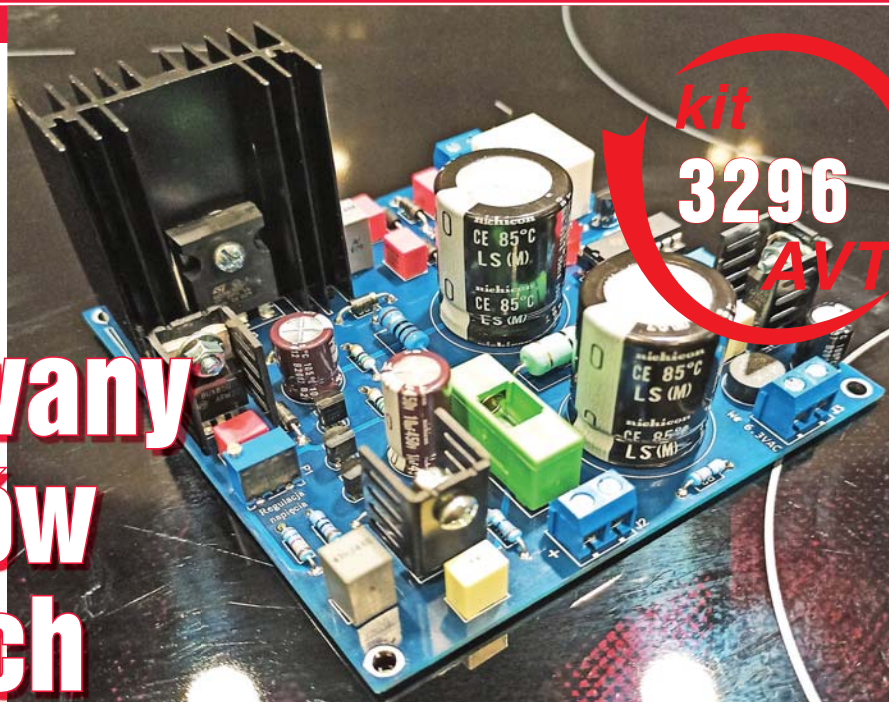


Anodowy zasilacz stabilizowany do układów lampowych



Muzyki słucham, odkąd pamiętam. Można powiedzieć, iż jestem początkującym melomanem przynajmniej... od czterdziestu lat. Przez te wszystkie lata przewinięło się przez moje ręce wiele sprzętu audio. Były to urządzenia zarówno rodzimej produkcji, takich firm jak Radmor, Unitra, Diora, Tonsil, jak i wielu zagranicznych. Lecz nigdy nie miałem szczęścia być posiadaczem urządzenia lampowego. Pewnie ze względu na cenę tego typu fabrycznych konstrukcji.

Pewnego dnia narodził się pomysł, aby może tak samemu stworzyć coś lampowego. I tak też się stało. Najpierw były to bardzo proste konstrukcje. Można powiedzieć, że były to układy edukacyjne, aż w końcu zbudowałem pierwszy prawdziwy wzmacniacz lampowy w układzie SE. Już wtedy zauważyłem, iż „pływające” napięcie zasilania mocno utrudnia uruchomienie i wręcz uniemożliwia wykonanie właściwych pomiarów w powtarzalnych warunkach pracy. Ta zła sytuacja w moim przypadku była dodatkowo spotęgowana niestabilnym napięciem sieci 230V, które potrafi się u mnie wahać w granicach od 198V do 224V. Co przekłada się na jeszcze większe wahania napięcia na uzwojeniu wtórnym transformatora zasilającego wzmacniacz. Taki stan rzeczy jest spowodowany w moim przypadku starą, przeciążoną podstawą energetyczną.

Następnie przyszedł czas na konstrukcje bardziej zaawansowane, lecz cały czas gnębił mnie wyżej wymie-

niony problem. W pewnym momencie pomyślałem, iż rozwiązaniem będzie zbudowanie stabilizatora napięcia. O ile skonstruowanie dobrego liniowego stabilizatora niskiego napięcia nie stanowi większego problemu, o tyle już budowa takiego układu zdolnego dobrze stabilizować napięcia rzędu 200...500VDC jest już nie lada wyzwaniem.

