

**kit**  
**2886**  
**AVT**



# Prosty przedwzmacniacz lampowy

W zasadzie układy zbudowane na lampach próżniowych nie należą już do obecnej epoki. Zostały definitywnie wyparte przez energooszczędne, niekłopotliwe w aplikacji, o niewielkich wymiarach elementy wzmacniające oparte na półprzewodnikach. Ale układy lampowe nadal mają wielu entuzjastów. Największym uznaniem cieszą się lampowe wzmacniacze audio wśród osłuchanych melomanów i audiofilów. Od kilku lat daje się zauważyć renesans wzmacniaczy lampowych. Coraz więcej uznanych producentów ma w swojej ofercie przynajmniej jeden model wzmacniacza opartego na lampach, czysto lampowego lub hybrydę lampowo-półprzewodnikową. Rosnący rynek zauważyli także producenci w Chinach, wypuszczając na rynek wiele mniej lub bardziej udanych modeli wzmacniaczy w niewygodnych cenach.

Lampy niewątpliwie mają swój urok i czar. Ciepło żarzących się lamp, czasem nieco nostalgiczny wygląd obudowy silnie oddziałują na słuchacza. Także dźwięk prezentowany przez lampowy wzmacniacz jest nieco inny niż uzyskany ze wzmacniacza półprzewodnikowego. Niektórzy entuzjaści twierdzą nawet, że żaden tranzystorowiec nie przekaze tylu subtelnych szczegółów prezentowanej muzyki, co wzmacniacz lampowy.

Oczywiście nie są to opinie do końca prawdziwe, bowiem są doskonale brzmiące tranzystorowce, jak też bywają przeciętne lampowce, które poza dodatkowym poborem energii, niczym specjalnym się nie wyróżniają. Ale faktem też jest, że coś w lampach jest, bo zdarza się, że wielu zatwardziałych posiadaczy tranzystora, po posłuchaniu muzyki na dobrym lampowcu, staje się gorącymi wyznawcami „wymierającej” technologii.

Wielu konstruktorów także próbuje swoich sił, konstruując proste lub bardziej zaawansowane modele przedwzmacniaczy, wzmacniaczy słuchawkowych czy wreszcie kompletnych wzmacniaczy mocy opartych na lampach.

Wszystkim poszukiwaczom nowych brzmień, znudzonym swoim idealnie brzmiącym tranzystorowym zestawem audio, proponuję zbudowanie bardzo prostego przedwzmacniacza lampowego, który można dołączyć do posiadanego zestawu audio. Dedykuję go przede wszystkim elektronikom, którzy dotąd nie mieli styczności z techniką lampową. Być może zbudowanie tego przedwzmacniacza okaże się wstępem do dalszej, fascynującej przygody z lampami.

## Opis konstrukcji

Nie jest to może przedwzmacniacz Hi-End, ale ma dobre parametry, zasilany jest niskim, bezpiecznym napięciem. Oparty jest na jednej, podwójnej triodzie małej mocy, a ponieważ w jednej bańce znajdują się dwie triody, tak więc do zbudowania stereofonicznego przedwzmacniacza wystarczy jedna lampka.

Co istotne, układ zasilany jest z transformatora małej mocy o napięciu z przedziału 12–18V – to jedno napięcie wystarczy i do zasilania układu żarzenia i do zasilania anod triod.

## Dla dociekliwych Trioda

Trioda jest najprostszą z lamp, wzmacniającą sygnał. W szklanej (najczęściej) bańce, z której bardzo dokładnie wypompowano powietrze, znajdują się trzy elektrody: katoda (K), siatka (S) i anoda (A). Ponadto wewnątrz znajduje się jeszcze żarnik, czyli spirala z oporowego drutu (jak w zwykłej żarówce), który podgrzewając katodę, powoduje, że emituje ona elektrony. Na anodę podaje się wysokie dodatnie napięcie (kilkadziesiąt–kilkaset woltów), dzięki czemu anoda przyciąga ujemnie naładowane elektrony, dzięki czemu przez lampę płynie prąd zwany anodowym (lub katodowym).

