 i 1000mA) nie podłącza się drugiej sekcji przełącznika S1 i zamiast rezystora R15 trzeba wlutować zworę.

Działanie ogranicznika jest następujące. Jeśli wzrastający prąd obciążenia spowoduje stopniowe gaśnięcie diody D13 i zapalenie ostatniej, czerwonej diody D14, w pewnym momencie zacznie przewodzić tranzystor T4. Otworzy on tranzystor T5, który zmniejszy napięcie wyjściowe zasilacza, a tym samym prąd, który nie będzie mógł dalej wzrastać. W przyjętym prostym rozwiązaniu dla bezpieczeństwa (związanego z rozrzutem parametrów kostki U2) zastosowano większą niż minimalna wartość rezystancji R12. W efekcie podczas ograniczania prądu nigdy nie będzie palić się tylko dioda D13 - świecić będzie zarówno dioda D13, jak i D14. Należy jednak pamiętać, że zapalenie czerwonej diody informuje o redukcji napięcia i prądu zasilacza.

Do skutecznej pracy takiego sposobu zabezpieczenia, maksymalny spadek napięcia na rezystorze R2 musi być równy napięciu odniesienia układu U1, czyli około 1,25V. Taka wartość, niejako przy okazji, doskonale pasuje do napięcia odniesienia kostki U2, co dodatkowo upraszcza układ pomiaru prądu.

Kondensator C5 decyduje o szybkości działania ogranicznika. Bez tego kondensatora ogranicznik w żadnym momencie nie dopuści do przepływu prądu obciążenia większego, niż wyznaczony wartością rezystora R2 (ew. R3, R4). Duża wartość tego kondensatora spowolni reakcję ogranicznika i w efekcie stabilizator będzie mógł dostarczyć duży prąd chwilowy, byleby jego średnia wartość nie przekraczała wartości wyznaczonej rezystorem R2 (ew. R3, R4). W praktyce kondensator nie powinien być zbyt duży. Wartość 100nF wydaje się tu górną granicą. Jeśli w trakcie użytkowania zasilacza





Rys. 3. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej.

cza okaże się, że jednocześnie świecić się będzie kilka diod, świadcząc to będzie o zbyt słabym odsprężaniu (filtrowaniu) obwodu zasilania w dołączonym badanym układzie.

Pracę stabilizatora U1 monitoruje układ z tranzystorami T1 i T2. Jeśli między wejściem, a wyjściem stabilizatora napięcie będzie wystarczająco duże, tranzystor T1 będzie otwarty, a T2 zatkany. Jeśli napięcie między wejściem a wyjściem będzie zbyt małe dla poprawnej pracy stabilizatora, zatkany zostanie tranzystor T1, a otworzy się T2 i uruchomi brzęczyk piezo z generatorem Y1. Dźwięk brzęczyka oznacza więc, że napięcie wyjściowe zasilacza nie jest prawidłowo stabilizowane.

Co prawda może zdarzyć się sytuacja, gdy napięcie wyjściowe będzie zreduko-

wane, a nie wykaże tego ani czerwona dioda D14, ani brzęczyk. Taki stan jest możliwy, jeśli zastosowany byłby zbyt mały radiator do układu U1 i wbudowane zabezpieczenie termiczne kostki U1 ograniczyłoby prąd i moc strat.

W praktyce nie jest to wielkim problemem, bo zawsze można zastosować radiator większy niż wymagane minimum, ewentualnie można zastosować pomiar temperatury radiatora lub użyć aktywnego radiatora z wentylatorkiem.