Pierwsza konstrukcja była bardzo prosta i oparta na jednym tranzystorze unipolarnym, a za napięcie wyjściowe były odpowiedzialne szeregowo połączone diody Zenera. Niestety ze względu na bardzo duży dryf napięcia wyjściowego, szum oraz bardzo słabą zdolność tłumienia tętnień pochodzących z sieci 230V odrzuciłem całkowicie tego typu rozwiązanie. Następnie zbudowałem stabilizator parametryczny z wykorzystaniem układu LR8N3-G. Ten układ spełnił już w 80% moje oczekiwania i od ponad roku spisuje się doskonale, zasilając jedną z moich konstrukcji – wzmacniacz PP na EL84. Pozostałe 20% to brak płynnej regulacji napięcia wyjściowego, brak kompensacji napięcia wyjściowego w stosunku do obciążenia, itp. Opisany w tym artykule regulowany zasilacz stabilizowany napięcia anodowego jest pozbawiony wszystkich tych wad.

Korzystając z okazji, chcę serdecznie podziękować kolegom: Romek D., Wiesław, Marek HBV, Kuba, Tomek J., Janek SP9GDI, za udzielone wsparcie merytoryczne.

Dane techniczne zasilacza:

Napięcie wejściowe: 100–300VAC
 Napięcie wyjściowe: 110–350VDC
 Prąd wyjściowy: 250mA
 Ciągła moc tracona na tranzystorze wykonawczym: do 10W
 Czas narastania napięcia: 1,5–2 sekundy (miękki start)

Dane techniczne opóźnionego załączania:

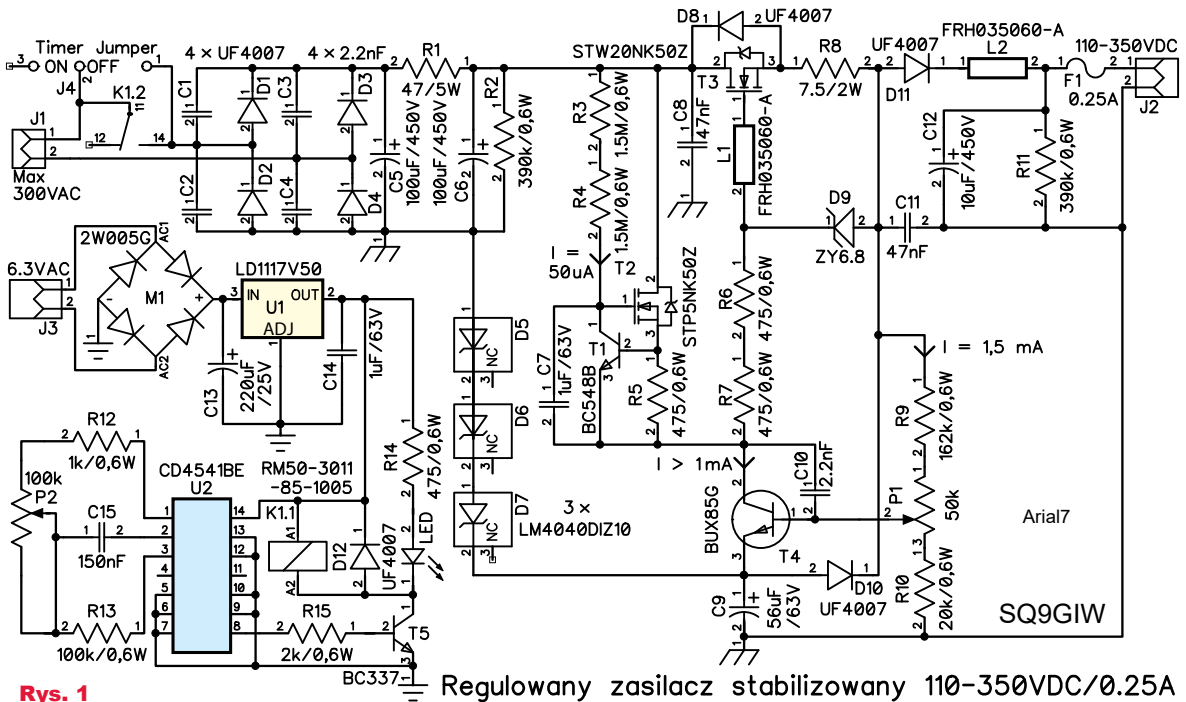
Czas opóźnienia: 2–120 sekund
 Zasilanie: 6,3–9VAC lub 7–12VDC
 Pobór prądu: 150mA