Aby sterować przepływającym przez lampę prądem, pomiędzy katodę a anodę włożono siatkę. Jeżeli naładujemy siatkę ujemnie, będzie odpychała elektrony i tym samym hamowała ich ruch od katody do anody. Zmieniając wartość ujemnego napięcia na siatce powo-

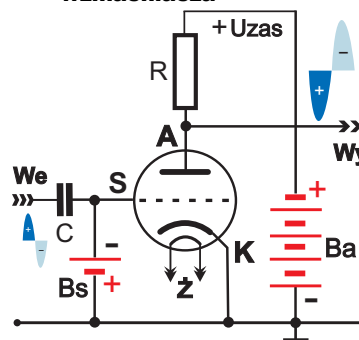
dujemy zmianę przepływającego prądu przez lampę – im siatka naładowana bardziej ujemnie, tym bardziej hamuje ruch elektronów, aż do zatkania lampy włącznie.

dujemy zmianę przepływającego prądu przez lampę – im siatka naładowana bardziej ujemnie, tym bardziej hamuje ruch elektronów, aż do zatkania lampy włącznie.

## Jak działa trioda w układzie wzmacniacza?

Na rysunku 1 widzimy, że wysokie dodatnie napięcie podawane jest ze źródła prądu *Ba* (np. bateria, częściej zasilacz) na anodę *A* lampy przez rezystor *R*. Obwód prądu zamyka

Rys. 1 Trioda w układzie wzmacniacza



się przez triodę do wspólnej masy, do której dołączona jest katoda *K*. Przez lampę cały czas płynie prąd anodowy (tzw. bias, prąd podkładu), którego wartość wstępnie ustala się za pomocą ujemnego napięcia siatki (na schemacie źródło napięcia *Bs*), dobierając tak napięcie na siatce, by prąd anodowy miał wartość założoną przez konstruktora. Oczywiście, do obwodu siatkowego nie włącza się baterii (lub niezmiernie rzadko), lecz podaje ujemne napięcie z regulowanego zasilacza, dzielnika rezystorowego lub stosuje polaryzację automatyczną. Do tego szczegółu jeszcze wrócimy w dalszej części artykułu

Na wejście *We* wzmacniacza podawany jest sygnał zmienny i dalej, przez kondensator separujący *C*, na siatkę *S*. Sygnał zmienny, modulując ujemną polaryzację siatki, wpływa na prąd anodowy, zmieniając jego wartość. Wzmocniony, modulowany prąd anodowy podawany jest na wyjście *Wy* wzmacniacza. Ponieważ w obwodzie siatki praktycznie prąd nie płynie (siatka jest sterowana napięciem), do sterowania dość dużym prądem anodowym (a więc i mocą), wystarczy bardzo mała moc sygnału sterującego.

Triodę można opisać za pomocą kilku parametrów: *wzmocnienia (amplifikacji)*, *oporu wewnętrznego*, *nachylenia charakterystyki* oraz *mocy strat (mocy admisyjnej)*. Triodą o największym wzmocnieniu jest trioda małej mocy ECC83, ma wzmocnienie 100. Triody dużej mocy z reguły mają małe wzmocnienie i mały opór wewnętrzny.

Prąd anodowy płynący przez lampę, szczególnie triodę małej mocy, nie jest duży, wynosi kilka, co najwyżej kilkanaście mA. Prąd anodowy płynący przez lampy średniej mocy wynosi kilkadziesiąt, w niektórych tylko lampach mocy kilkaset mA. Ale ponieważ lampy zasilane są wysokim napięciem, więc moc ( $P=U \cdot I$ ) oddawana przez wzmacniacz lampowy może być spora: od kilku watów do nawet kilku kilowatów w specjalnie zbudowanych układach wzmacniaczy.

Triody mają pewne ograniczenia, stąd z czasem usprawniano lampy, dodając drugą, trzecią i więcej siatek. Tak powstały lampy wieloelektrodowe, takie jak: tetroda, pentoda, heptoda itd.

## Bardziej prosto się nie da

Układ przedwzmacniacza jest najprostszym z możliwych – to klasyczny układ ze wspólną katodą z obciążeniem rezystorowym. W jednym kanale sygnał wzmacnia jedna trioda. Układ ze wspólną katodą ma wysoką impedancję wejścia, stosunkowo niską wyjścia, dość szerokie pasmo przenoszenia sygnału oraz duże wzmocnienie.