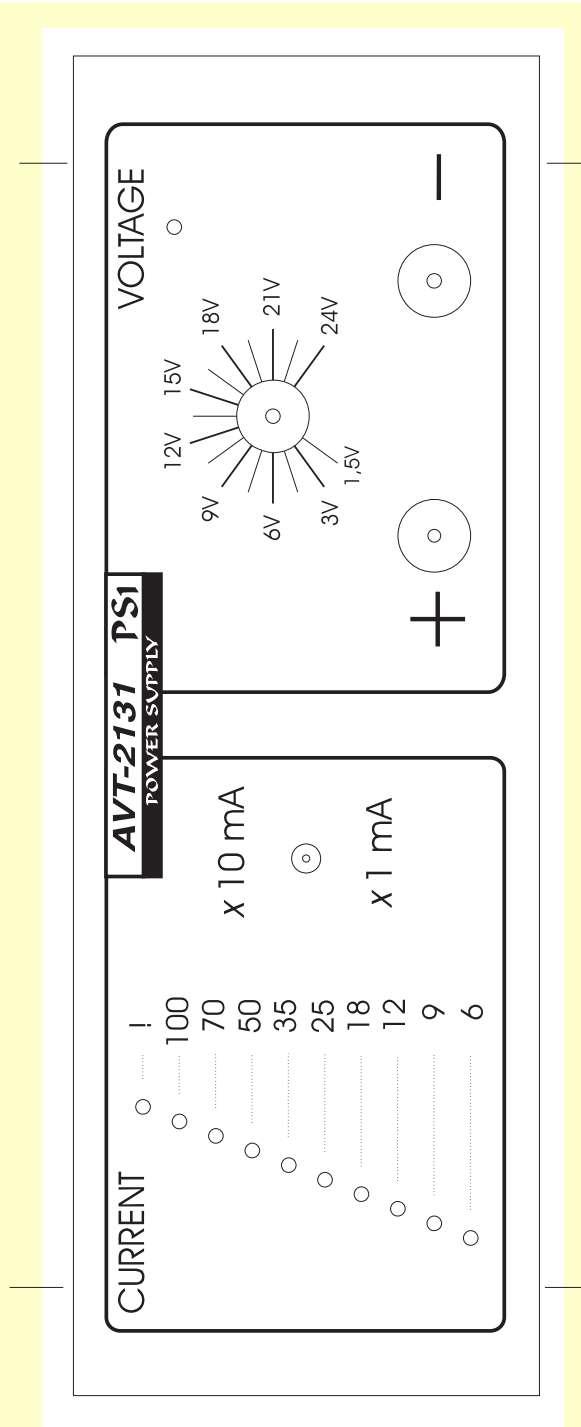
Układ zasilacza może być wykorzystywany przy napięciach do 24V i prądzie do

1A. Aby jednocześnie uzyskać takie parametry, konieczne jest zastosowanie transformatora o mocy rzędu kilkudziesięciu watów i solidnego radiatora.

W modelu zastosowano transformator TS8/28 o mocy 8VA, napięciu nominalnym 2x8V przy prądzie 2x0,35A. Na pewno nie umożliwi on jednoczesne uzyskanie maksymalnego napięcia i maksymalnego prądu.

W układzie zasilacza można wykorzystać inne transformatory sieciowe.

Należy wtedy zastosować kondensatory filtrujące C1 o odpowiednim napię-



Rys. 4.

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1: 510 Ω
 R2, R8, R9: 100 Ω
 R3: 10 Ω 0,5W
 R4: 1 Ω 1W
 R5, R11: 2,2k Ω
 R6: 100k Ω
 R7, R10, R13, R14, R17: 22k Ω
 R12: 180 Ω
 R15, D16: zwora
 R16: nie stosować
 PR1: 100k Ω montażowy
 PR2: 1k Ω helitrim

Kondensatory

C1, C1B*, C1A*: 4700 μ F/25V
 C2...C4, C6: 22 μ F/25V
 C5: 100nF

Półprzewodniki

D1...D4: 1N4001...7
 D5...D13: dioda LED zielona 3mm
 D14, D15: dioda LED czerwona 3mm

T1...T4: dowolne PNP małej mocy (BC557)

T5: dowolny NPN małej mocy (BC547)

U1: LM317T

U2: LM3915

Różne

P1: 10k Ω liniowy - A

S1: przełącznik dwupozycyjny

TR1: TS8/28*

Y1: brzęczyk piezo z generatorem

B1: bezpiecznik zwłoczny WTAT - 100mA

oprawka bezpiecznika (blaszki do druku)

zaciski laboratoryjne 2 szt

naklejka samoprzylepna płyty czołowej 2szt

obudowa KM60

przewód sieciowy z wtyczką

* Uwaga! elementy C1A, C1B, TR1 nie wchodzi w skład kitu AVT-2131.

ciu pracy. Kostka U2 może pracować przy napięciach zasilających do 25V. Jeśli napięcie na kondensatorach C1 byłoby wyższe, trzeba zastosować diodę Zenera D16 o odpowiednim napięciu.

W modelu nie zastosowano wyłącznika sieciowego. Autor jest przekonany, że nie jest on potrzebny. Zajmowałby tylko cenne miejsce na płycie czołowej. W praktyce wszystkie przyrządy i tak zasilane są ze wspólnej listwy lub kostki rozgałęziacza.

