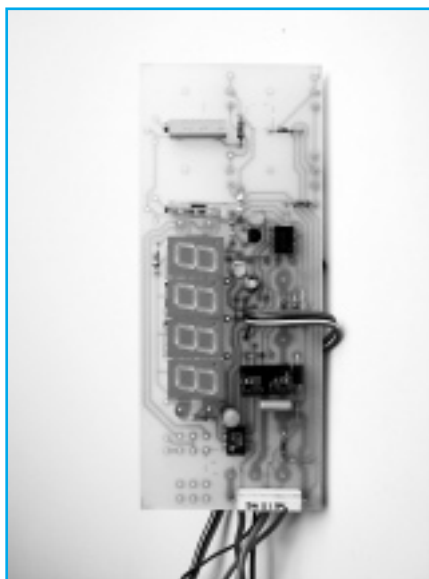
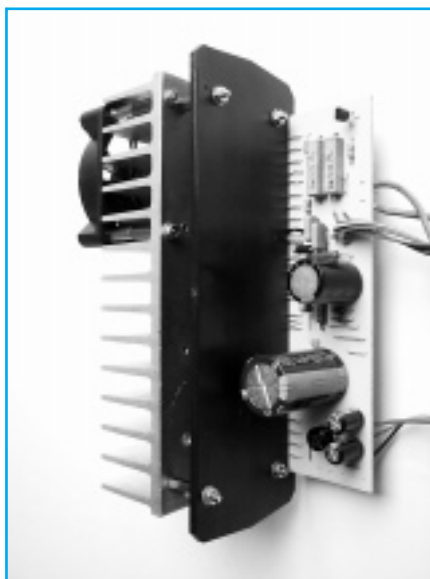


Laboratoryjny zasilacz czteroza- ciskowy 0 ÷ 30 V/5 A cz.1

Jak świat światem zasilacze są zawsze chętnie poszukiwane przez większość czytelników pism elektronicznych. Dlatego też przedstawiamy kolejny zasilacz laboratoryjny. Publikacji na ten temat w Praktycznym Elektroniku było już kilka i naprawdę ciężko jest zaprojektować coś nowego i ciekawego. Ale ta konstrukcja jest wyjątkowo udana i powinna zadowolić zdecydowaną większość naszych Czytelników. Zasilacz wyposażono w zgrubną i dokładną regulację napięcia oraz prądu, a także dodatkowo można go uzupełnić miernikiem napięcia i prądu z automatyczną zmianą zakresów. Ponadto układ posiada automatyczne włączanie wentylatora chłodzącego radiator i akustyczną sygnalizację przekroczenia temperatury maksymalnej radiatora. Poza tym zasilacz posiada jedno rozwiązanie które spotyka się bardzo rzadko w opisach, natomiast można je znaleźć w większości fabrycznych, solidnych zasilaczy regulowanych. Ale o tym można dowiedzieć się czytając poniższy artykuł do czego zachęcam.



Zasilacze regulowane nazywane są też często zasilaczami laboratoryjnymi. Choć nie ma w tym względzie ustalonej nomenklatury, to można przypuszczać, że zasilacze laboratoryjne powinny charakteryzować się najwyższymi parametrami. Dotyczy to zarówno zakresu regulacji napięć, prądów wyjściowych, oraz niskimi tętnieniami itd. Jednakże jeden z aspektów solidnego zasilacza jest często pomijany. Jest nim takie rozwiązanie układowe które zapewnia stabilizację napięcia na zaciskach zasilanego układu, a nie na zaciskach wyjściowych zasilacza.

W czym tkwi problem? Na rysunku 1a przedstawiono schemat blokowy klasycznego zasilacza szeregowego o pracy ciągłej. Układ ten posiada dwa zaciski

wyjściowe „plusa” i „masy”. Wzmacniacz błędów porównuje doprowadzone do jego wejść napięcie odniesienia i napięcie wyjściowe zbierane z zacisków. Na podstawie tego porównania wypracowywany jest sygnał sterowania regulatorem którym jest najczęściej tranzystor bipolarny. Wszystko działa bardzo ładnie. Zastanówmy się jednak co się stanie gdy po ustawieniu napięcia wyjściowego podłączymy obciążenie pobierające duży prąd. Powstanie wtedy spadek napięcia na przewodach doprowadzających zasilanie do obciążenia. Wzmacniacz błędów „obserwujący” napięcie na wyjściu zasilacza „widzi” przez cały czas napięcie 5 V, gdy w rzeczywistości na obciążeniu występuje napięcie tylko 4,5 V. Wartości spadków

napięć wynoszą bowiem 0,25 V na każdym z przewodów. Pragnę dodać, że rezystancja 50 mΩ jest wartością bardzo małą. W rzeczywistości rezystancja przewodów razem z rezystancją na styku przewódzadacisk może być jeszcze większa. Oprócz tego w takim układzie występuje jeszcze zjawisko modulacji napięcia na obciążeniu prądem pobieranym przez obciążenie, co wprowadza dodatkowe kłopoty.

Przy niewielkiej i praktycznie nie wpływającej na koszty zmianie konstrukcji zasilacza można ten przykry mankament wyeliminować, co robi się w większości zasilaczy laboratoryjnych. Schemat takiego rozwiązania przedstawiono na rysunku 2b. Zasilacz ten posiada cztery zaciski wyjściowe stąd często spotykana nazwa zasilacza czterozaciskowego. Dwa z nich są zaciskami prądowymi którymi przepływa prąd pobierany przez obciążenie (+I i „masa” I), a dwa dodatkowe zaciski służą do pomiaru napięcia na obciążeniu (+U i „masa” U). Przez zaciski pomiarowe (często też nazywane zdalnymi) napięcie z obciążenia doprowadzane jest do wzmacniacza błędów. Poza tym konstrukcja zasilacza jest taka sama jak na rysunku 2a.

W takim układzie spadek napięcia na przewodach prądowych nie ma wpływu na napięcie występujące bezpośrednio na obciążeniu, gdyż prąd płynący do wzmacniacza błędów wywołuje niewielki (nie liczący się) spadek napięcia na oddzielnej parze przewodów. Warto zwrócić uwagę, że dla podanej wartości napięcia na obciążeniu wynoszącej 5 V na wyjściu zasilacza będzie występowało napięcie 5,5 V, wyższe o taką wartość jaka konieczna jest do skompensowania spadku napięcia na przewodach. To rozwiązanie eliminuje też modulację napięcia prądem pobieranym przez obciążenie.

Zasilacz czterozaciskowy w każdej chwili można zamienić na zwykły zasilacz zwierając ze sobą odpowiednie pary zacisków +I z +U i „masa” I z „masa” U.

■ Opis układu

Zasilacz można wykonać zarówno w wersji dostarczającej napięcia dodatniego jak i ujemnego (na tych samych płytkach drukowanych). Przedstawiony schemat, opis i wykaz elementów dotyczy wersji na napięcie dodatnie. Opis we-

rsji zasilacza napięć ujemnych podamy w drugiej części artykułu.

Opisywany zasilacz (rys. 2) jako element regulacyjny wykorzystuje tranzystory bipolarne T1 i T2. Malkontenci będą niezadowoleni, że nie zastosowano w nim tranzystorów typu MOSFET. Za tranzystorami polowymi przemawia jednak zdecydowanie niższa cena, łatwość zakupu. W tranzystorach MOSFET nie występuje co prawda zjawisko drugiego przebicia, ale zdecydowanie gorzej wygląda sprawa powtarzalności charakterystyk, co utrudnia równoległe łączenie tranzystorów.

Ze względu na maksymalny prąd wyjściowy wynoszący 5 A konieczne jest równoległe połączenie dwóch tranzystorów mocy. Podyktowane to jest jednak nie prądem wyjściowym, ale mocą traconą w tranzystorach T1 i T2.

Ponieważ zasilacz ma dostarczać napięć stabilizowanych w zakresie od 0 do 30 V niezbędne jest doprowadzenie do

niego napięcia niestabilizowanego rzędu 40 V. Przy niskim napięciu wyjściowym np. 3 V i dużym prądzie pobieranym przez obciążenie np. 5 A moc tracona w tranzystorach może wynieść nawet ok. 200 W. Jest to przypadek sporadyczny i w praktyce rzadko spotykany.

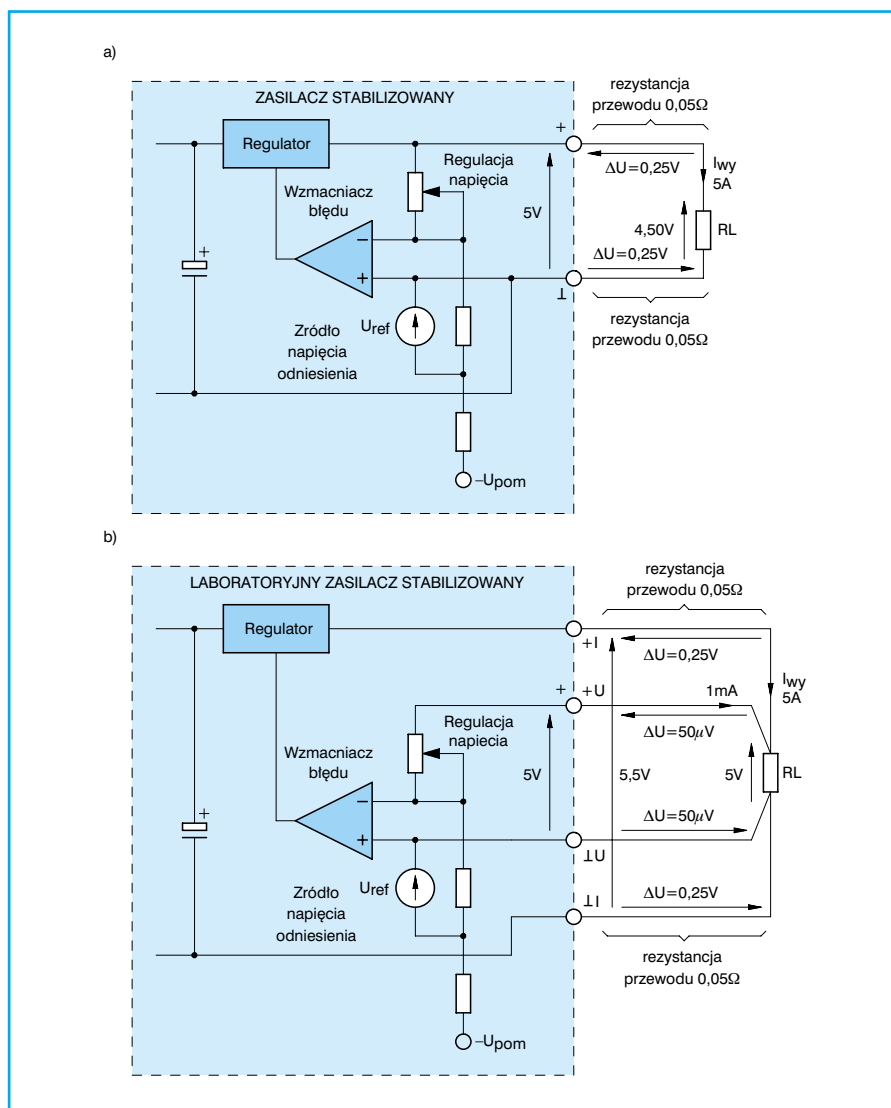
Mimo zastosowania dwóch tranzystorów umieszczonych na radiatorze konieczne było zastosowanie dodatkowego wentylatora, który włączany jest przy osiągnięciu przez radiator temperatury ok. 55 ÷ 65 °C. Zastosowanie wentylatora pozwala zwiększyć „wydajność” radiatora ok. 2 ÷ 3 razy. Odpowiada to mniej więcej mocy traconej w tranzystorach T1 i T2 rzędu 100 ÷ 120 W i temperaturze otoczenia 20 °C. Przy dalszym wzroście temperatury (jeżeli moc tracona jest wyższa włącza się akustyczny sygnał alarmu informujący, że należy „dać odpocząć” zasilaczowi wyłączając go lub zmniejszając prąd wyjściowy.