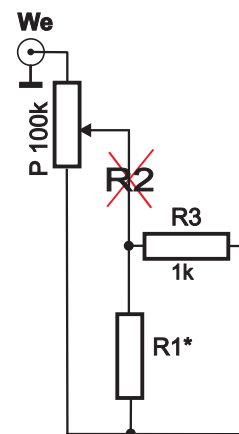
Popatrzmy na schemat ideowy przedwzmacniacza ze wspólną katodą przedstawiony na **rysunku 2**. Sygnał podawany jest na wejście (*We*) i przez potencjometr *P* (47kΩ-100kΩ) trafia na siat-

kę triody. Po wzmocnieniu, sygnał przez kondensator *C8* podawany jest na wyjście (*Wy*) przedwzmacniacza. Rezystor *R4* ustala wartość polaryzacji siatki (polaryzacja automatyczna). Rezystor anodowy *R5* jest obciążeniem triody. W przypadku tego przedwzmacniacza stosuje się niższe wartości *R5* niż zwykle używane (katalogowe) dla danego typu lampy.

## Wzmocnienie przedwzmacniacza

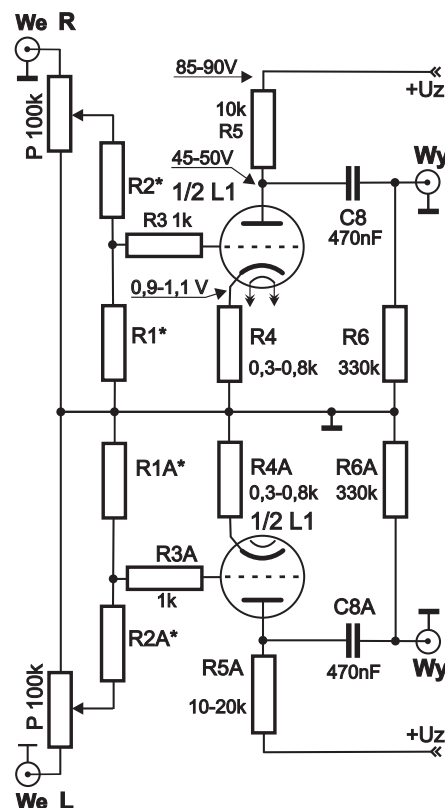
Na wzmocnienie układu wpływa wiele czynników, ale głównie zależy ono od typu zastosowanej lampy oraz od wartości rezystora anodowego (*R5*). Największe wzmocnienie ma trioda małej mocy ECC83 (100), średnie mają ECC85 i ECC81 (odpowiednio 55 i 60), niższe natomiast wzmocnienie mają ECC88 (33) oraz ECC82 (20). Podane wartości wzmocnienia podane są z katalogu lamp, w praktyce nie udaje się ich uzyskać w tym układzie.

W przypadku tego przedwzmacniacza, który będziemy stosować przeciw z



Rys. 3

Rys. 2 Schemat ideowy wzmacniacza



półprzewodnikowymi wzmacniaczami mocy, zbyt duże wzmocnienie nie jest pożądane. Wzmacniacz czy końcówka mocy ma wzmocnienie wystarczające do wysterowania sygnału wprost z odtwarzacza CD czy DVD i włączenie w tor audio dodatkowego przedwzmacniacza powoduje kłopot z regulacją głośności. Potencjometr musi być wtedy ustawiony na niskich poziomach głośności, co powoduje problem z właściwym wyregulowaniem przy cichym słuchaniu muzyki. Większość tańszych potencjometrów w skrajnym, niskim położeniu ujawnia wady współbieżności kanałów – często jeden z kanałów gra ciszej.

Stosując jeden, konkretny typ lampy, wzmocnienie układu możemy regulować za pomocą rezystora anodowego (w tym układzie *R5* i *R5A*). Im większa wartość rezystora anodowego, tym większe wzmocnienie, ale okupione zmniejszeniem pasma przenoszenia górnych częstotliwości. Im mniejsza wartość tego rezystora, tym mniejsze wzmocnienie, lepsze pasmo przenoszenia, ale niestety nieco większe zniekształcenia nieliniowe. Stąd wartość rezystora anodowego należy dobrać tak, by osiągnąć kompromis pomiędzy niezbyt dużym wzmocnieniem (w naszym przypadku) a stosunkowo niewielkimi zniekształceniami.