Opis układu

Opisywany regulowany zasilacz jest przeznaczony do zasilania układów i urządzeń wymagających napięcia stałego w zakresie od 110V do 350V. A w szczególności do zasilania wszelkiego rodzaju układów zbudowanych z wykorzystaniem lamp elektronowych. Napięcie wyjściowe jest stabilizowane i doskonale odfiltrowane, co przekłada się na absolutny brak w głośnikach przydźwięku oraz innych zakłóceń pochodzących z sieci 230V. Dzięki bardzo skutecznej stabilizacji napięcia lampy pracują cały czas w komfortowych warunkach, odwdzięczając się wspaniałym dźwiękiem. Ponadto tak zrealizowane zasilanie ogromnie ułatwia uruchomienie oraz pomiary budowanego urządzenia lampowego.

Aby zapobiec udarowi prądowemu bezpośrednio po włączeniu, zasilacz realizuje funkcję miękkiego startu. Czas narastania napięcia na wyjściu zasilacza

od 0V do napięcia zadanego precyzyjnym potencjometrem wielobrotowym wynosi około 1,5–2 sekund. Zasilacz ma również zabezpieczenie przed krótkotrwałymi zwarciami, przeciążeniami, które mogą wystąpić np. podczas budowy i uruchamiania wzmacniacza lampowego. Ponadto mamy również dodatkowo na pokładzie układ opóźnionego załączania napięcia anodowego w stosunku do zasilania żarzenia, który możemy zasilać bezpośrednio z uzwojenia transformatora przeznaczanego dla żarzenia 6,3VAC. Schemat ideowy zasilacza pokazany jest na rysunku 1.



Rys. 1

Regulowany zasilacz stabilizowany 110–350VDC/0.25A

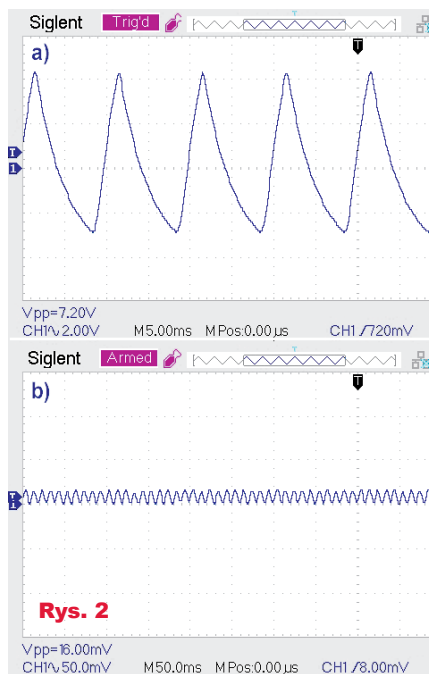
W gotowym urządzeniu z zastosowanym opisywanym zasilaczem stabilizowanym, lampy elektronowe pracują cały czas w komfortowych warunkach, co również wpływa pozytywnie na ich czas życia.

Uwaga! W układzie występują wysokie napięcia zagrażające zdrowiu i życiu!!!

Podczas uruchomienia proszę zachować szczególną ostrożność!!!

A oto szczegółowy opis poszczególnych obwodów i parametrów.

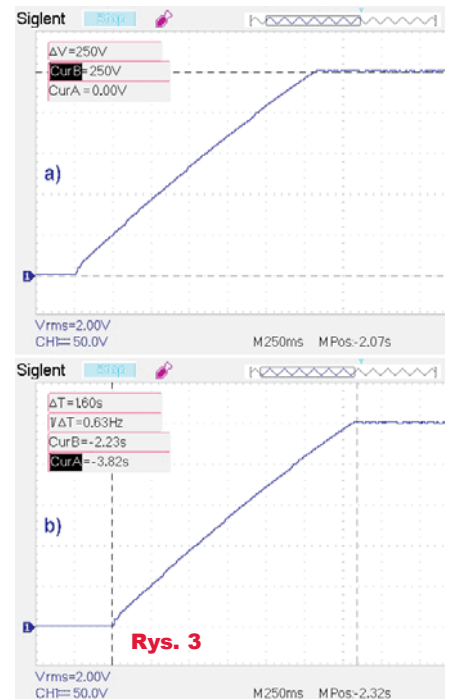
Tłumienie tętnień – przydźwięku sieciowego. Jak już wcześniej wspomniano, układ charakteryzuje się doskonałym tłumieniem tętnień pochodzących z sieci zasilającej 230 V. Tradycyjny układ zawierający prostownik krzemowy oraz kondensator filtrujący ma bardzo małą zdolność wygładzania napięcia. Na oscylogramie z rysunku 2a widać pracę takiego układu z pojemnością filtrującą równą 100µF, obciążonego prądem o wartości 108mA, gdzie napięcie stałe na kondensatorze filtrującym wynosi 360V. Tętnienia wynoszą 7,2Vpp. Drugi oscylogram przedstawia kształt napięcia z wyjścia naszego zasilacza przy zachowaniu dokładnie tych samych wartości wejściowych oraz obciążenia. Poziom tętnień wynosi 16mVpp (<0,006Vrms). Więc z pro-