Jako tranzystory T1 i T2 zastosowano tranzystory TIP 142 zbudowane w układzie Darlingtona. Ich wzmacnienie prądowe wynosi 1000. Mimo tego do stopnia końcowego został jeszcze dołożony dodatkowy tranzystor wzmacniacza prądowego T3. Dzięki temu odciążono układ wzmacniacza błędów. W celu uzyskania równomiernego rozprzysięgu prądów w tranzystorach mocy zastosowano rezystory emiterowe R6 i R7, oraz przeprowadzono linearyzację charakterystyk wejściowych przy pomocy rezystorów R4 i R5.

Napięcie doprowadzane do tranzystorów szeregowych pochodzi z zasilacza niestabilizowanego składającego się z prostownika PR1 i kondensatora filtru C1. Ze względu na duży maksymalny prąd wyjściowy niezbędny okazał się kondensator elektrolityczny o dużej pojemności 10.000 μ F i wysokim napięciu znamionowym 50 V. Jest to element dość kosztowny. Z tego względu mniej wymagający użytkownicy mogą zastosować kondensator o nieco mniejszej pojemności, ale o takim samym napięciu pracy. Wpłynie to jednak na niewielkie pogorszenie parametrów zasilacza.

Z kondensatora filtru C1 pobierane jest napięcie pomocnicze służące do zasilania wzmacniacza błędów. Dioda D1 ma za zadanie odseparowanie kondensatorów C1 i C2. Dzięki temu prostemu zabiegowi napięcie tętnień na kondensatorze C2 jest stosunkowo niskie i praktycznie nie ulega zmianie przy wzroście prądu pobieranego z zasilacza. Rezystor R1 i szeregowo połączone diody Zenera D2 i D3 tworzą zasilacz parametryczny dostarczający napięcia +36 V. Nie jest to układ idealny, ale wzmacniacz operacyjny US1 pracujący jako wzmacniacz błędów charakteryzuje się dużym współczynnikiem tłumienia tętnień zasilania.

Wzmacniacz błędów US1 pracuje przy bardzo wysokim napięciu zasilania. Jest ono niesymetryczne i wynosi +36 V i -5 V. Taki zakres napięć został podyktowany zakresem napięć wyjściowych. Aby zasilacz mógł dostarczać napięć począwszy od 0 V konieczne było przesunięcie napięcia referencyjnego na poziom ujemny względem masy (szczególnie dobrze widać to na rys. 1). Napięcie referencyjne o wartości 1,25 V jest stabilizowane przez skompensowaną temperaturowo diodę stabilizacyjną D4. Właściwie mówiąc jest to specjalistyczny układ scalony.

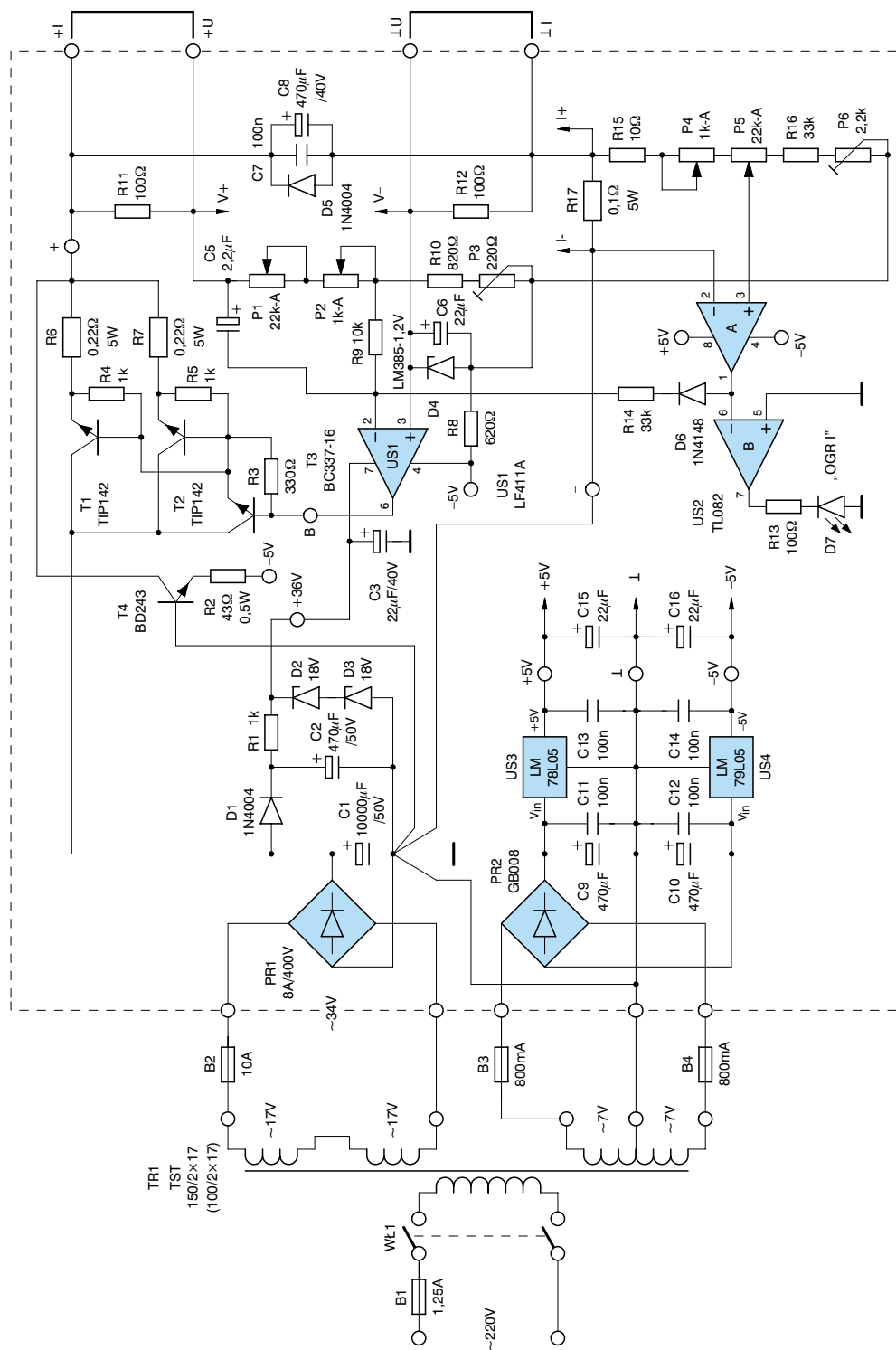


Rys. 1 Schemat blokowy zasilacza a) klasycznego, b) laboratoryjnego (czteroźródłowego)

Wzmacniacz błędów US1 steruje stopniem mocy w taki sposób, aby wejście odwracające było przez cały czas na po-

tencjale masy wyjściowej, do której dołączona jest wejście nieodwracające wzmacniacza US1. Wymaga to z kolei

przepływu prądu o stałej wartości przez szeregowo połączony rezystor R10 i potencjometr P3, który wywołuje na nich



Rys. 2 Schemat ideowy zasilacza

spadek napięcia 1,25 V (taki sam jak wynosi wartość napięcia referencyjnego). Prąd płynący przez R10 i P3 pochodzi z wyjścia zasilacza, jego wartość jest stała bez względu na napięcie wyjściowe, które będzie zależało liniowo od rezystancji szeregowo połączonych potencjometrów P1 i P2. W zasilaczu zastosowano dwa zwykłe potencjometry obrotowe zamiast jednego bardzo drogiego potencjometru dziesięcioobrotowego. Potencjometr P1 przeznaczony jest do regulacji zgrubnej, a potencjometr P2 (precyzer) umożliwia dokładną regulację napięcia wyjściowego. Przy maksymalnej rezystancji potencjometrów P1 i P2 uzyskuje się maksymalne napięcie wyjściowe, a przy zerowej wartości rezystancji napięcie 0 V. Potencjometr P3 przeznaczony jest do kalibracji zasilacza. Przy jego pomocy ustawia się maksymalne napięcie wyjściowe.

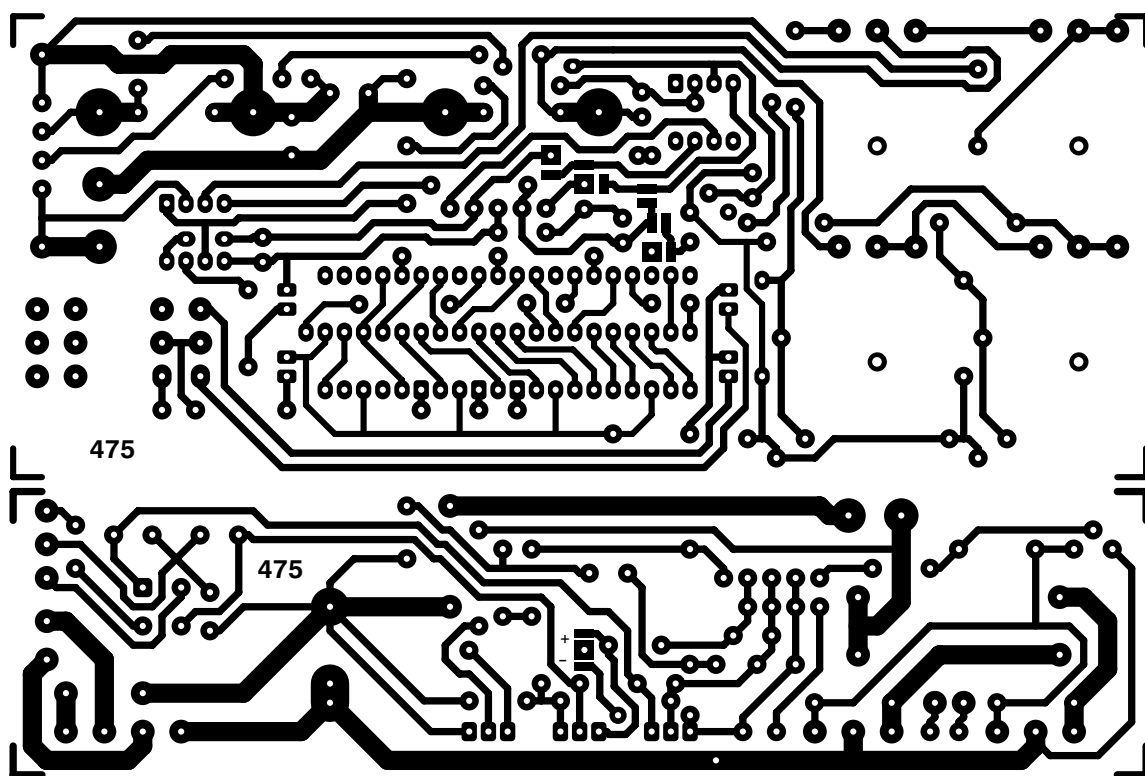
W układzie zasilacza można wyróżnić zaciski prądowe (+I „masa” I) i napięciowe (+U i „masa” U). Jak widać zaciski prądowe podłączone są z jednej strony do wyjścia (emiterów) tranzystorów mocy, a z drugiej przez rezystor R17 do masy kondensatora filtra C1. Natomiast zaciski napięciowe łączą się ze

wzmacniaczem błędów US1. Pomiedzy zaciskami prądowymi i napięciowymi umieszczono pomocnicze rezystory R11 i R12 o niewielkiej wartości. Zapobiegają przed pojawieniem się maksymalnego napięcia wyjściowego w przypadku gdy zapomni się połączyć wejść napięciowych z obciążeniem.