## Wersje przedwzmacniacza

Przedwzmacniacz możemy zbudować w dwóch wersjach:

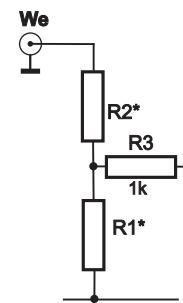
- *wersja I* jako typowy przedwzmacniacz z potencjometrem na wejściu,

- *wersja II* jako bufor lampowy o kilkukrotnym wzmocnieniu, bez potencjometru. Bufor wpinamy pomiędzy źródło sygnału (odtwarzacz CD czy DVD) a

wejście wzmacniacza mocy. W tym przypadku głośność regulujemy potencjometrem wzmacniacza mocy.

W *wersji I* rezystor *R1* powinien mieć dużą wartość z przedziału 330kΩ–470kΩ, natomiast *R2* zastępujemy zworą lub dowolnym rezystorem o bardzo małej wartości (rysunek 3).

W *wersji II*, gdy stosujemy preamp jako bufor, by obniżyć poziom sygnału wejściowego, co zapobiega przesterowaniu przedwzmacniacza zbyt wysokim sygnałem, stosujemy dzielnik rezystorowy. W takim przypadku wartość *R1* powinna wynosić 25kΩ–30kΩ, *R2* podobnie. Gdyby wzmocnienie przedwzmacniacza było jeszcze zbyt duże, można zwiększyć wartość *R2* (np. *R1* – 10kΩ, *R2* – 40kΩ) – **rysunek 4**. Rezystor *R3* (100–1000Ω) zapobiega wzbudzeniu się przedwzmacniacza.



Rys. 4

**Potencjometr na wyjściu**

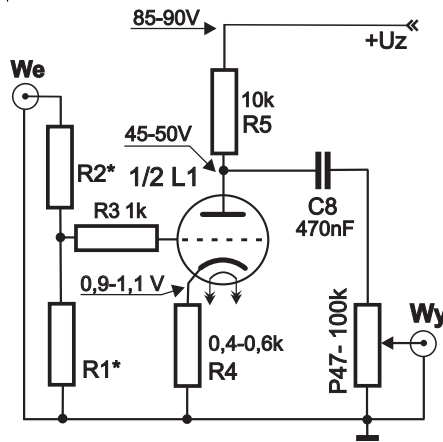
Proponuję jeszcze trzecią wersję, z potencjometrem na wyjściu – **rysunek 5**. Na wejściu dajemy dzielnik rezystorowy (jak w wersji II), zamiast rezystora R6 dajemy potencjometr. Układ taki podaje nieco mniejsze szumy i zakłócenia na stopień następny (np. końcówkę mocy) i jednocześnie pozwala regulować głośność. Wadą tego rozwiązania jest to, że niska oporność potencjometru może ograniczać pasmo przenoszenia przedwzmacniacza.

Eksperymenty z różnymi wersjami są nieskomplikowane, tym bardziej że potencjometr montujemy oddzielnie, a z płytką drukowaną łączymy za pomocą ekranowanych kabli. Zachęcam do eksperymentów z tym przedwzmacniaczem. Lampy są odporne na trudne i nieprawidłowe warunki pracy, więc szansa na to, że coś się trwale uszkodzi, jest mała. W przypadku półprzewodników jedna chwila nieuwagi, małe zwarcie, impuls prądowy i kosztowny często element łąduje w koszu. Tutaj trzeba naprawdę ekstremalnych warunków, by lampa została uszkodzona przez nieuwagę. No, chyba że stłuczysz szklaną bańkę...