W razie potrzeby wyłącznik taki można umieścić na tylnej ścianie obudowy.

Montaż

Montaż układu można wykonać na płytce pokazanej na **rysunku 3**. Kolejność montażu elementów nie jest krytyczna. Przed rozpoczęciem montażu elementów warto jednak przygotować elementy mocujące płytkę i radiator od obudowy. Należy zaplanować i starannie wykonać montaż układu scalonego do płytki i radiatora. Niewłaściwe mocowanie z czasem zaowocuje urwaniem się nóżek układu U1.

jak widać, na płytce przewidziano otwory do mocowania różnych transformatorów mniejszej mocy. Jeśli miałby być zastosowany jeszcze większy transformator, zaznaczoną część płytki można obciąć. Wtedy należy też zastosować odpowiednio skuteczny radiator i zapewnić właściwe chłodzenie przez wykonanie otworów wentylacyjnych i ewentualne zastosowanie aktywnego radiatora (z

wentylatorkiem).

Po zmontowaniu elementów na płycie drukowanej, należy przygotować płytę czołową, umocować na niej przewidziane elementy i wykonać połączenia przewodowe według rysunków 2 i 3. Pomocą będzie fotografia wnętrza modelu.

Płyta czołowa pokazana jest na **rysunku 4**. Jak widać, wprowadzono na niej pewne zmiany w stosunku do modelu pokazanego na fotografiach.

Nabywcy zestawu AVT-2131 otrzymają dwie samoprzylepne naklejki z tym rysunkiem. Inni wykonają kserokopię rysunku 4 na papierze samoprzylepnym. Należy pamiętać o polakierowaniu tej papierowej naklejki. Ponieważ podczas lakierowania papier staje się bardziej przezroczysty, na czarną płytę czołową warto nakleić arkusz czystego, nielakierowanego papieru, a dopiero na niego właściwy rysunek. Autor zaleca ostrożne wykonanie otworów w płycie dopiero po naklejeniu rysunku.

Uruchomienie

Ponieważ najczęstszą przyczyną kłopotów są pomyłki w montażu, po zmontowaniu układ należy dokładnie sprawdzić na zgodność ze schematem ideowym i montażowym. Następnie należy włączyć układ, dołączyć do wyjścia miernik i sprawdzić, czy napięcie daje się regulować potencjometrem P1 w zakresie 1,25 do około 20V. Przy pokrętle potencjometru ustawionym na 15V należy za pomocą PR2 ustawić napięcie wyjściowe

we równe 15V. Następnie trzeba sprawdzić, czy zgadza się napięcie wyjściowe przy pokrętle ustawionym na 1,5V. Jeśli nie zgadza się, trzeba mechanicznie przekręcić nieco gałkę lub cały potencjometr i ponownie przeprowadzić regulację dla 15V.

Aby wyregulować akustyczny wskaźnik braku stabilizacji należy dołączyć do wyjścia zasilacza rezystor drutowy o oporności 10...50 Ω i zwiększając napięcie sprawdzić, kiedy stabilizator przestanie poprawnie pracować. Zanik stabilizacji można wykryć dołączając oscyloskop do rezystora obciążającego. Jeśli w przebiegu wyjściowym pojawią się tętnienia sieci, jest to znak, że stabilizator nie pracuje. Potencjometr PR1 należy ustawić w takiej pozycji, aby przy zwiększaniu prądu brzęczyk odzywał się nieco wcześniej, zanim na wyjściu zasilacza pojawią się tętnienia.

Przy braku oscyloskopu można regulację przeprowadzić przy użyciu woltomierza. Woltomierz należy dołączyć między wejście a wyjście stabilizatora U1 i obserwować jego wskazania przy zwiększaniu obciążenia. Przy zwiększaniu obciążenia napięcie to będzie się zmniejszało, ale w pewnym momencie przestanie się zmniejszać, bo stabilizator wejdzie w swego rodzaju stan nasycenia i przestanie stabilizować napięcie wyjściowe. Potencjometr PR1 trzeba ustawić, aby brzęczyk odezwał się jeszcze przed zanikiem stabilizacji. Pomocne będzie przy tym mierzenie także napięcia wyjściowego.

Ogranicznik prądowy i wskaźnik prądu nie wymagają regulacji - wystarczy kilkudziesięcioprocentowa dokładność wynikająca z tolerancji użytych elementów.

Piotr Górecki