W praktyce możemy spotkać się z układami które generują w niektórych przypadkach prąd. Są to układy zasilane z wielu punktów, lub układy posiadające baterie. Dlatego też w dobrych zasilaczach laboratoryjnych stosuje się wstępne obciążenie, pobierające niewielki prąd z wyjścia przez cały czas pracy zasilacza. Ponadto wstępne obciążenie poprawia charakterystykę stopnia wyjściowego, który nie musi pracować przy prądach bardzo bliskich zeru (coś podobnego do prądu spoczynkowego we wzmacniaczach mocy). W układzie obciążenia wstępnego zastosowano najprostsze z możliwych źródło prądowe na tranzystorze T4 dołączone do wyjścia prądowego zasilacza. Prąd źródła jest stały bez względu na napięcie wyjściowe i wynosi ok. 100 mA. Wartość tego prądu determinowana jest rezystorem R2. Tranzystor T4 umieszczony jest na radiatorze, gdyż

przy maksymalnym napięciu wyjściowym traci się w nim moc ok. 3 W, a to jest już niemało.

Rezystor R17 włączony w obwód masy pełni funkcję bocznika do układu stabilizacji prądu wyjściowego. Ponadto jest on też wykorzystywany do pomiaru prądu pobieranego z zasilacza. W układzie regulacji prądu pracuje wzmacniacz US2A. Wejście odwracające tego wzmacniacza połączony jest z jednym końcem rezystora R17. Do drugiego wejścia doprowadzone jest napięcie ujemne z suwaka potencjometru P5. W czasie gdy z zasilacza nie jest pobierany prąd wejście nieodwracające US2A jest na potencjale niższym niż wejście odwracające, dlatego też na wyjściu wzmacniacza występuje napięcie ujemne. W takiej sytuacji zasilacz pracuje jako stabilizator napięcia. Wraz ze wzrostem prądu pobieranego z wyjścia na rezystorze R17 pojawia się spadek napięcia proporcjonalny do pobieranego prądu. Powoduje to zmniejszanie się różnicy napięć pomiędzy wejściami US2A. Przy pewnej wartości prądu spadek napięcia na R17 jest na tyle duży, że kompensuje ujemne napięcie doprowadzane przez P5 do wejścia wzmacniacza (różnica napięć na wej-



Rys. 3 Płytką drukowaną

ściach dochodzi do zera). W tej sytuacji na wyjściu US2 pojawia się napięcie dodatnie. Zaczyna wtedy przewodzić dioda D6, i przez rezystor R14 płynie niewielki prąd polaryzujący wejście odwracające US1. Efektem tego jest zmniejszenie napięcia wyjściowego. Zasilacz przechodzi do pracy ze stabilizacją prądu. Dodatnie napięcie na wyjściu US2A powoduje przełączenie komparatora US2B i zapalenie diody D7 informującej o pracy ze stabilizacją prądu.

Próg przy którym układ zaczyna stabilizować prąd można płynnie regulować w zakresie od 10 mA do 5 A przy pomocy potencjometrów P4 i P5. Także tutaj

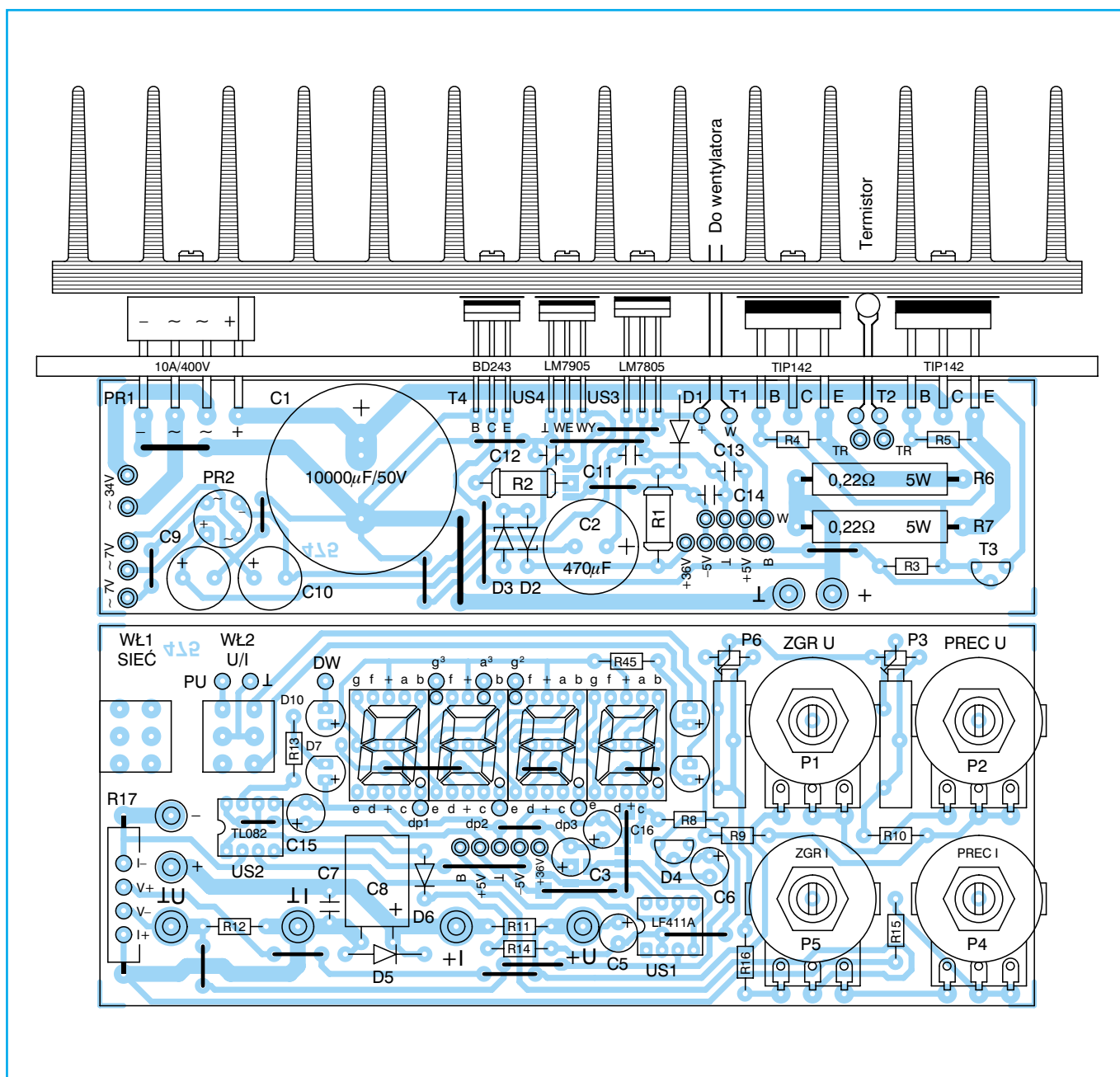
w miejsce potencjometru dziesięcioobrotowego zastosowano dwa zwykłe potencjometry. Regulacji zgrubnej dokonuje się potencjometrem P5, a precyzyjnej potencjometrem P4.

Do zasilania układów pomocniczych i pomiarowych zastosowano zasilacz dostarczający napięcie ± 5 V. Ze względu na duży prąd wyjściowy bardzo istotne jest właściwe prowadzenie mas. W zasilaczu zastosowano gwiazdasty układ prowadzenia masy, gdzie masy poszczególnych obwodów spotykają się w jednym punkcie, co uwidoczniło na schemacie ideowym.

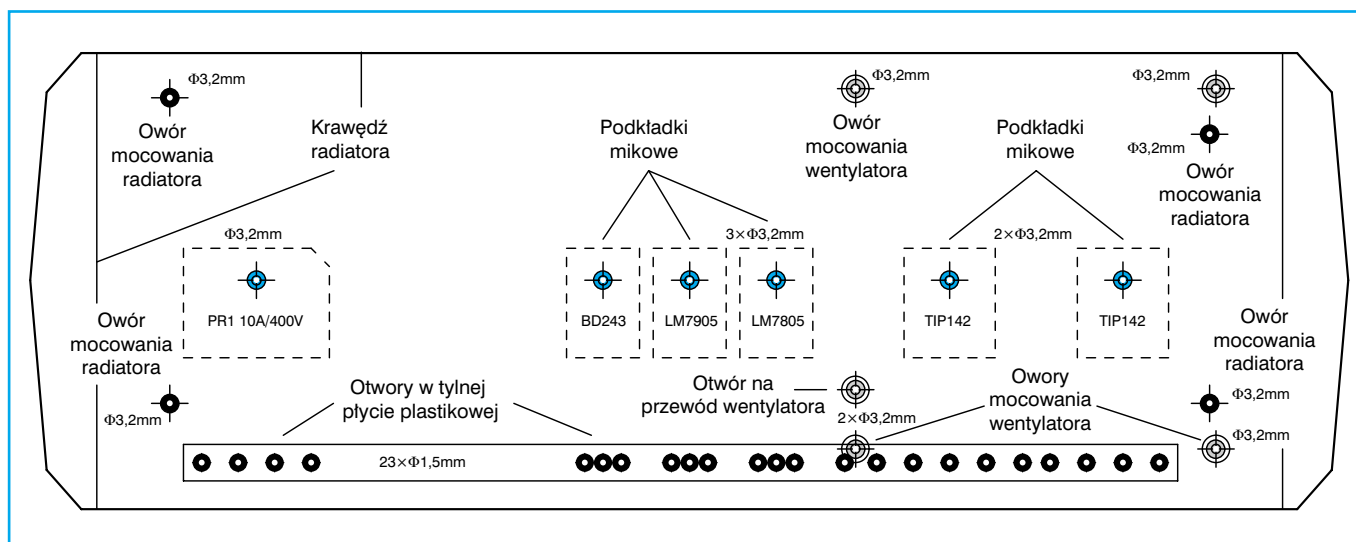
Do zasilania urządzenia wykorzystano transformator toroidalny o mocy

150 VA, dostarczający napięcia zmiennego 2×17 V. Można też zastosować transformator o mniejszej mocy 100 VA (tańszy) i takim samym napięciu wyjściowym, lecz prąd maksymalny zasilacza ulegnie zmniejszeniu do ok. 3,5 A. Pomocnicze napięcie 2×7 V pochodzi z dodatkowo nawiniętego uzwojenia wtórnego, lub może być doprowadzone z odrębnego transformatora o mocy ok. 8 VA np. TS 8/39.

Układy dodatkowe takie jak miernik napięcia i prądu wyjściowego, automatyczny włącznik wentylatora, sygnalizator przekroczenia temperatury maksymalnej radiatora zostaną opisane w na-



Rys. 4 Rozmieszczenie elementów



Rys. 5 Rozmieszczenie otworów w płycie tylnej i radiatorze (skala 1:1)

stępnym numerze PE. Przedstawiony tu opis umożliwia zbudowanie kompletnego zasilacza bez wyżej wymienionych układów dodatkowych wzbogacających zasilacz.