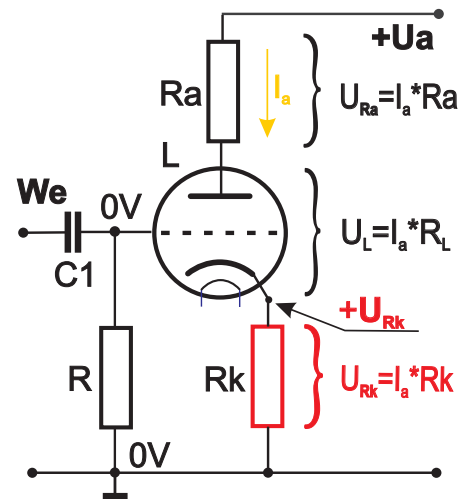
**Dla dociekliwych Polaryzacja siatki**

Jak wspomniałem na początku, siatka lampy powinna być spolaryzowana ujemnie względem katody. Podając na siatkę odpowiednie napięcie, ograniczamy prąd płynący przez lampę do wartości, która wynika z założeń konstrukcyjnych wzmacniacza i danego typu lampy. Prąd płynący przez lampę podczas spoczynku (bez podawania sygnału na wejście) nazywany jest *prądem podkładu (bias)*. Siatkę można polaryzować za pomocą zewnętrznego źródła napięcia (napięcie uzyskane z dzielnika rezystorowego lub z oddzielnego, regulowanego zasilacza). Taki sposób polaryzacji nazywamy *polaryzacją stałą (fixed bias)*.

Częściej spotykanym rozwiązaniem jest *polaryzacja automatyczna (polaryzacja katodowa, self bias, autobias, cathode bias)*. Spotyka się ją tak w lampach przedwzmacniacza, jak i w stopniach mocy. Uzyskuje się ją za pomocą rezystora włączonego pomiędzy katodę a masę urządzenia. Wartość tego rezystora dobiera się tak, by wywołany przepływającym przez niego prądem spadek napięcia miał wartość wynikającą z założonej wartości polaryzacji siatki. Często w kartach katalogowych lamp znajdziemy proponowaną przez producenta wartość rezystora katodowego i wywołaną przez niego wartość polaryzacji siatki.



**Rys. 5 Wersja z potencjometrem na wyjściu**



**Rys. 6 Polaryzacja automatyczna**

**Polaryzacja automatyczna**

Jak to działa? Popatrzmy na **rysunek 6**. Napięcie zasilające +Ua podawane jest na anodę lampy. Ten sam prąd anodowy, płynący od plusa zasilania, wywołuje spadki napięcia na trzech elementach obwodu: na rezystorze anodowym, na rezystancji wewnętrznej lampy i na rezystorze katodowym. Spadek napięcia na rezystorze katodowym powoduje, że katoda ma napięcie dodatnie (+URk) w stosunku do masy. Siatka jest przez rezystor dołączona do masy i można uznać, że prąd siatki nie płynie. Oznacza to, że siatka ma potencjał (napięcie) niższy niż katoda i to bez stosowania źródła napięcia ujemnego. Proste?

**Zalety autobiasu:**

- prostota i niski koszt,
- dobra stabilizacja napięcia siatki. Gdy z jakiegoś powodu (np. zmiana napięcia anodowego, starzenie się lampy) prąd anodowy ulegnie zwiększeniu, to spadek napięcia na rezystorze katodowym zwiększy się (i tym samym na siatce), co spowoduje ograniczenie prądu anodowego – i odwrotnie. To ujemne sprzężenie zwrotne daje efekt stabilizacji.

**Wady:**

- strata mocy na rezystorze katodowym. Nie jest to dokuczliwe w lampach małej mocy, natomiast lampy mocy mają duży prąd anodowy (przynajmniej w klasie A wzmacniacza) i

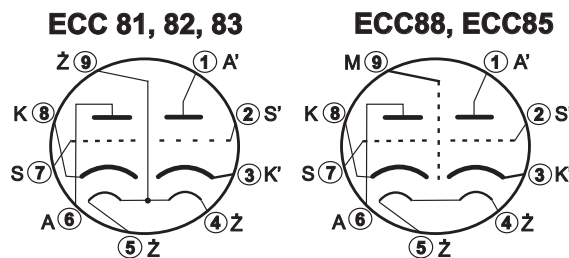
z reguły wymagają dużych, ujemnych napięć siatki, co powoduje znaczne straty na tych rezystorach – czasem kilkadziesiąt watów.