Rys. 2

stego rachunku wynika, iż zachowując dodatkowo pełną stabilizację napięcia wyjściowego, nasz zasilacz radzi sobie z tętnieniami 450 razy skuteczniej!!!

Miękki start. Aby nie dochodziło do udaru prądowego urządzenia zasilanego bezpośrednio po włączeniu, układ realizuje również funkcje miękkiego startu. Czas narastania napięcia na wyjściu zasilacza od 0 V do napięcia zadanego precyzyjnym potencjometrem wielobrotowym wynosi około 1,5–2 sekund. Dwa oscylogramy z rysunku 3 prezentują start zasilacza. Docelowe napięcie



Rys. 3

wyjściowe zostało nastawione potencjometrem na wartość 250 V.

Opis układu zasilacza. Podane na wejście J1 napięcie zmienne z uzwojenia wtórnego transformatora trafia poprzez zestyki przekaźnika K1 na układ mostka prostowniczego, zbudowanego z wykorzystaniem ultraszybkich diod prostowniczych D1–D4. Diody są dodatkowo zablokowane kondensatorami C1–C4 celem wy tłumienia możliwych zakłóceń powstających podczas prostowania napięcia przemiennego. Tak wyprostowane

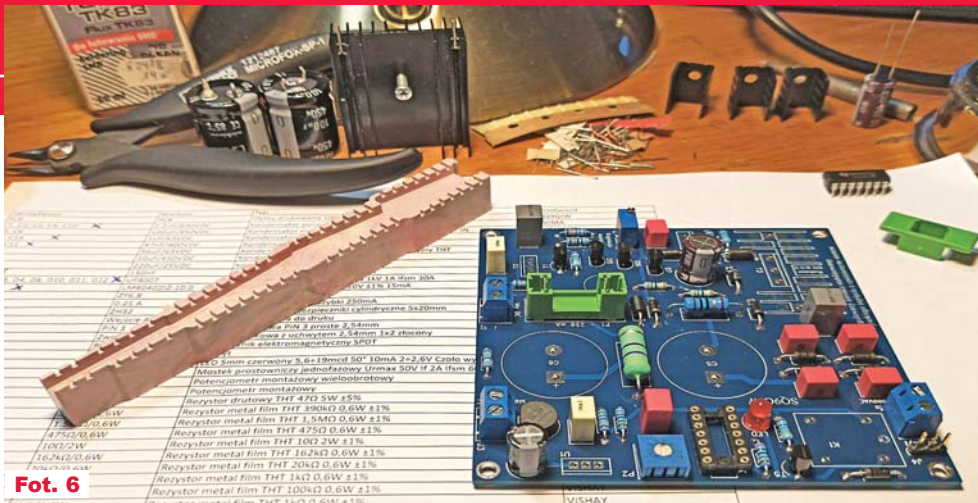
Montaż i uruchomienie

Zasilacz można zmontować na płytce, pokazanej na **rysunku 5** (nie w skali). Montaż zasilacza warto rozpocząć od posegregowania jego elementów, aby nie doszło do pomyłki, na przykład wlutowania rezystora o innej wartości aniżeli właściwa. Tym bardziej, że większość rezystorów występujących w zestawie jest o tolerancji 1%, a co za tym idzie, do oznaczenia ich jest stosowany kod pięciopaskowy. Ewentualna pomyłka przy tak wysokich napięciach pracy zazwyczaj kończy się uszkodzeniem najdroższych elementów.