Montaż i uruchomienie

Zasilacz zmontowano na dwóch płytkach drukowanych. Na pierwszej płytce znajdują się wszystkie elementy które wymagają przykręcenia do radiatora. Płytkę tę umieszczoną jest poziomo i na stałe połączoną z tylną ścianką obudowy i radiator. Natomiast druga płytka zawiera elementy regulacyjne, za-

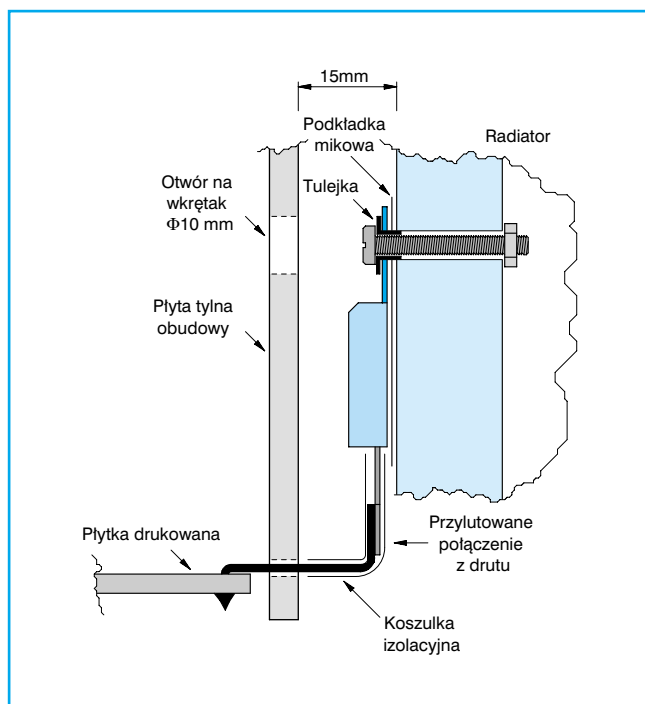
ciski wyjściowe, włączniki i wyświetlacz. Płytkę umieszczoną jest pionowo za płytą czołową i połączoną z nią na stałe. Niektóre elementy umieszczone na tej płytce pochodzą z układów dodatkowych zasilacza np. wyświetlacze. Te elementy nie występują na podanym schemacie (rys. 2), są jednak wymienione w wykazie elementów i oznaczone gwiazdką. Jeżeli przewiduje się budowę zasilacza w wersji rozszerzonej należy je zamontować już teraz.

Pierwszym krokiem jest wybór transformatora. Przedstawiona konstrukcja pozwala na wykonanie zasilacza dostarczającego prądu maksymalnego 5 A. Jednakże gabaryty radiatora, oraz transformator o mocy 150 V nie pozwalają na stały pobór tak dużego prądu. Ograniczenie mocą tracącą w tranzystorach T1 i T2 dotyczy przypadków dużego prądu wyjściowego przy małym napięciu wyjściowym. Ograniczenie mocą transformatora dotyczy dużego poboru prądu. Powoduje to relatywnie nieduży spadek napięcia na zaciskach transformatora, lecz zaczyna się on bardzo mocno nagrzewać.

Jeżeli zasilacz ma pracować w pełnym

zakresie napięć i prądów wyjściowych przy pracy ciągłej konieczne jest zastosowanie transformatora o mocy 200 VA/2×17 V i radiatora o dwukrotnie większej wysokości niż podano w niniejszym opisie. Mimo tak dużego radiatora musi on być wyposażony w dwa wentylatory o wymiarach 80×80 mm. Pozostałe elementy są bez zmian. Natomiast gdy zadowolimy się prądem maksymalnym 3,5 A wystarczy transformator o mocy 100 VA/2×17 V. Jednakże praktyka pokazuje, że optymalne jest rozwiązanie może niedoskonałe, ale taki jak proponujemy, gdyż bardzo rzadko zachodzi konieczność ciągłej pracy z parametrami maksymalnymi.

Napięcie pomocnicze 2×7 V najprościej jest uzyskać nawijając dodatkowe uzwojenie wtórne na rdzeniu transformatora. Należy zwrócić uwagę, aby toroidalny rdzeń nie był zalany w środku żywicą, gdyż wtedy dowieńcie uzwojeń nie jest możliwe. Dodatkowe uzwojenie nawija się na istniejącej izolacji (której pod żadnym pozorem nie wolno odwijać) przewodem w izolacji o przekroju 0,35 mm². Idealnie do tego celu nadaje się taśmą klejoną składającą się z dwóch przewodów. Taką taśmą nawija się 35 zwojów w pobliżu wyprowadzeń uzwojenia wtórnego (jak najdalej od wyprowadzeń uzwojenia pierwotnego). Całe uzwojenie zakleja się taśmą izolacyjną pozostawiając wyprowadzone cztery końce. Początek jednego przewodu z pary którą nawinięto uzwojenie łączy się z końcem drugiego przewodu pary. W ten sposób uzyskuje się odczep po środku uzwojeń. Po włączeniu transfor-



Rys. 6 Mocowanie nóżek elementów

matora można sprawdzić czy napięcie zmienne wynosi 7 ÷ 9 V pomiędzy środkiem a każdym z końców i 14 ÷ 18 V pomiędzy oboma końcami uzwojenia.

Następnie można przystąpić do montowania płytki tylnej i radiatora. W płycie tylnej obudowy i radiatorze należy wywiercić szereg otworów. Rozmieszczenie otworów wraz z ich średnicami przedstawiono w skali 1:1 na rysunku 5, który może posłużyć jako wzorzec do trasowania. Trasując otwory w radiatorze górną krawędź radiatora umieszcza się na wysokości górnej krawędzi płyty tylnej, a jego lewą krawędź na oznaczonej pionowej linii (patrz rys. 5). W tylnej płycie obudowy należy wywiercić otwory: mocowania radiatora (4 otw. pola koloru czarnego), na nóżki elementów i przewody zasilania wentylatora (23 otw. pola koloru czarnego), pod śrubokręt (6 otw. pola koloru niebieskiego). Otwory pod śrubokręt powinny mieć średnicę 7 ÷ 10 mm. Nie są one niezbędne, ale będą pomocne przy ewentualnych naprawach zasilacza. W radiatorze wierci się otwory: mocowania wentylatora (4 otw. szarego), mocowania radiatora (4 otw. koloru czarnego), na przewody zasilające wentylatora (1 otw. koloru szarego) i mocowania elementów (6 otw. koloru niebieskiego).

Po przygotowaniu płyty tylnej i radiatora na tym ostatnim można zamontować elementy. Pod tranzystory T1, T2, T4 oraz stabilizatory US3 i US4 należy założyć podkładki mikowe posmarowane obustronnie smarem silikonowym i tulejki izolacyjne. Po zamontowaniu elementów warto sprawdzić omomierzem czy są one oddzielone galwanicznie od radiatora. Następnie do radiatora można przykręcić wentylator, a przewód zasilania przełożyć przez przeznaczony do tego otwór. Do przykręcenia wentylatora stosuje się wkręty o długości ok. 50 mm lub tulejki dystansowe 30 mm (2 × 15 mm). Pomiędzy tranzystorami T1 i T2 przykleja się żywicą epoksydową termistor TR1. Na sam koniec przykręca się do płyty tylnej radiator przy pomocy tulejek dystansowych o długości 15 mm.

Na płycie tylnej można teraz zamontować wszystkie elementy. Dwie zwory oznaczone grubszą kreską na rysunku 4 powinny być wykonane z drutu o średnicy 1,0 ÷ 1,5 mm. W miejsca przeznaczone na przylutowanie nóżek elementów wlutowuje się odcinki drutu o takiej samej średnicy.

Płytkę z przylutowanymi drutami łączy się z płytą tylną i radiatorem przekładając druty przez wywiercone w płycie otwory. Na druty należy nasunąć odcinki koszulek izolacyjnych. Teraz pozostaje ukształtować końcówki drutów i zlutować je z nóżkami elementów. Pokazano to na wysunku 6 (patrz także zdjęcie na wstępie artykułu). Na płycie przedniej montowane są wszystkie elementy za wyjątkiem potencjometrów P1, P2, P4, P5. Jako P3 i P6 wskazane jest zastosować potencjometry wieloobrotowe (przy ich braku można zamontować potencjometry zwykłe (TVP 1232). Jeżeli zasilacz ma być wykonany w wersji rozszerzonej należy zamontować dodatkowe elementy oznaczone w wykazie elementów gwiazdką (patrz zdjęcie na wstępie artykułu). Ponieważ wykonanie wszystkich opisanych wyżej czynności jak i zgromadzenie elementów zajmie trochę czasu dalszy ciąg opisu montażu i uruchamiania przedstawiony zostanie w następnej części artykułu.

Prosimy nie zamawiać pozostałych elementów. Ceny płyty czołowej, obudowy i elementów które będą dostępne w sprzedaży wysyłkowej podamy w następnej części artykułu.

W wykazie elementów gwiazdkami oznaczono wszystkie elementy które wchodzi w skład wersji rozszerzonej zasilacza i nie są niezbędne do zbudowania wersji podstawowej. Elementy oznaczone gwiazdką nie są także umieszczone na schemacie ideowym.

Wykaz elementów	
Półprzewodniki	
US1	– LF 411A (LF 355B, LF 356B, LF 357B, LM 107, LM 207)
US2	– TL 082
US3	– LM 78L05
US4	– LM 79L05
T1 ÷ T2	– TIP 142
T3	– BD 243
T4	– BC 337-16
D1, D5	– 1N4004
D2, D3	– BZX 18 V/0,5 W
D4	– LM 358-1,2 V
D6	– 1N4148
D7,	
D10* ÷ D12*	– LED 5 mm zielona
PR1	– KB08G 8 A/400 V
PR2	– GB008 1,5 A/100 V
W1* ÷ W4*	– CQVP 31 WA zielony
Rezystory	
R17	– 0,1 Ω/5 W
R6, R7	– 0,22 Ω/5 W

Rezystory cd.

R15	– 10 Ω/0,25 W
R2	– 43 Ω/0,5 W
R11 ÷ R13	– 100 Ω/0,25 W
R43*	– 150 Ω/0,25 W
R3	– 330 Ω/0,25 W
R8	– 620 Ω/0,25 W
R10	– 820 Ω/0,25 W
R4, R5	– 1 kΩ/0,25 W
R1	– 1 kΩ/0,5 W
R9	– 10 kΩ/0,25 W
R14, R16	– 33 kΩ/0,25 W
P3	– 220 Ω 10-cio obrotowy
P2, P4	– 1 kΩ-A PR 185
P6	– 2,2 kΩ 10-cio obrotowy
P1, P5	– 22 kΩ-A PR 185

Kondensatory

C7,	
C11 ÷ C14	– 100 nF/50 V MKSE-020
C5	– 2,2 μF/50 V
C6,	
C15, C16	– 22 μF/25 V
C3	– 22 μF/50 V
C9, C10	– 470 μF/16 V
C8	– 470 μF/40 V
C2	– 470 μF/50 V
C1	– 10.000 μF/50 V (6.800 μF/50 V)

Inne

TR1	– TST 150VA/2 × 17 V
B1	– WTAT 1,25 A/250 V
B2	– WTAT 10 A/250 V
B3, B4	– WTAT 800 mA/250 V
WŁ1, WŁ2*	– przełącznik dźwigienkowy sieciowy
wentylator*	– 12 VDC 60 mm × 60 mm
TR1*	– termistor NTC 15 kΩ
radiator	– jednostronnie żebrowany 8,5 cm wysokości
G1 ÷ G4	– pokrętła 4 szt.
GN1 ÷ GN4	– gniazda diodowe 4 szt.
obudowa	– ZV
płyta	
czołowa	– P475
podkładki mikowe z tulejkami pod obudowę TO 220	3 szt.
podkładki mikowe z tulejkami pod obudowę TO 218 (SOT 93)	2 szt.
tulejki dystansowe 15 mm	4 szt
tulejki dystansowe 30 mm	4 szt
płytką drukowaną numer	475

Płytki drukowane wysyłane są za zaliczeniem pocztowym.

Cena: płytką numer 475 - 10,50 zł + koszty wysyłki.

♦ mgr inż. Dariusz Cichoński

Laboratoryjny zasilacz cztero- zaciskowy 0 ÷ 30 V/5 A cz.2

Na rysunku 1 przedstawiono rozkład zworek wykonywanych na płytkach drukowanych po stronie ścieżek przy pomocy kropki cyny (jedna zworka na płytce tylnej i trzy na płytce przedniej). Układ zworek przedstawiony jest dla dwóch wersji zasilacza. Opis zmian dla wersji dostarczającej napięcia ujemnego będzie podany w dalszej części opisu. Należy wykonać zworki zgodnie z rys. 1 uważając, aby nie zrobić niepotrzebnych zwarc.

Na takim etapie można przystąpić do uruchamiania układu. Pierwszą czynnością jest wykonanie wszystkich niezbędnych połączeń przy pomocy przewodów. Długość przewodów należy dobrać taką aby nie trzeba było ich później skracać, lub co gorsza sztukować. Przy rozmieszczeniu poszczególnych części i przewodów w obudowie pomocne będzie zdjęcie na okładce.

