



Przedwzmacniacz lampowy



Bufor lampowy znajduje zastosowanie w sytuacji, gdy chcemy zmienić charakter dźwięku naszego tranzystorowego zestawu audio na bardziej „lampowy”. Ale kolejnym, naturalnym krokiem w poznawaniu techniki lampowej jest zbudowanie przedwzmacniacza lampowego, który doskonale może zastąpić przedwzmacniacz tranzystorowy wbudowany w naszą integrę lub będzie samodzielną częścią zestawu składającego się z przedwzmacniacza lampowego i tranzystorowej końcówki mocy. Takie łączenie technik może dać doskonale efekty - łagodność lampy połączona z energią i mocą tranzystora.

Opis układu

Przedwzmacniacz zbudowany jest na znanym nam wszystkim układzie ze wspólną katodą. Wspólna katoda ma wiele zalet: duże wzmocnienie, wysoką impedancję wejścia, liniową charakterystykę przenoszenia w szerokim zakresie częstotliwości. Wadą jest wysoka impedancja wyjściowa, układ wymaga więc następnego stopnia o dużej impedancji wejścia, który nie będzie obciążał obwodu anodowego. W zasadzie stosuje się dwa sposoby obciążania wspólnej katody w przedwzmacniaczu: za pomocą tzw. „aktywnego obciążenia” oraz za pomocą układu o wspólnej anodzie (wtórnika katodowego). Zmniejszyć impedancję wyjścia można także poprzez równoległe łączenie lamp. Równoległe połączenie dwóch lamp w układzie wspólnej katody ma zalety - układ jest stosunkowo prosty i niekoniecznie musi być zasilany wysokim napięciem anodowym. Ma wprowadzić niższe pasmo przenoszenia niż inne układy, a charakterystyka wzmocnienia powoli opada wraz z częstotliwością, lecz te cechy powodują, iż dźwięk jest łagodny i bardziej „lampowy”.

Układ w dwoma połączonymi równolegle lampami jest często stosowany nawet w dro-

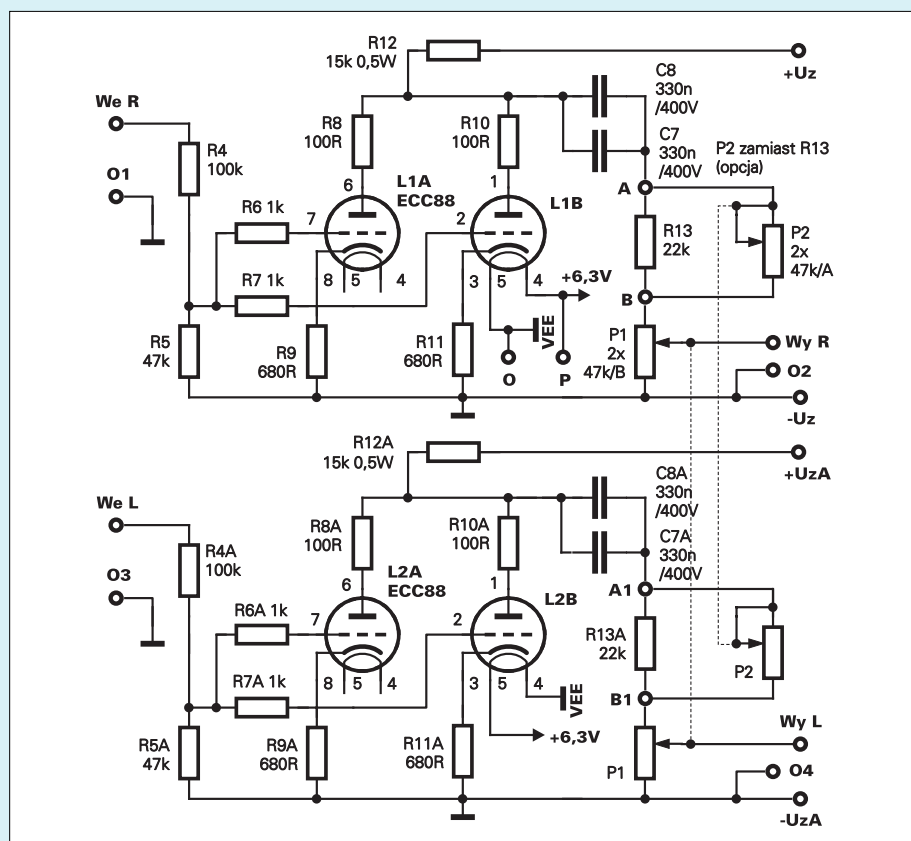
gich przedwzmacniaczach i wzmacniaczach, m. in. stosuje go angielska firma Audio Note.