Montaż warto rozpocząć od wlutowania najmniejszych elementów. Rezystory R1 i R8 montujemy od 3 do 5mm nad płytką, aby ułatwić oddawanie ciepła do otoczenia przez te elementy, co widać na **fotografii 6**.

Należy zwrócić szczególną uwagę podczas montażu D5, D6, D7, aby nie doszło do zwarć między wyprowadzonymi (**fotografia 7**).

Następnie przygotowujemy elementy T2, T3, T4, U1, umieszczając je na radiatorach, uprzednio pokrywając każdy element cienką warstwą pasty termoprzewodzącej, jak pokazuje **fotografia 8**. Nie stosujemy żadnych przekładek izolacyjnych, co znacznie poprawia chłodzenie elementów, jednocześnie cały czas pamiętając, iż pomi-



Fot. 6



Fot. 7



Fot. 8

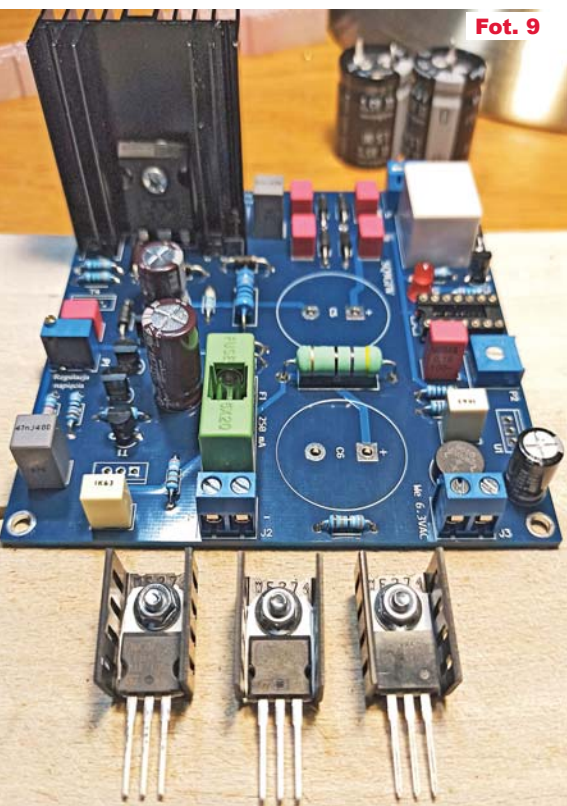
mo czarnej warstwy izolacyjnej **na tak obsadzonych radiatorach może wystąpić wysokie napięcie!**

Dwa kolejne etapy montażu pokazane są na **fotografiach 9, 10**.

Po obsadzeniu PCB wszystkimi elementami starannie sprawdzamy poprawność montażu!

Uruchomienie. Uruchomienie warto rozpocząć od układu odpowiedzialnego za opóźnione załączenie zasilacza. W tym celu podajemy na złącze J3 napięcie z zakresu 6...9VAC lub 7...12VDC, uprzednio ustawiając potencjometr P2

rzędu 15...20VDC, gdzie napięcie wejściowe DC to napięcie występujące na kondensatorze C6, czyli za rezystorem R1. Ciągła moc tracona na tranzystorze T3 nie powinna przekraczać 10W.