W pierwszej kolejności łączy się obwód zasilania transformatora TR1 z przewodem sieciowym i bezpiecznikiem (włącznik zasilania można na razie pominąć). Do połączenia konieczne trzeba zastosować przewody o wytrzymałości izolacji 400 V. Później trzeba połączyć szeregowo uzwojenia wtórne tak, aby zmienne napięcie wyjściowe wynosiło ok. 35 ÷ 40 V.

Jeżeli na wyjściu brak jest napięcia oznacza to, że uzwojenia wtórne transformatora połączono w przeciwną fazie. Wystarczy zmienić połączenie i napięcie na wyjściu na pewno pojawi się. Do połączenia transformatora z płytką tylną należy zastosować przewód o przekroju 2,5 mm². Połączenie napięcia zmiennego 7 V można wykonać cienkim przewodem (krosówką, lub tasiemką 3-y żyłową). Bezpieczniki zamontowano na kawałku płytki uniwersalnej.

Teraz można przeprowadzić pierwszy etap uruchamiania zasilacza, obejmujący płytkę tylną. W tym celu potencjometr 22 kΩ łączy się prowizorycznie z polami lutowniczymi umieszczonymi poziomo w prawej dolnej części płytki tylnej. Końce potencjometru łączy się z polami „masa” i +36 V, a suwak z polem „B”. Po starannym sprawdzeniu poprawności montażu można włączyć napięcie zasilania. Pierwszą czynnością jest sprawdzenie napięć +5 V, -5 V, +36 ± 2 V. Następnie woltomierz podłącza się do pól oznaczonych symbolem „masy” i „+” (w prawym dolnym rogu płytki drukowanej). Kręcąc potencjometrem należy sprawdzić czy napięcie wyjściowe zmienia się w zakresie 0 ÷ 34 V. Pole „W” łączy się z napięciem -5 V i spraw-

dza czy wentylator obraca się (wentylator powinien „nadmuchiwać” powietrze na radiator). Jeżeli jest na odwrót trzeba go zde-montować i obrócić o 180° (nie wolno zmieniać polaryzacji zasilania).

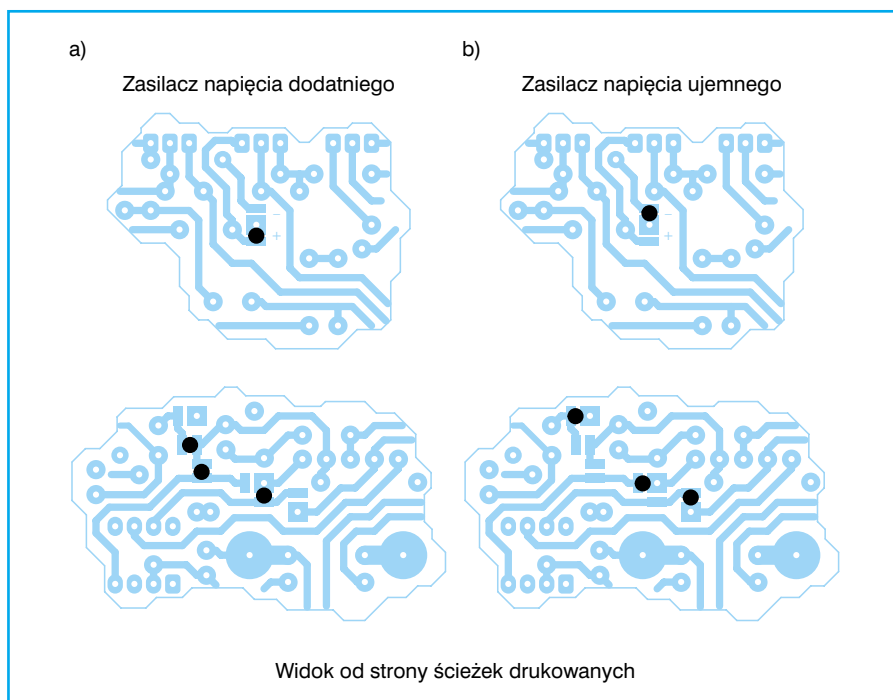
Podczas wszystkich pomiarów trzeba uważać aby nie zrobić zwarcia. Jeżeli wszystko jest OK można wyłączyć zasilanie i po rozładowaniu kondensatorów odłączyć potencjometr. Kondensator C1 10.000 µF rozładowuje się przez rezystor ok. 30 ÷ 100 Ω. Nie wolno zwierać go „na krótko” nóżek kondensatora gdyż grozi to poparzeniem (przeskok dużej iskry), a ponadto kondensator może się uszkodzić.

Następnie łączy się ze sobą tasiemką 5-cio żyłową pola: +36 V, -5 V, „masa”, +5 V, „B” znajdujące się na obu płytkach w jednym rzędzie. Następnie wykonuje się połączenie pól: „masa” i „+” przewodem o przekroju 2,5 mm². Są one umieszczone obok siebie poziomo w prawym dolnym rogu płytki tylnej i pionowo w lewym dolnym rogu płytki przedniej. Z płytką przednią łączy się prowizorycznie przy pomocy krótkich przewodów potencjometry P1, P2, P4, P5. Ponownie należy sprawdzić poprawność montażu!!! Po sprawdzeniu jeszcze raz sprawdzić poprawność montażu!!! To podwójne ostrzeżenie jest naprawdę poważne układ jest zasilany stosunkowo wysokim napięciem 40 V/5 A, które może być niebezpieczne dla zdrowia, a nawet życia.

Do wyjścia zasilacza (pola „+I” i „masa I” podłącza się woltomierz. Po włączeniu zasilania sprawdza się, czy działa regulacja napięcia wyjściowego. Napięcie wyjściowe 0 V można uzyskać tylko wtedy, gdy oba potencjometry P1 i P2 skrócone są na minimum. Następnie ustawia się maksymalne napięcie wyjściowe potencjometrem P1, a potencjometr P2 ustawia się w pozycji środkowej (ustawienie potencjometrów P4 i P5 nie jest istotne). Przy pomocy potencjometru P3 ustawia się wartość napięcia wyjściowego na +30,0 V. W przypadku gdy zakres regulacji napięcia będzie niedostateczny można zmienić nieco wartość rezystora R10.

Jeżeli na tym etapie wystąpią jakieś problemy należy sprawdzić napięcia zasilające układy US1 i US2. Sprawdzić, czy napięcie referencyjne (katoda diody D4) wynosi -1,25 V względem masy. Jeżeli pali się dioda D7 zmienić nieco ustawienie P5.

Po pozytywnym przebrnięciu przez ten etap do zasilacza podłącza się w układzie czterozaciskowym (patrz rys. 1b PE 9/99) obciążenie szeregowo połączone z ampero-



Rys. 1 Rozmieszczenie zworek na płytkach drukowanych dla wersji dostarczającej napięć: a) dodatnich, b) ujemnych

mierzem o zakresie 20 A. Jako obciążenie można zastosować rezystor 4 Ω/50 W lub żarówkę samochodową 12 V/55 W (od świateł drogowych). Do połączenia należy zastosować cienkie przewody o długości ok. 1 m. Równolegle do obciążenia włącza się woltomierz. Potencjometry regulacji napięcia ustawia się na minimum, a potencjometry P5 i P4 w pozycji środkowej.

Po włączeniu zasilania powoli zwiększa się napięcie wyjściowe. Wartości wskazywane przez woltomierz i amperomierz powin-

ny rosnąć. Podczas dalszego zwiększania napięcia w pewnym momencie zapali się dioda D7 (przy prądzie obciążenia ok. 2,5 A). Od tej chwili dalsze zwiększanie napięcia potencjometrem P1 nie powinno powodować wzrostu napięcia wyjściowego ani prądu płynącego przez obciążenie. Przy świecącej się diodzie D7 zmiana ustawień potencjometru P5 i P4 powinna powodować zmianę prądu i napięcia na obciążeniu. Obracanie potencjometru P5 w prawo powinno prowadzić do wzrostu prądu i napięcia, aż do zgaśnięcia diody D7. Wtedy dalsze obracanie P5 nie powinno powodować zmian prądu i napięcia.

Jeżeli wszystko działa tak jak opisano powyżej wszystkie potencjometry skręca się w prawo do oporu. Dioda D7 powinna się świecić. Potencjometrem P6 ustawia się wartość prądu płynącego przez obciążenie na 5,0 A. Jeżeli zakres regulacji będzie zbyt mały można zmienić nieco wartość rezystora R16. Na tym kończy się proces uruchamiania zasilacza.

Teraz można przymocować płytkę przednią do płyty czołowej, której wygląd w skali 1:1 przedstawiono na rysunku 2. Gotową płytę czołową można będzie zamówić w redakcji PE po opublikowaniu w następnym numerze dalszej części zasilacza. Można ją też wykonać we własnym zakresie używając rysunku 2 jako szablonu do wykonania otworów. Gdy płyta jest gotowa przykręca się do niej zaciski wyjściowe, potencjometry P1, P2, P4, P5, włączniki WŁ1 i WŁ2. Do wszystkich elementów zamontowanych na płycie czołowej przylutowuje się odcinki drutu (mogą to być nóżki od obciętych elementów). W przypadku

wyjść „masa I” i „+I” należy stosować jak najgrubsze nóżki (φ1 mm). Wszystkie druty wkłada się w odpowiadające im otwory w płycie przedniej. Po dociśnięciu płytki przedniej jak najbliżej płyty czołowej można druty przylutować. Płyta czołowa i płytka przednia powinny być ustawione równolegle do siebie na jednej wysokości (przed zlutowaniem sprawdzić czy wszystko mieści się w obudowie). Przewody zasilające dochodzące do włącznika sieciowego lutuje się po stronie druku bezpośrednio do pól lutowniczych włącznika WŁ1. Tak zmontowany zasilacz jest gotowy do pracy. Podłączenie części pomiarowej będzie opisane w następnym numerze PE. Wszystkie wykonane prace nie przeszkadzają w późniejszym wykonaniu tego podłączenia.