Przedwzmacniacz

Schemat ideowy przedwzmacniacza przedstawiony jest na **rysunku 1**. Jak widać, układ oparty jest na niskonapięciowej lampie, podwójnej triodzie ECC88. Można stosować jej zamienniki: E88CC, 6DJ8, 6922 lub rosyjską 6N23P. Przy odpowiednio wysokim napięciu

anodowym można stosować inne lampy, jak ECC 81, 82 lub ich amerykańskie odpowiedniki (12AT7, 12AU7). Korekcji będą podlegały jedynie rezystory katodowy i anodowy (R9, R11, R12), tak by spoczynkowy prąd anodowy nie przekraczał 3-6mA. Popularna ECC83 raczej nie będzie nadawać się ze względu na wysoką impedancję i zbyt mały prąd anodowy.

Rys. 1 Schemat ideowy przedwzmacniacza



Jak wspomniałem wcześniej, przedwzmacniacz zbudowany jest na dwóch triodach małej mocy połączonych równolegle w układzie ze wspólną katodą. Ponieważ w jednej bańce lampy znajdują się dwie triody, tak więc do zbudowania przedwzmacniacza stereofonicznego potrzeba dwóch lamp – po jednej na kanał. Sygnał z wejścia, przez ekranowany przewód podawany jest na dzielnik napięcia złożony z rezystorów R4 i R5, a następnie przez rezystory R6 i R7, które zapobiegają wzbudzeniu się wzmacniacza, podawany na siatki równolegle połączonych triod.

Przedwzmacniacz pracuje w klasie A, czyli przez triody cały czas płynie prąd anodowy o wartości zależnej od napięcia anodowego, rodzaju lamp, wartości rezystora R12 (R8 i R10 mają wartość pomijalnie małą), a także od napięcia polaryzacji siatki (siatek). Napięcie polaryzacji siatki jest ustalane przez rezystory R9 i R11 i jest zależne od spadku napięcia na tych rezystorach. Napięcie to przedostaje się przez rezystor R5 (oraz R6, R7) powodując, iż siatka ma bardziej ujemne napięcie względem katody lampy. Zmienny sygnał wejściowy moduluje napięcie polaryzacji siatki, modulując tym samym prąd anodowy. Wzmocniony sygnał podawany jest z anody lamp na kondensator (kondensatory) wyjściowy i przez potencjometr głośności przechodzi na wyjście przedwzmacniacza.

W przedwzmacniaczu zastosowałem kilka rozwiązań, które wymagają pewnych objaśnień:

- brak kondensatora separującego na wejściu. Podyktowane jest to tym, iż każdy kondensator w torze audio wprowadza zniekształcenia fazowe, dlatego jeżeli to możliwe, unika się tego stosowania. Zwykle urządzenia audio (np. odtwarzacz CD) na wyjściu mają kondensator separujący, dlatego można z niego zrezygnować. Rozwiązanie takie stosuje wiele firm w swoich wzmacniaczach.
- zastosowanie potencjometru zamiast na wej-

ściu – na wyjściu przedwzmacniacza. Daje to niższy poziom zakłóceń (przódźwięku) na wyjściu. Oczywiście można umieścić potencjometr tradycyjnie, na wejściu preampa (zamiast dzielnika R4-R5).

- ponieważ sygnał wejściowy ma zbyt dużą wartość (w przypadku CD nawet powyżej 2Vpp), na wejściu zastosowałem dzielnik napięcia (R4, R5).