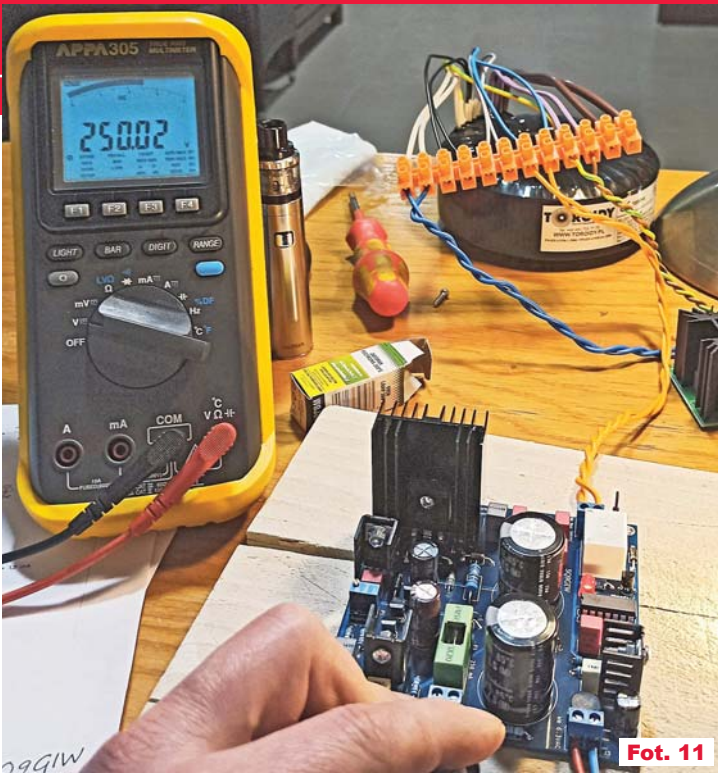
Fot. 9

w prawe skrajne położenie, co odpowiada najkrótszej zwłóce. Po podaniu napięcia, po chwili powinniśmy usłyszeć kliknięcie przełącznika, a dioda LED powinna się zaświecić. Następnie możemy sprawdzić działanie układu czasowego dla dłuższej zwłóki. Jeżeli wszystko działa jak należy, możemy przejść do uruchomienia zasilacza HV. W tym celu wygodnie jest odłączyć zasilanie układu czasowego oraz ustawić zwrót J4 w pozycję „Wył”. Dzięki temu omijamy zestyki przełącznika K1.

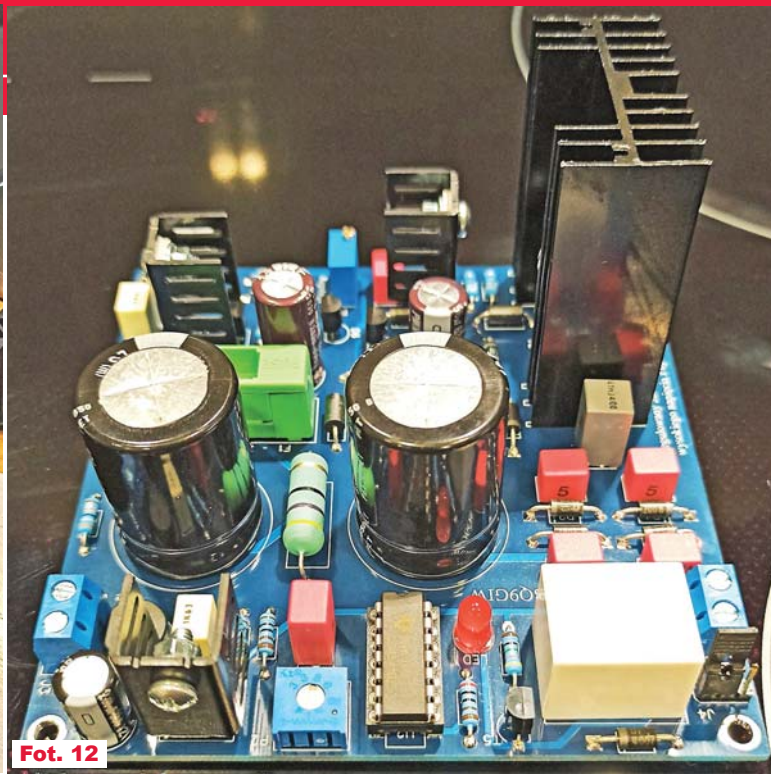
Stabilizator do poprawnej pracy wymaga minimalnej różnicy napięcia pomiędzy jego wejściem a wyjściem



Fot. 10



Fot. 11



Fot. 12

Na złącze J1 podajemy napięcie z uzwojenia wtórnego transformatora o wartości np. 300VAC. Następnie kontrolujemy napięcie na wyjściu zasilacza, regulując potencjometrem P1. Zakres nastawy napięcia powinien mieścić się w przedziale 110...350V. W układzie modelowym, pokazanym na fotografii 11, zakres nastawy wyniósł 105...358V. Fotografia 12 pokazuje gotowy zasilacz.

Przykład. Zasilacz zostanie wmontowany na stałe do obudowy wzmacniacza lampowego zbudowanego na bazie popularnego kitu AVT-2754. Układ ten wymaga zasilania napięciem 300V oraz pobiera około 160mA.