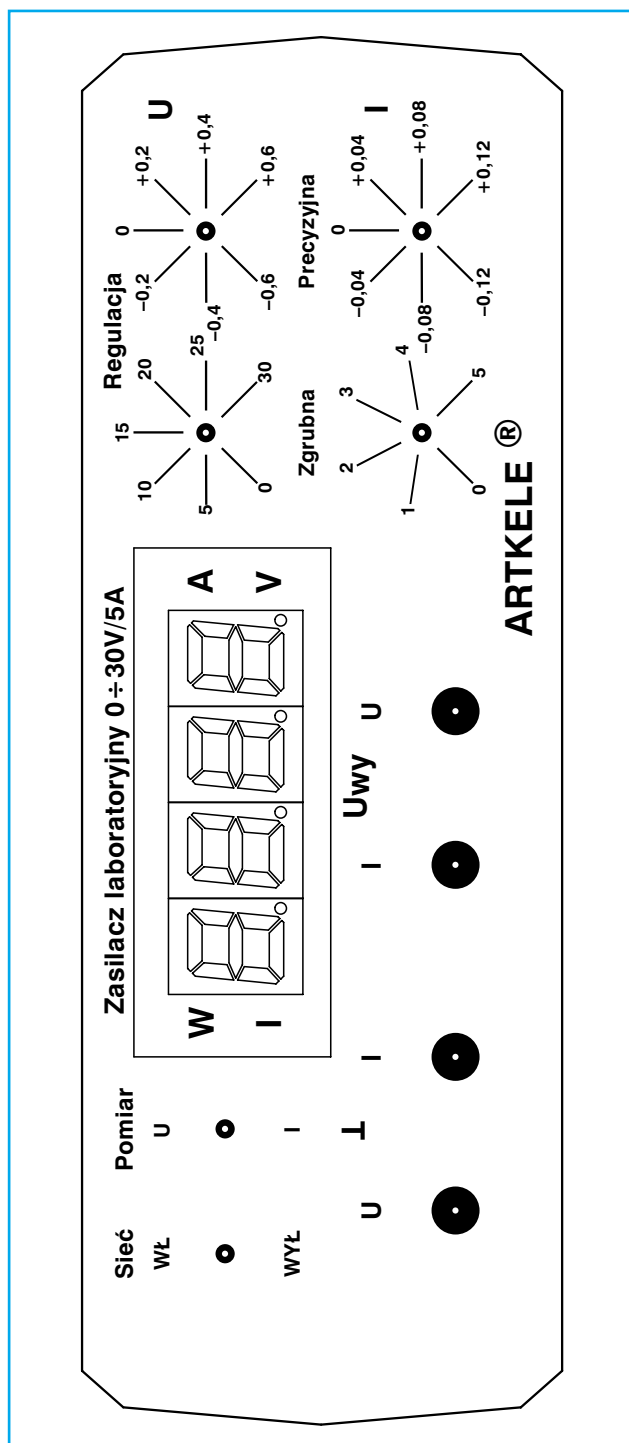
Zasilacz można też wykonać w wersji dostarczającej napięcie ujemnych posługując się tym samym schematem i tymi samymi płytkami drukowanymi. Zmianie ulegają tylko tranzystory T1 ÷ T4 i sposób montażu niektórych elementów, natomiast procedura uruchamiania pozostaje taka sama. Zasilacz napięcie ujemnych wykaz elementów i zmian montażowych:

1. T1, T2 – TIP 147
2. T3 – BC 327-16
3. T4 – BD 244
4. Mostek prostowniczy PR1 montuje się obrócony o 180°, tak aby wyjście „+” mostka było połączone z punktem „-” na płycie drukowanej.
5. Diody D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7 montuje się obrócone o 180° (katoda zamieniona z anodą). Przy montażu diody D4 zwrócić uwagę na podłączenia, Dioda posiada trzy wyprowadzenia, jedno z nich jest niewykorzystywane.
6. Kondensatory C1, C2, C3, C5, C6, C8 montuje się obrócone o 180° (minus kondensatora wlutowany jest w pole oznaczone plusem na płycie drukowanej).
7. Zwory na płytkach drukowanych wykonuje się zgodnie z rys. 1 dla wersji napięcie ujemnych.

Przy uruchamianiu i pomiarach zasilacza napięcie ujemnych należy pamiętać, że zamiast +36 V jest teraz napięcie -36 V, napięcie referencyjne wynosi teraz +1,25 V. Ponadto układ US1 jest zasilany napięciem +5 V (nóżka 7) i -36 V (nóżka 4). Ponadto rezystor R2 jest połączony z napięciem +5 V.

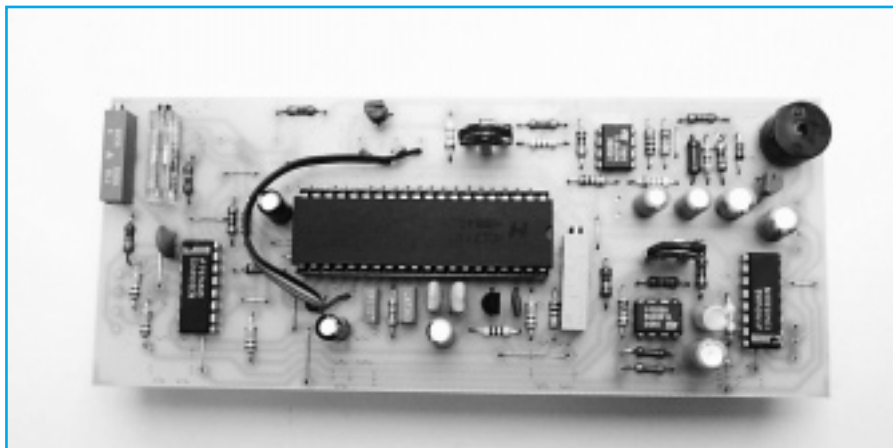
Zasilacz napięcie ±5 V i pozostałe elementy oraz sposób montażu pozostają bez zmian.

♦ mgr inż. Dariusz Cichoński



Rys. 2 Widok płyty czołowej zasilacza w skali 1:1

Laboratoryjny zasilacz czteroza- ciskowy 0 ÷ 30 V/5 A cz.3



Przystąpimy teraz do opisu części pomiarowej. Nie jest ona niezbędna dla działania całego zasilacza lecz jednak w sposób znaczny podnosi walory użytkowe. Zadaniem części pomiarowej jest pomiar napięcia i prądu wyjściowego zasilacza. Ponadto układ pomiarowy posiada automatyczny włącznik wentylatora chłodzącego radiator i akustyczny sygnalizator przekroczenia temperatury maksymalnej radiatora.

Do pomiaru prądu i napięcia wyjściowego zastosowano popularny i powszechnie dostępny układ ICL 7107. Jest to scalony miliwoltomierz o czułości 200 mV wyświetlający wynik na polu 3 1/2 cyfry. Oznacza to, że maksymalne wskazanie może wynosić 1,999. Takie ograniczenie stwarza pewne problemy podczas odczytu napięcia w zasilaczu o zakresie regulacji 0 ÷ 30 V. Możliwe jest rozwiązanie kiedy wynik wyświetlany jest tylko na 3 cyfrach tzn. maksymalne napięcie jest przedstawione jako 30,0 V. Drugim, znacznie lepszym rozwiązaniem jest wyświetlanie napięcia w pełnej dokładności w zakresie od 0 do 19,99 V. Przy wyższych napięciach konieczna jest zmiana zakresu. Wynik dla napięć powyżej 19,99 V jest wtedy wyświetlany w postaci 20,0 do 30,0 V. Przy takiej organizacji pomiaru napięcia konieczne jest także zmienianie ustawienia przecinka na wyświetlaczu. Podobnie sytuacja wygląda przy pomiarze prądu. Na dolnym zakresie wartość prądu pobieranego z zasilacza jest wyświetlana w postaci 1,999 A a na górnym zakresie w postaci od 2,00 do 5,00 A. Także w tym przypadku zmienia się ustawienie przecinka.

W układzie pomiarowym zasilacza zastosowano automatyczną zmianę zakresów pomiaru napięcia i prądu, natomiast sam wybór rodzaju pomiaru odbywa się ręcznie. Wszak trudno jest poznać, którą z wielkości chce mierzyć użytkownik. Do zmiany zakresu pomiarowego, jak też zmiany rodzaju pomiaru zastosowano klucze analogowe CD. 4053.

Na schemacie ideowym położenie kluczy odpowiada pomiarowi napięcia na dolnym zakresie od 0 do 19 V. Do zmiany pomiaru prąd/napięcie służy przełącznik WŁ2 umieszczony na płycie czołowej zasilacza. Diody świecące D11 i D12 umieszczone na płycie czołowej informują o włączonym rodzaju pomiaru. Dioda D11 jest zapalona podczas pomiaru napięcia, a dioda D12 podczas pomiaru prądu.

Napięcie wyjściowe zasilacza pobierane jest z zacisków napięciowych (punkty V+ i V- na płycie czołowej), zatem mierzone jest rzeczywiste napięcie na obciążeniu (patrz PE 9 i 10/99). Do podziału napięcia przez 100 służy dzielnik napięciowy R31, R32, P8. Jeżeli napięcie wyjściowe zasilacza wynosi 19,0 V, to po podziale otrzymuje się 190 mV. Dokładny podział ustalany jest potencjometrem precyzyjnym P8. Za pośrednictwem kluczy analogowych mierzone napięcie przekazywane jest dalej. W przełączaniu bierze udział układ US7 i klucze 2-15, 5-4 (są to numery nóżek US7). Przez kolejny klucz US7 12-14 napięcie dociera do wejścia miliwoltomierza US9. Elementy C19, C21, R46 tworzą filtr dolnoprzepustowy tłumiący zakłócenia mogące pogorszyć dokładność pomiaru.

Aplikacja miliwoltomierza jest typowa, z tą tylko różnicą, że wejście LO (nóżka 30 US9) nie jest połączone z masą układu. Napięcie na tej nóżce w zależności od prądu pobieranego przez zasilacz różni się od potencjału masy o ok. 0 ÷ 0,5 V. Oczywiście nie ma to wpływu na sam pomiar. Napięcie referencyjne układu US9 o wartości 100 mV dostarczane jest przez dzielnik R49, P11, R50 z wysokostabilnej diody odniesienia D13 (takiej samej jak w układzie zasilacza).

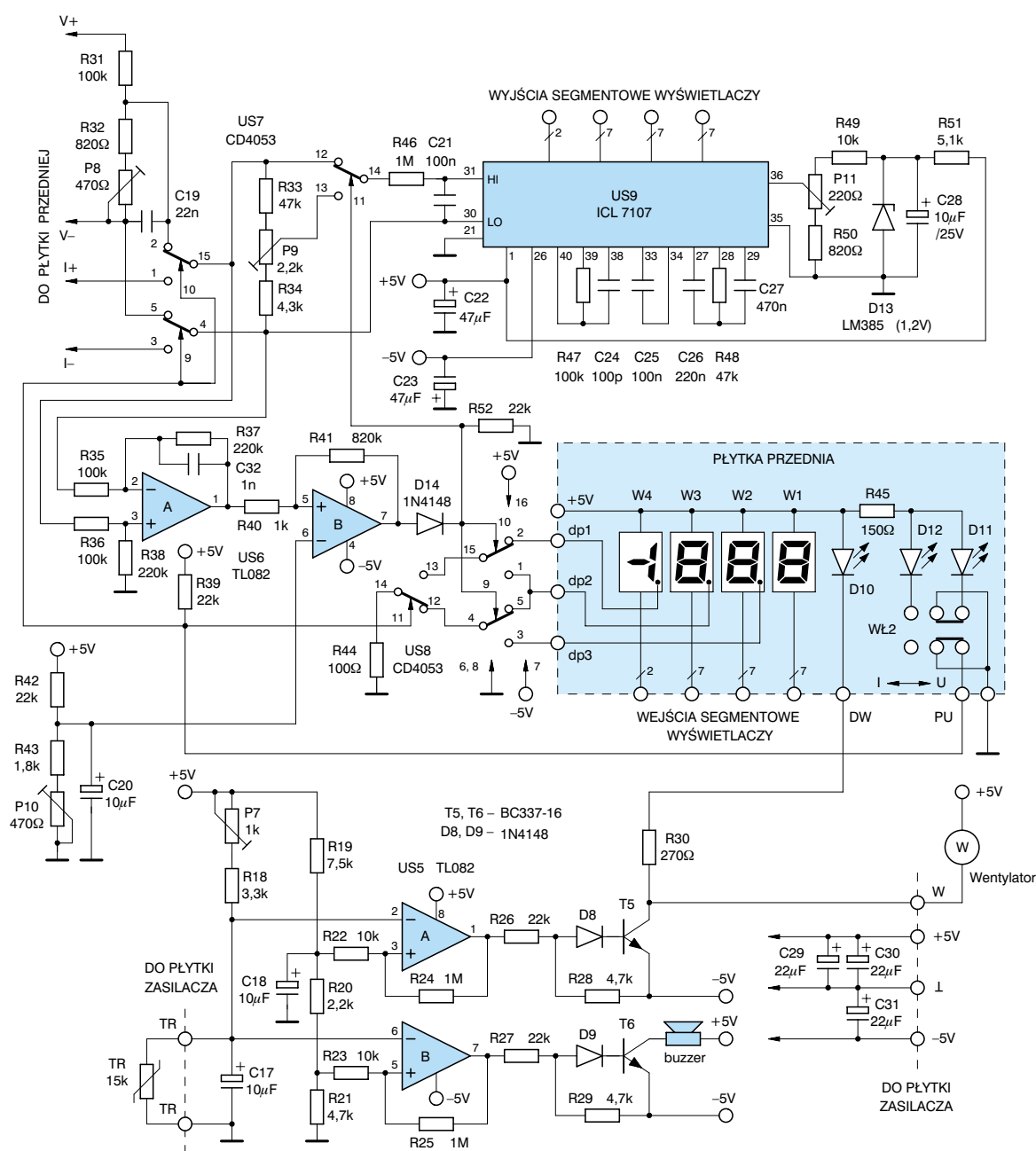
Z wyjścia dzielnika napięciowego R31, R32, P8, za kluczami 2-15 i 5-4 mierzone napięcie doprowadzone jest do wzmacniacza różnicowego US6A. Jego wzmocnienie określone jest przez stosunek rezystorów R37, R35 i wynosi 2,2 V/V. Wyjście wzmacniacza US6A połączone jest z kolei z wejściem nieodwracającym wzmacniacza US6B pracującego jako komparator. Na drugie wejście komparatora doprowadzono stałe napięcie referencyjne z regulowanego dzielnika R41, R43, P10 o wartości ok. 420 mV. W czasie kiedy napięcie wyjściowe zasilacza jest mniejsze od ok. 19,0 V wyjście komparatora jest w stanie niskim. Natomiast po przekroczeniu wartości 19,0 V napięcie na wyjściu wzmacniacza różnicowego US6A przekracza wartość napięcia referencyjnego i komparator zmienia stan wyjścia na wysoki. Powoduje to zmianę stanu klucza US7 na przeciwny niż na schemacie (zwarłe ze sobą nóżki 13-14). Włączony zostaje w ten sposób dodatkowy dzielnik przez diode R33, P9, R34. Do dokładnej regulacji dzielnika służy potencjometr precyzyjny P9. W ten sposób uzyskuje się zmianę zakresu pomiarowego napięcia. Komparator posiada wprowadzoną niewielką histerezę ok. 10 mV, aby nie powstawały oscylacje wskazań podczas zmiany zakresu. Histereza komparatora przeniesiona na wskazania napięcia na wyświetlaczu wynosi ok. 0,5 V.