- dla poprawienia pasma przenoszenia w zakresie niskich częstotliwości można zastosować kondensator wyjściowy o większej pojemności. W konstrukcjach przedwzmacniaczy różnych firm spotykałem wartości: 470nF (standardowo), 1μF, 2,2μF, a nawet 5,6μF.

Na schemacie (i na płytce drukowanej) podane są dwa kondensatory połączone równolegle, oczywiście można zastosować jeden, większej pojemności. Zalecane są dobrej jakości kondensatory foliowe, a nie elektrolityczne.

- zamiast rezystora R13 (R13A w drugim kanale) można zainstalować potencjometr 47kΩ/A połączony jak na schemacie. Otrzymamy wtedy regulator balansu, którym poprawimy w miarę potrzeby równowagę kanałów, w pewnym, zresztą niezbyt szerokim zakresie.

Tak wejścia, jak i wyjścia (gniazda typu „cinch”) łączymy z układem za pomocą ekranowanych przewodów.

W przedwzmacniaczu zastosowałem tylko jedną parę wejść, lecz nic nie stoi na przeszkodzie, by zastosować podwójny przełącznik wielopozycyjny i kilka par gniazd wejściowych.

Przedwzmacniacz zbudowany jest na płytce drukowanej, na której przylutowane są podstawki lamp typu noval, które można uzyskać np. ze starego telewizora lampowego.

Zasilanie

Schemat ideowy zasilacza pokazany jest na rysunku 2.

Zasilanie anodowe

Transformator zasilający o mocy 20-30W powinien na wyjściu dawać dwa napięcia: żarzenia, 6,3V/1A oraz anodowe, 130-200V/0,05A. W wielu sklepach z częściami elektronicznymi można zamówić transformator na dowolne napięcie.

W mojej konstrukcji zastosowałem transformator TS30/9, którego napięcie wyjściowe wynosi 210V, co po wyprostowaniu da napięcie około 300V. Z tego powodu kondensatory C1-C6 muszą mieć napięcie pracy 350-400V. W przypadku, gdy napięcie wyjściowe transformatora będzie niższe niż 170 V, można użyć kondensatorów na napięcie 250V.

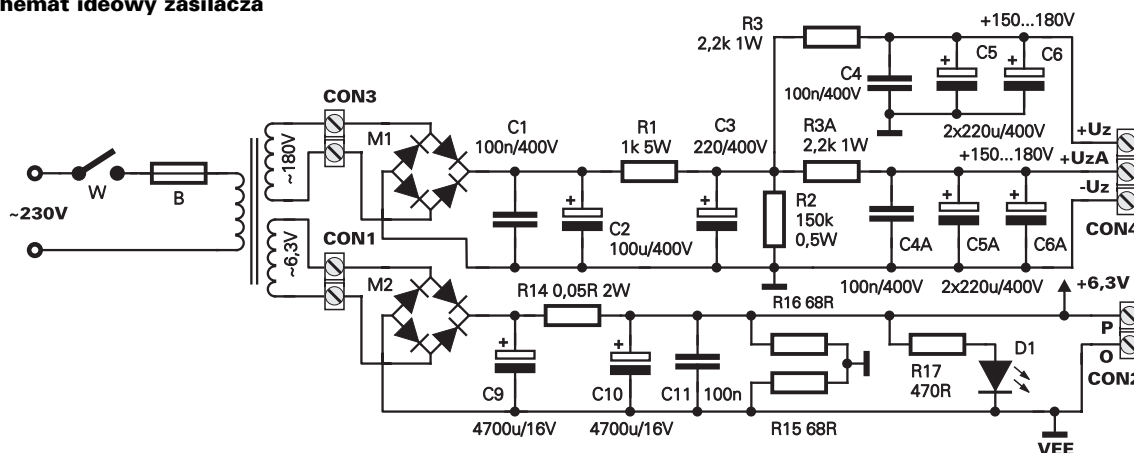
Napięcie anodowe na wyjściu filtra RC powinno być na tyle wysokie, by po zredukowaniu go na rezystorze R12 (R12A), uzyskać napięcie na anodach lamp 80-100V. Regulacji dokonujemy za pomocą rezystora R1, dobierając odpowiednio jego wartość. Ponieważ R1 podczas pracy mocno się nagrzewa, powinien mieć odpowiednią moc (3-5W).