Jak już wspomniano wcześniej, stabilizator do poprawnej pracy wymaga różnicy napięcia $U_{we} - U_{wy} = 20V$. Uwzględniając, iż napięcie sieci 230V może się wahać, zakładamy minimalną różnicę na poziomie 25V mierzoną na C6, czyli za rezystorem R1. W praktyce, aby poznać aktualną różnicę, jaka

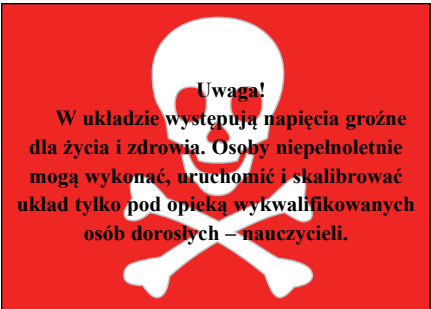
panuje w układzie, wygodnie jest dokonać pomiaru napięcia bezpośrednio na diodzie D8. Teraz wyliczamy napięcie odkładające się na rezystorze R1 z zależności $U = R \times I$. Czyli $U = 47[\Omega] \times 0,16[A] = 7,52[V]$. W praktyce zakładamy 10V, które dodajemy do naszej minimalnej różnicy. Uwzględniając nasze rachunki, wymagane napięcie na C5 (czyli przed R1) powinno być nie mniejsze aniżeli 335VDC. W takim przypadku na T3 wydzielili się moc $P = U \times I = 25[V] \times 0,16[A] = 4[W]$, co jest doskonałym wynikiem – tranzystor T3 nie będzie się nadmiernie nagrzewał. Uwzględniając powyższe, należy zastosować transformator:

Uzwojenie pierwotne – 230VAC
 Uzwojenie wtórne – 265–270VAC / 0,3A.

Dokładne teoretyczne wyliczenie transformatora jest dość skomplikowane i wybiega poza ramy niniejszej dokumentacji. Jednakże do naszych celów wystarczające jest przyjęcie w przybliżeniu, że napięcie na C5 nieobciążonego zasilacza wyniesie:

$U_{C5} = U_{wt} \times \sqrt{2}$
 Natomiast w przypadku zasilacza obciążonego zakładanym prądem nominalnym:
 $U_{C5} = U_{wt} \times 1,265$
 gdzie U_{wt} to napięcie uzwojenia wtórnego transformatora.

W Elportalu, wśród materiałów dodatkowych do tego numeru, można znaleźć dokumentację płytki drukowanej oraz szczegółowy wykaz elementów.



Wykaz elementów

C1,C2,C3,C4,C10	.....2.2nF/630VDC	R3,R4	.....1.5MΩ/0,6W
C5,C6	.....100uF/450VDC	R5,R6,R7,R14	.....475Ω/0,6W
C7,C14	.....1uF/63VDC	R8	.....7,5Ω/2W
C8,C11	.....47nF/400VDC	R9	.....162kΩ/0,6W
C9	.....56uF/63VDC	R10	.....20kΩ/0,6W
C12	.....10uF/450VDC	R12	.....1kΩ/0,6W
C13	.....220uF/25VDC	R13	.....100kΩ/0,6W
C15	.....150nF	R15	.....2kΩ/0,6W
D1,D2,D3,D4,D8,D10,D11,D12	...UF4007	T1	.....BC548B
D5,D6,D7	.....LM4040DIZ-10.0	T2	.....STP5NK50Z
D9	.....ZY6.8	T2'	.....274-2AB
F1	.....0.25 A	T3	.....STW20NK50Z
F1'	.....ZH32	T3'	.....RAD-DY-KY/5
J1, J2, J3	.....ARK	T4	.....BUX85G
J4	.....PIN 3	T4'	.....274-2AB
J4'	.....Zwora	T5	.....BC337-25
K1	.....RM50-3011-85-1005	U1	.....LD1117V50
L1, L2	.....FRH035060-A	U1'	.....274-2AB
LED	.....LTL-307E	U2	.....CD4541BE
M1	.....2W005G	U2'	.....GOLD-14P
P1	.....50kΩ	M3	PASTA-SILH-05
P2	.....100kΩ		
R1	.....47Ω/5W		
R2,R11	.....390kΩ/0,6W		

Płytką drukowaną jest dostępna w Sklepie AVT jako AVT3296



Jerzy Łydka
 jerzyavt@gmail.com
 SQ9GIW