Wyjście komparatora US6B steruje także przełączaniem kluczy US8, odpowiedzialnych za zapalanie kropki dziesiętnej na wyświetlaczu. Podczas pomiaru napięcia w zakresie 0 ÷ 19 V klucze włączone są w pozycji pokazanej na schemacie ideowym rys. 1. Rezystor R44 z jednego końca połączony z masą łączy się za pośrednictwem kluczy US8 14-12 i 4-5 z kropką dziesiętną dp2. Po zmianie zakresu układ kluczy jest następujący: 14-12 i 4-3, świeci się wtedy kropka dp3.

Gdy włączy się przy pomocy przełącznika WŁ2 pomiar prądu zmianie ulega ustawienie kluczy US7 na 1-15 i 3-4. Mierzony jest wtedy spadek napięcia na szeregowym rezystorze pomiarowym R17. Napięcie jest doprowadzane do płytki pomiarowej punktów oznaczonych I+ i I- na płytce przedniej. Dalsza droga mierzonoego napięcia jest taka sama jak w przypadku pomiaru napięcia wyjściowego zasilacza. Zmiana ustawienia przełącznika WŁ2 powoduje także zmianę ustawienia kluczy US8 na 14-13. W efekcie tego zapalona zostaje kropka dziesiąta dp1.

Spadek napięcia z szeregowego rezystora pomiarowego R17 doprowadzany jest także do wejścia wzmacniacza różnicowego i komparatora napięcia odpowiedzialnych za zmianę zakresu. Gdy wartość prądu pobieranego z wyjścia zasilacza przekroczy 1,9 A komparator US8B zmieni stan wyjścia na wysoki powodując włączenie dodatkowego dzielnika napięciowego R33, P9, R34 (zwarze ze sobą nóżki 13-14 US7). Równocześnie ulega zmianie stan kluczy US8 (zwarze ze sobą nóżki 15-1) i zapala się kropka dziesiąta dp2.

Układ pomiaru napięcia i prądu może także współpracować z zasilaczem napięć ujemnych. Wszystko pozostaje bez zmian za wyjątkiem napięcia referencyjnego komparatora US6B. Musi ono mieć taką samą jak poprzednio wartość bezwzględną, lecz przeciwny znak. Wystarczy tylko dołączyć rezystor R42 do napięcia -5 V a nie jak dotychczas do +5 V. Miliwoltomierz może mierzyć napięcia zarówno dodatnie jak i ujemne. W przypadku napięć i prądów ujemnych na wyświetlaczu będzie zapalony dodatkowy znak minus (segment g W4).



Rys. 1 Schemat ideowy części pomiarowej zasilacza

Klucze analogowe US7 i US8 zasilane są napięciem symetrycznym ± 5 V zatem mogą pracować zarówno z napięciami dodatnimi jak i ujemnymi względem masy. Samo zaś sterowanie kluczami dokonywane jest przy pomocy napięć dodatnich 0 i +5 V.

W czasie kiedy z zasilacz nie jest pobierany żaden prąd wyjściowy przez rezystor pomiarowy R17 na płytce przedniej płynie niewielki „pasożytniczy” prąd pobierany przez diodę referencyjną D4 i przez dzielnik regulacji ograniczenia prądowego. Przepływ tego prądu powoduje powstanie spadku napięcia na rezystorze R17, który jest mierzony przez układ pomiaru prądu wyjściowego. Ponieważ kierunek przepływu prądu „pasożytniczego” jest przeciwny do prądu pobieranego z wyjścia, to miernik prądu wskaże niewielką wartość ujemną. Jest to zjawisko normalne, jego wyeliminowanie niepotrzebnie skomplikowałoby cały układ pomiarowy. W zasilaczu prototypowym

wskazania miernika prądu (bez prądu pobieranego z zasilacza) wynosiły $-0,003$ A.

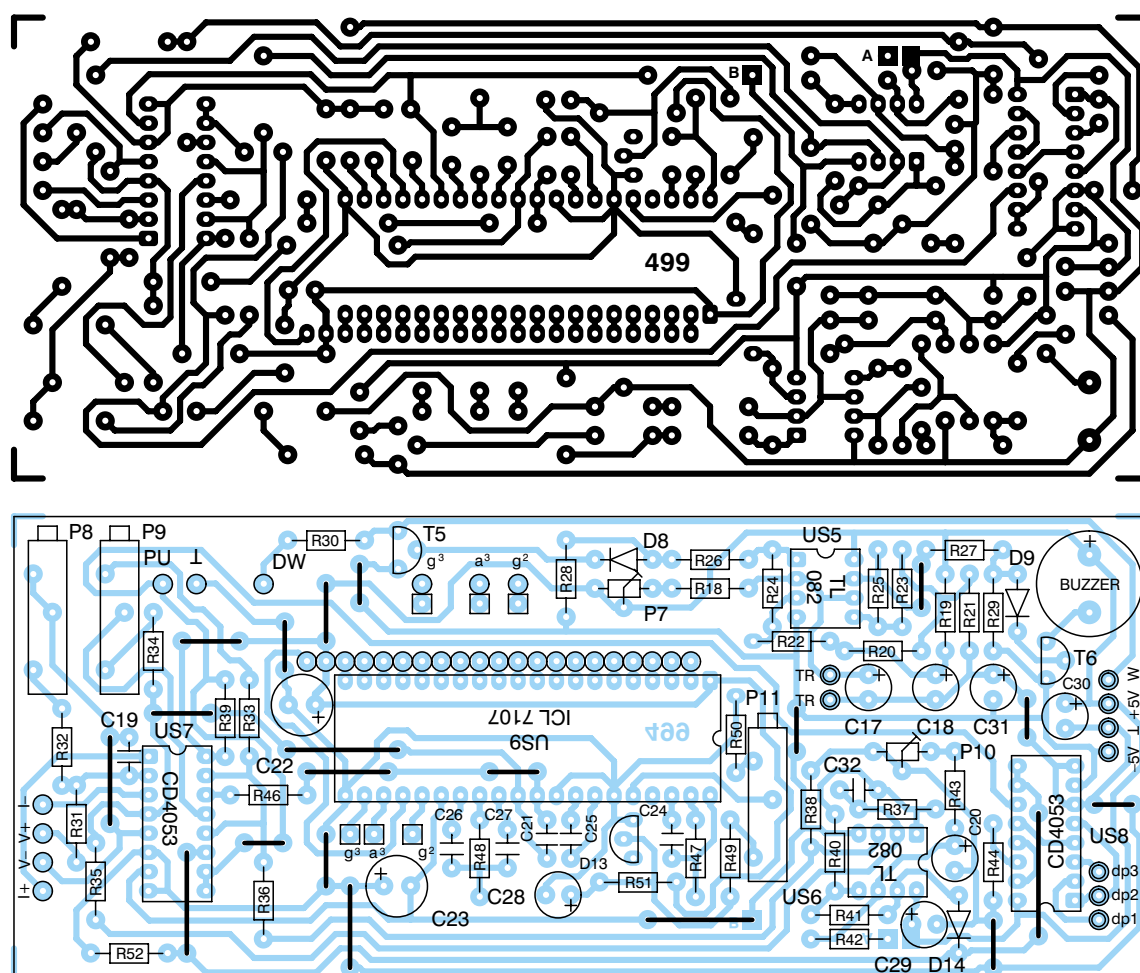
Oprócz części pomiarowej układ posiada jeszcze automatyczny włącznik wentylatora chłodzącego radiator. Zastosowanie wymuszonego przepływu powietrza zwiększa wydajność radiatora od 100 do 200%. Jako czujnik temperatury zastosowano termistor NTC o ujemnym współczynniku temperaturowym, co oznacza że jego rezystancja maleje wraz ze wzrostem temperatury. Termistor umieszczony jest na radiatorze pomiędzy tranzystorami mocy T1 i T2. Po przekroczeniu przez radiator temperatury ok. 40°C zostaje włączony wentylator, co jest sygnalizowane zapaleniem się diody D10 znajdującej się na płytce przedniej. Jednakże jak już wspomniano wcześniej wielkość radiatora i moc tranzystorów T1 i T2 nie pozwala, nawet przy włączonym wentylatorze, na odprowadzanie takiej ilości ciepła jaka wydziela się w sposób ciągły gdy napięcie wyjściowe zasilacza jest małe, a prąd po-

bierany z nie go bliski maksymalnemu. W takiej sytuacji temperatura radiatora rośnie i przy osiągnięciu wartości ok. 60°C włączona zostaje sygnalizacja akustyczna (buzzer). Włączaniem wentylatora i buzera sterują komparatory US5 i tranzystory T5 i T6. Do regulacji progów włączania wentylatora i buzera służy potencjometr P7.

Płytką pomiarową zasilana jest napięciem symetrycznym ± 5 V doprowadzonym z płytki tylnej zasilacza.

Montaż i uruchomienie

Układ pomiarowy mieści się na płytce drukowanej o wymiarach identycznych z płytą przednią. Płytkę pomiarową umieszczoną jest pionowo z tyłu za płytą przednią. Do połączenia płytek użyto szeregu nóżek od rezystorów. Ze względu na to, że po połączeniu ze sobą płytek dostęp do elementów jest ograniczony zalecam wstępne uruchomienie układu



Rys. 2 Płytką drukowaną i rozmieszczenie elementów

przed połączeniem z zasilaczem (zakładam, że zasilacz jest już uruchomiony i działający). Dlatego też na płytce pomiarowej montuje się wszystkie elementy za wyjątkiem układu miliwoltomierza US9. Ponadto na samej płytce pomiarowej łączy się pola lutownicze oznaczone kwadratem po stronie opisowej i symbolem g^3 , a^3 i g^2 z polami o takim samym oznaczeniu. Pola te znajdują się powyżej i poniżej układu US9. Długość przewodów należy dobrać taką, aby możliwe było późniejsze wlutowanie układu US9, oraz aby przewody nie zasłaniały długiego rzędu otworów znajdującego się powyżej układu US9.