Do wygładzenia wyprostowanego napięcia anodowego służy filtr RC składający się z rezystorów R1, R2 i R2A oraz kondensatorów elektrolitycznych o większej pojemności (C2, C3, C5, C5A, C6, C6A). Kondensatory C1, C4, C4A odsprężają zasilanie w zakresie wyższych częstotliwości. Rezystor R2 rozładuje kondensatory po wyłączeniu zasilania.

Żarzenie

Lampy można zasilać prądem zmiennym 6,3V. Jest to proste i w większości przypadków dobre rozwiązanie. Na płytce zasilacza nie montujemy wtedy elementów M2, C9-C11 i R14-R15. Lecz gdyby poziom przódźwięku był zbyt duży, należy je żarzyć wygładzonym napięciem stałym, lutując powyższe elementy. Ponieważ po wyprostowaniu napięcia zmiennego 6,3V, napięcie stałe jest wyższe, należy je zredukować do

Rys. 2 Schemat ideowy zasilacza



wymaganego 6,3V (+/- 5%) za pomocą rezystora R14, którego wartość dobieramy doświadczalnie (wartość od ułamka do kilku omów), o mocy 2-3W. Czasami zamiast rezystora można użyć diody – dioda prostownicza redukuje napięcie o 0,6-0,7V, natomiast dioda Schottky'ego o 0,2-0,3V. Napięcie wygładzają kondensatory C9-C11. W przypadku większego prądu żarzenia kondensator C10 powinien mieć jeszcze większą pojemność.

Osobnego wyjaśnienia wymaga użycie rezystorów R15 i R16. Rezystory te o niewielkiej wartości (50-100Ω) symetryzują i uziemiają żarzenie. Stosuje się je przy zasilaniu prądem zmiennym, ale nic nie stoi na przeszkodzie, by stosować je przy zasilaniu prądem stałym.

Montaż i uruchomienie

Cały wzmacniacz mieści się w uniwersalnej obudowie z tworzywa sztucznego (w modelu typu Z2A) o wymiarach 17x17x9 cm lub podobnej. Ważne, by miała otwory wentylacyjne, bowiem wewnątrz znajdują się elementy, które wydzielają spore ilości ciepła. Można zbudować o wiele ładniejszą obudowę z metalu, drewna itp.

Ponieważ chciałem wyeksponować lampy ponad obudowę, zmuszony byłem płytkę przedwzmacniacza podzielić na dwie części – jedną z zasilaczem (rysunek 3), przykręconą do dolnej części obudowy i drugą z lampami (rysunek 4), przykręconą do górnej części obudowy. W górnej części obudowy zostały wywiercone dwa otwory na lampy o średnicy 25mm. Wykonałem je wiertłami piórowymi do drewna (tanie i łatwo dostępne), wierząc wiertarką na niskich obrotach, polewając tworzywo wodą. Takim wiertłem można też wywiercić otwór w miękkim aluminium, a nawet miedzi, jeżeli będzie dobrze naostrzone i chłodzone podczas wiercenia.

Płytkę z lampami przykręconą jest dwoma wkrętami do górnej części obudowy. Ponieważ odstęp od powierzchni obudowy jest zbyt mały, zastosowałem tulejki dystansowe o grubości 5mm tak, by podstawki lamp były na jednej płaszczyźnie z powierzchnią obudowy.

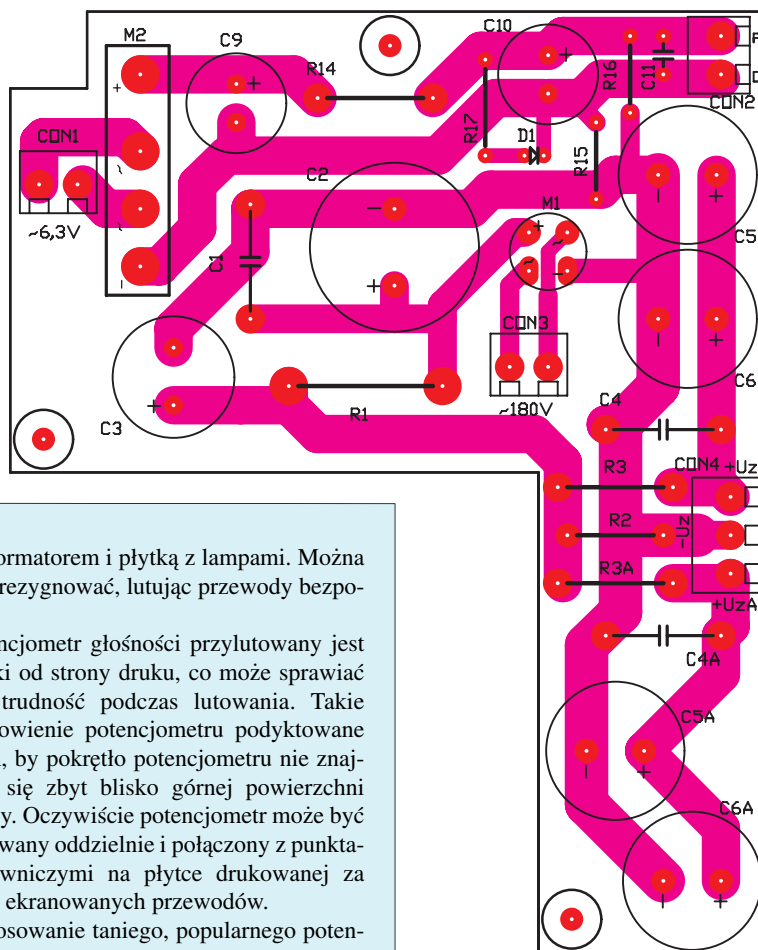
Zasilacz jest zmontowany na płytce, w której wycięto miejsce na transformator.

Połączenia, tak z transformatorem, jak i płytką z lampami, wykonane są za pomocą przewodów o odpowiednim przekroju, dopasowanym do przenoszanej mocy – grubszym zasilanie żarzenia, cieńszym anodowe. Na płytce wlutowane są złącza CON ułatwiające połączenia

z transformatorem i płytką z lampami. Można z nich zrezygnować, lutując przewody bezpośrednio.

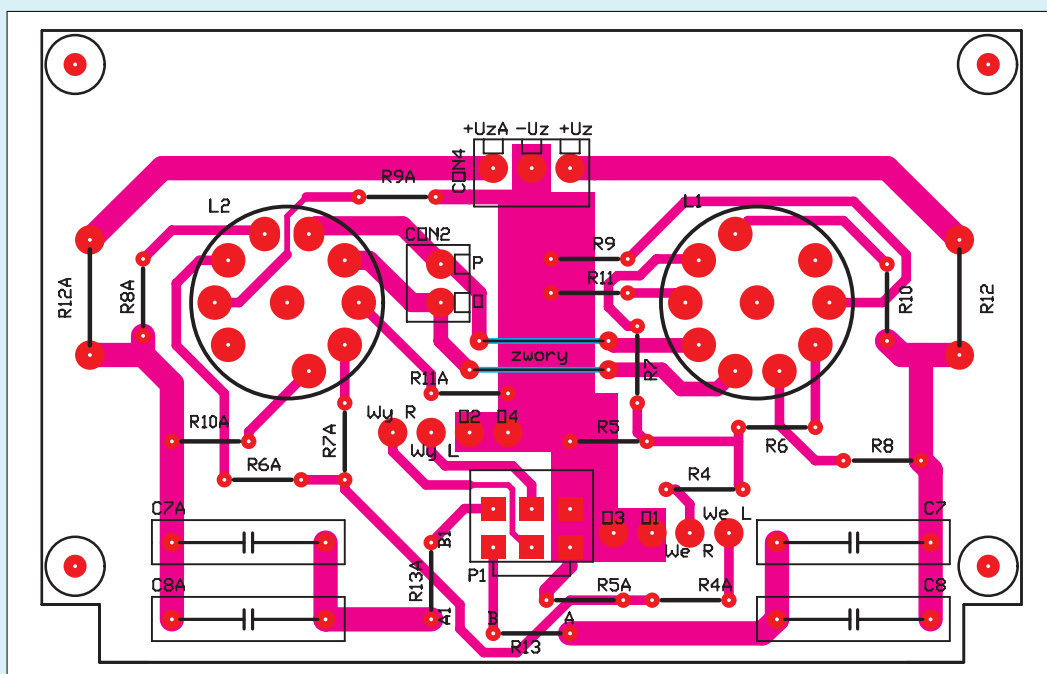
Potencjometr głośności przylutowany jest do płytki od strony druku, co może sprawiać pewną trudność podczas lutowania. Takie umiejscowienie potencjometru podyktowane jest tym, by pokrętko potencjometru nie znajdowało się zbyt blisko górnej powierzchni obudowy. Oczywiście potencjometr może być zamocowany oddzielnie i połączony z punktami lutowniczymi na płytce drukowanej za pomocą ekranowanych przewodów.