Jeżeli układ pomiarowy będzie współpracował z zasilaczem napięć dodatnich na płytce drukowanej po stronie druku należy połączyć pole kwadratowe oznaczone literą „A” z kwadratowym polem umieszczonym obok. Dla wersji mierzącej napięcia ujemne pola „A” łączy się odcinkiem przewodu z kwadratowym polem oznaczonym literką „B” (także po stronie druku).

Należy też wykonać kilka połączeń niezbędnych podczas uruchamiania. Z prawej strony płytki pomiarowej znajdują się w jednym rzędzie pola lutownicze: -5 V, „masa”, +5 V i W. Łączy się je z rzędem pól lutowniczych o takich samych oznaczeniach na płytce tylnej (drugi rząd pól w środku płytki tylnej). Ponadto łączy się dwa pola TR płytki pomiarowej z polami o takim samym oznaczeniu na płytce tylnej (biegunowość tego podłączenia nie ma znaczenia). Długość przewodów można dobrać taką jaką będzie w gotowym zasilaczu, gdyż te połączenia pozostaną.

Następnie należy wykonać kilka połączeń prowizorycznych łącząc pola: PU, „masa”, DW, I+, V-, V+, I-, dp1, dp2, dp3 znajdujące się na płytce pomiarowej z polami o identycznych oznaczeniach na płytce przedniej. Ponadto anodę diody D10 (górnej po lewej stronie wyświetlacza łączy się z napięciem +5 V.

Do pól lutowniczych nr 30 i 31 układu US9 dołącza się woltomierz o zakresie 200 mV. Po sprawdzeniu poprawności montażu i połączeń można już włączyć zasilacz. Przełącznik Wł2 ustawić w pozycji pomiar napięcia, sprawdzić czy świeci się dioda D11 (górną po prawej stronie wyświetlacza). Następnie na wyjściu zasilacza ustawić napięcie 19,0 V, regulując potencjometrem P8 ustawić wskazania woltomierza

podłączonego do nóżek 30 i 31 US9 na 190,0 mV. Sprawdzić czy świeci się kropka dziesiąta dp2 na wyświetlaczu. Zwiększyć napięcie wyjściowe zasilacza do 30 V, regulując potencjometrem P9 ustawić wskazania woltomierza na 30,0 mV. Sprawdzić czy świeci się kropka dziesiąta dp3. Zmieniać bardzo wolno napięcie wyjściowe zasilacza w przedziale 19,0 V do 19,9 V, regulując potencjometrem P10 uzyskać zmianę zakresu przy napięciu ok. 19,5 V. Podczas zwiększania napięcia wyjściowego zasilacza zmiana zakresu powinna następować dla napięcia ok. 19,50 V a podczas zmniejszania przy ok. 20,0 V. Dokładność tej regulacji nie jest tak istotna. Chodzi tylko o to aby zakres ulegał zmianie z niższego na wyższy przy napięciu mniejszym od 20,0 V, gdyż gdy nastąpi to zbyt późno miernik wskaże przekroczenie zakresu.

W drugim etapie do wyjścia zasilacza podłącza się obciążenie (rezystor 4 Ω /50 W, lub żarówkę samochodową 12 V/55 W od świateł drogowych). Przełącznik Wł2 ustawić w pozycji pomiaru prądu, sprawdzić czy świeci się dioda D12 na płycie czołowej. Zmieniając napięcie wyjściowe zasilacza sprawdzić czy układ mierzy poprawnie prąd, czy zmienia automatycznie zakres i czy zapalają się kropki dziesiąte dp1 dla prądów mniejszych od 1,99 A, a dp2 dla prądów większych od 1,99 A. Podczas tych prób woltomierz o zakresie 200 mV w dalszym ciągu powinien być podłączony do pól lutowniczych nr 30 i 31 US9. Odczyt prądu może odbiegać nieco od wartości zmierzonej podczas włączenia amperomierza szeregowo z obciążeniem (różnicę tą zlikwiduje się podczas końcowej kalibracji).

Po pomyślnym przebrnięciu przez powyższe sprawdzenia pozostaje jeszcze podłączyć miliwoltomierz pomiędzy pola lutownicze 35 i 36 US9 i potencjometrem P11 ustawić napięcie 100 mV.

Następną czynnością jest sprawdzenie działania układu włączania wentylatora i sygnalizacji akustycznej. W tym celu należy mierzyć temperaturę radiatora. Można to uczynić ręką. Temperaturze ok. 40°C odpowiada uczucie silnego ciepła, ale rękę można jeszcze utrzymać na radiatorze bez problemu. Natomiast przy temperaturze ok. 50°C radiator zacznie już parzyć. Przy temperaturze ok. 60°C przez dłuższą chwilę nie da się utrzymać ręki. Temperaturę należy mierzyć w pobliżu tranzystorów T1 i T2 wkładając termo-

metr, lub palec pomiędzy żebra. Nie wolno wkładać ręki po stronie tranzystorów, gdyż występujące na metalowej obudowie napięcie ponad 40 V jest niebezpieczne dla życia. Sprawdzić czy układ włączania wentylatora i sygnalizacji akustycznej działa.

Najprawdopodobniej nie będzie on działał poprawnie a to za sprawą termistora, który najprawdopodobniej będzie miał inne parametry niż ten zastosowany w prototypie. Jak wybrnąć z tego problemu. Jest to dość łatwe. Wystarczy ustawić potencjometr P7 w pozycji środkowej i zmierzyć napięcie pomiędzy punktami dwoma TR dla temperatury radiatora 40°C i 50°C (wynik zapisać). Następnie dobrać wartości rezystorów R19, R20, R21, aby napięcie pomiędzy punktem połączenia R19, R20 a masą odpowiadało zmierzonemu napięciu przy 40°C. Natomiast napięcie pomiędzy punktem połączenia R20 i R21 powinno odpowiadać napięciu zmierzonemu przy 50°C. Po dobraniu rezystorów niewielkie odchyłki można zlikwidować regulując potencjometrem P7. Również ta regulacja nie jest taka istotna. Ważne jest tylko, aby przy średnim rozgrzaniu się radiatora został włączony wentylator, natomiast silnemu rozgrzaniu radiatora powinien towarzyszyć alarmowy sygnał dźwiękowy.

Gdy wszystkie próby wypadną pomyślnie można wyłączyć zasilacz i usunąć wszystkie prowizoryczne połączenia. Należy teraz wlutować układ US9. Natomiast w płytkę przednią (czołową) należy wlutować po stronie druku szereg nóżek od rezystorów. Nóżki wlutowuje się w pola oznaczone symbolami: PU, „masa”, DW, I+, V-, V+, I-, oraz w szereg otworów umieszczonych w połowie wysokości wyświetlaczy (21 nóżek). Łączy się także (teraz już na stałe) przewodem o dobrej długości pola dp1, dp2, dp3 znajdujące się na płytce przedniej z polami o identycznych oznaczeniach na płytce pomiarowej. Teraz pozostaje włożyć nóżki przylutowane do płytki przedniej w otwory w płytce pomiarowej i zlutować wszystkie połączenia. Płytkę pomiarową zwrócona jest stroną elementów do przodu zasilacza. Zadanie to jest dość trudne ale wykonalne. Trzeba zwrócić uwagę, aby żaden z potencjometrów P10 i P7 nie dotykał ścieżek na płytce przedniej.

Po połączeniu płytek można przeprowadzić ostateczną kalibrację. W pierwszej kolejności do zasilacza podłącza się obciąż-

żenie i szeregowo połączony z nim amperomierz. Następnie zmieniając wartość napięcia ustawia się prąd płynący przez obciążenie na 1,900 A a włącznik WŁ2 w pozycji pomiaru prądu. Regulując potencjometrem P11 na wyświetlaczu zasilacza ustawia się wskazanie 1,900. Po odłączeniu obciążenia napięcie wyjściowe zasilacza mierzone zewnętrznym woltomierzem ustawia się na 19,00 V, regulując potencjometrem P8 doprowadza się wskazania wyświetlacza do 19,00. W dalszej kolejności ustawia się napięcie wyjściowe na 30,0 V, regulując potencjometrem P9 doprowadza się wskazania wyświetlacza do 30,0 V. Pozostaje jeszcze sprawdzenie poprawności zmiany zakresu. Ewentualną regulację można przeprowadzić potencjometrem P10 wg procedury podanej powyżej. Regulacja dla prądów wyjściowych wyższych niż 1,9 A nie przeprowadza się. Dokładność wskazań powinna być zapewniona automatycznie przez pozostałe regulacje. Na tym kończy się procedurę uruchamiania płytki pomiarowej i całego zasilacza.

W skład zasilacza wchodzi dwie płytki numer 475 i 499. Oprócz tego w sprzedaży wysyłkowej można zamówić płytę czołową wykonaną z pleksiglasu w kolorze zielonym, stanowiącego równocześnie filtr dla wyświetlacza. Kolor płyty czołowej żółty z czarnymi napisami identyczny (patrz rys. 2 PE 10/99) symbol P475.

W wykazie elementów oznaczono gwiazdkami elementy które znajdują się

na płycie przedniej zasilacza, lub na radiatorze.

Wykaz elementów	
Półprzewodniki	
US5, US6	– TL 082
US7, US8	– CD 4053
US9	– ICL 7107
T5, T6	– BC 337-16
D8, D9	– 1N4148
D10* ÷ D12*,	
D14	– LED 5 mm zielona
D13	– LM 358-1,2 V
W1 ÷ W4	– CQVP 31 WA zielony
Rezystory	
R44	– 100 Ω/0,125 W dobrać
R45*	– 150 Ω/0,125 W dobrać
R30	– 270 Ω/0,125 W dobrać
R32, R50	– 820 Ω/0,125 W
R40	– 1 kΩ/0,125 W
R43	– 1,8 kΩ/0,125 W
R20	– 2,2 kΩ/0,125 W
R18	– 3,3 kΩ/0,125 W
R34	– 4,3 kΩ/0,125 W
R21, R28,	
R29	– 4,7 kΩ/0,125 W
R51	– 5,1 kΩ/0,125 W
R19	– 7,5 kΩ/0,125 W
R49, R22,	
R23	– 10 kΩ/0,125 W
R39, R42, R52,	
R26, R27	– 22 kΩ/0,125 W
R33, R48	– 47 kΩ/0,125 W
R31, R35,	
R36, R47	– 100 kΩ/0,125 W

Rezystory cd.

R37, R38	– 220 kΩ/0,125 W
R41	– 820 kΩ/0,125 W
R46, R24,	
R25	– 1 MΩ/0,125 W
P11	– 220 Ω 10-cio obrotowy
P8	– 470 Ω 10-cio obrotowy
P10	– 470 Ω TVP 1232
P7	– 1 kΩ TVP 1232
P9	– 2,2 kΩ 10-cio obrotowy

Kondensatory

C24	– 100 pF/50 V ceramiczny
C32	– 1 nF/50 V ceramiczny
C19	– 22 nF/50 V ceramiczny
C21, C25	– 100 nF/50 V MKSE-20
C26	– 220 nF/50 V MKSE-20
C27	– 470 nF/50 V MKSE-20
C17, C18,	
C20, C28	– 10 μF/25 V
C29 ÷ C31	– 22 μF/25 V
C22, C23	– 47 μF/16 V

Inne

TR*	– termistor NTC 15 kΩ
WŁ2	– przełącznik dźwigienkowy
B1	– buzzer 12 V
wentylator*– 12 V DC 60×60 mm	
płytką drukowaną numer 499	

Płytki drukowane wysyłane są za zaliczeniem pocztowym.

Cena: płytką numer 475 – 10,50 zł
płytką numer 499 – 7,20 zł
P475 – 30,00 zł
+ koszty wysyłki.

♦ mgr inż. Dariusz Cichoński