Zastosowanie taniego, popularnego potencjometru niesie pewien problem: nierównomierność rezystancji w poszczególnych kanałach. Jeżeli zmierzymy rezystancję każdego kanału przy określonym położeniu suwaka potencjometru, to może okazać się, że będzie ona różna. Szczególnie duży rozrzut mają



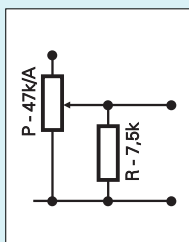
Rys. 3 Schemat montażowy przedwzmacniacza z zasilaczem

Rys. 4 Schemat montażowy przedwzmacniacza z lampami



potencjometry logarytmiczne (typ B). Powoduje to, że podczas cichego słuchania muzyki słychać różnicę głośności pomiędzy kanałami. Przy słuchaniu z wyższą głośnością na szczęście nie jest to tak dokuczliwe. By wyeliminować ten problem, należy wybrać potencjometr o dobrej równowadze kanałów, szczególnie w zakresie gdzie suwak potencjometru jest skreślony w pobliżu zera. Potencjometry o charakterystyce liniowej (typ A) mają o wiele mniejszy rozrzut parametrów, dlatego lepiej się nadają do zastosowań audio. Jednak wadą tego typu rozwiązania jest nierównomierność - dla naszego słuchu - przyrost głośności w miarę przekręcania gałki. Istnieje dość łatwy sposób uzyskania charakterystyki (prawie) logarytmicznej z potencjometru liniowego poprzez dolutowanie rezystora bocznikującego suwak potencjometru - jak na **rysunku 5**. Należy zastosować dobrej jakości rezystory o tolerancji 1%, by charakterystyki obu kanałów były zbliżone. Używając potencjometru o innej wartości pamiętajmy, by zachować proporcję rezystancji P:R = 1:0,15.

Rys. 5



Uruchomienie przedwzmacniacza

Po sprawdzeniu prawidłowego montażu elementów na płytkach i połączeniu płytek przewodami, wkładamy lampy. Z transformatora podłączamy tylko przewody zasilania żarzenia i sprawdzamy, czy po rozgrzaniu się lamp napięcie żarzenia jest prawidłowe (6,3V, $\pm 5\%$). W przypadku niezgodności, dobieramy właściwą wartość napięcia za pomocą R14. Kolejnym krokiem będzie podłączenie zasilania anodowego i sprawdzenie napięcia zasilającego w różnych punktach układu: na anodzie lamp,



na kondensatorach C4-C6 oraz na katodzie. Napięcia mierzymy po dokładnym rozgrzaniu się lamp.

Napięcie na katodzie (katodach) lampy mierzone względem masy jest napięciem polaryzacji siatki. Dla ECC88 powinno wynosić 2-3V przy napięciu na anodzie 80-100V. Znając wartość rezystora katodowego (R9 lub R11), łatwo obliczyć prąd anodowy ($I=U/R$) płynący przez jedną triodę. Prąd anodowy powinien wynosić 3-6mA.

Jeżeli chcemy sprawdzić, jak wartość prądu anodowego wpływa na brzmienie przedwzmacniacza, można zmieniać jego wielkość za pomocą zmiany wartości rezystorów tak katodowych (tutaj R9/R9A i R11/R11A), jak i anodowych (R12, R12A). Trzeba jednak pamiętać, że maksymalny prąd anodowy nie może przekroczyć mocy strat anody (dla triody ECC88, przy napięciu na anodzie 90V prąd nie powinien przekraczać 15mA). W przedwzmacniaczu nie ma sensu stosować dużych prądów anodowych. Długotrwała praca na granicy wydajności lampy skraca jej żywotność, a duże prądy wnoszą większe szumy. Proponowane 3-6mA (w każdej triodzie) w zupełności wystarczy.

Gdy zmierzyć się napięcia na anodach i katodach kolejnych lamp, łatwo zauważyć, iż nieco się różnią. Spowodowane jest to rozrzutem parametrów lamp. Jeżeli różnica napięć (a tym samym prądów anodowych) nie jest zbyt duża, to wszystko w porządku. W innym przypadku trzeba poszukać dwóch lamp o zbliżonych parametrach (lampy „parowane”) lub próbować ustalić podobny prąd anodowy w każdej z lamp za pomocą zmian rezystancji rezystora katodowego R9 lub R11 (i odpowiednio R9A, R11A). Jest to gorsze rozwiązanie.

Jeżeli do budowy przedwzmacniacza użyjemy dobrej jakości elementów, lampy będą dobrze dobrane, a montaż układu staranny, uzyskamy doskonałe efekty. Przedwzmac-

niacz zbudowany stosunkowo niskim nakładem kosztów zadziwi doskonałym dźwiękiem, często przewyższającym jakością ten z fabrycznego przedwzmacniacza tranzystorowego.

No i ostrzeżenie na koniec: w przedwzmacniaczu występują wysokie napięcia, bądź ostrożny! Wszelkie regulacji dokonuj przy wyłączonym zasilaniu i po rozładowaniu kondensatorów wysokonapięciowych.

Stanisław Chrząszcz
stachr@poczta.wp.pl

Wykaz elementów

Rezystory

R1	.....1-5k Ω /5W	dobierany
R2	.....150-250k Ω /0,5W	
R3,R3A	.....1-5k Ω /1W	
R4,R4A	.....100k Ω	
R5,R5A	.....47k Ω	
R6,R7,R6A,R7A	.....1k Ω	
R8,R10,R8A,R10A	.....100 Ω	
R9,R11,R9A,R11A	.....600-800 Ω	
R12,R12A	.....10-20k Ω /0,5W	
R13,R13A	.....15-30k Ω	
R14	.....ulamek oma, 1-2W, lub dioda 1A, dobierane	
R15,R16	.....50-100 Ω	
R17	.....ok. 500 Ω	
P1	.....2x47k Ω /B, (potencjometr logarytmiczny)	
P2	.....2x47k Ω /A (potencjometr liniowy, opcjonalnie, zamiast R13 i R13A)	

Kondensatory

C1,C4,C4A	.....100nF/400V
C2	.....100 μ F/400V
C3	.....220 μ F/400V
C5,C5A,C6,C6A	.....47 μ F/400V
C7,C7A,C8,C8A	.....220-470nF/400V
C9,C10	.....4700 μ F/16V
C11	.....100nF ceramiczny

Pozostałe

L1,L2	.....ECC88 lub odpowiednik
M1	.....mostek prostowniczy 600V/1,5A
M2	.....mostek prostowniczy 600V/4-6A
D1	.....LED czerwona
Złącza ARK2	- 4 szt.
Złącza ARK3	- 2 szt.
Obudowa Z2A	
Wyłącznik 1A/250V	
Bezpiecznik topikowy 230V/200-400mA	
Podstawki pod lampy typu noval, do druku	- 2 szt.
Transformator sieciowy, 6,3V/1A, 130-200V/0,05A, np. TS30/9	

Płytką drukowaną jest dostępna w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2729.