– zmienne napięcie (wzmacniany sygnał użyteczny) jest osłabiane na rezystorze katodowym, co powoduje zmniejszenie wzmacnienia stopnia. Z tych powodów Rk musi być zbecznikowany kondensatorem o dość dużej pojemności, by przenieść bez strat także niskie częstotliwości.

**Lampy**

Układ wspólnej katody ma stosunkowo wysoką impedancję wyjściową, co przy obciążeniu go niską impedancją wzmacniacza półprzewodnikowego skutkuje ograniczeniem pasma przenoszenia na wysokich częstotliwościach i zwiększeniem zniekształceń nieliniowych. Dlatego musimy zastosować taką triodę, która ma małą impedancję wyjściową. Zastosowanie popularnej triody ECC83 mija się z celem, bowiem lampa ta ma bardzo niski prąd anodowy i bardzo dużą impedancję wyjścia, rzędu setek kiloomów. Dobrze w tej aplikacji sprawuje się ECC88 (odpowiedniki: o podwyższonej jakości E88CC, amerykańska 6DJ8, 6922, rosyjska 6N23P), która jest przystosowana do pracy z niskimi napięciami – jej nominalne napięcie anodowe to 90V. Ma średnie wzmacnienie, duże nachylenie charakterystyki (duża czułość) oraz niską impedancję wyjściową – kilkanaście kiloomów. Sprawdziłem także ECC82, która, jak się okazało, też świetnie sprawuje się w tym układzie. Mimo, że jej nominalne napięcie pracy wynosi 250V, to producenci w kartach katalogowych podają, że zasilanie napięciem 100V jest całkowicie dopuszczalne. Można eksperymentować z użyciem innych lamp, choćby popularnej ECC81, rosyjskich 6N3P (niskonapięciowa, parametry zbliżone do ECC88), dobierając za pomocą rezystorów katodowych R4,

**Rys. 7 Schemat wyprowadzeń lamp typu ECC81-83 oraz ECC88 (układ wyjść widziany od dołu lampy)**





R4A odpowiednie napięcie siatki, tak by spadek napięcia na tym rezystorze wynosił ok. 1V. Wyprowadzenia lamp pokazane są na **rysunku 7**. Napięcie żarzenia lampy ustawiamy zgodnie z jej kartą katalogową, dobierając doświadczalnie wartość rezystora redukcyjnego R10.

## Zasilacz

Schemat ideowy zasilacza przedstawiony jest na **rysunku 8**. Jak widać, przedwzmacniacz zasilany jest jednym, niskim napięciem z przedziału 12–18V, które służy tak do zasilania żarnika lampy (po zredukowaniu), jak i do zasilania anody lamp. By uzyskać wysokie napięcie anodowe, napięcie zasilające jest powielane za pomocą poczwórnego powielacza napięcia (D1-D4, C1-C4) i filtru C5-C6, R7.

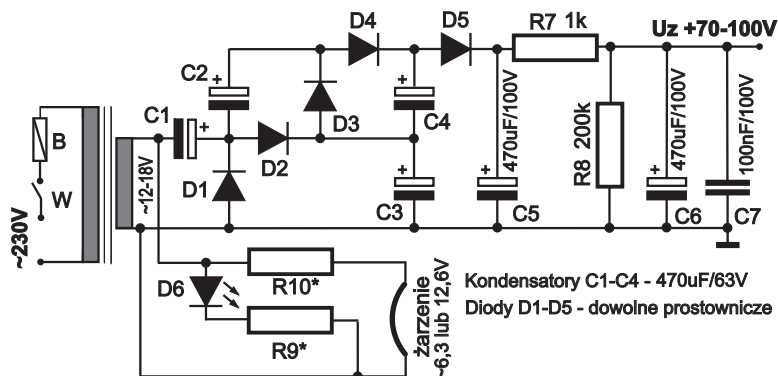
$$U_z = U_{tr} * 1,4 * 4$$

U<sub>tr</sub> – napięcie zmienne transformatora.

Przykładowo, jeżeli U<sub>tr</sub> wynosi 18V, to po powieleniu i wyprostowaniu otrzymamy napięcie ok. 100V.

Układ jest bardzo prosty, ale ma ograniczenia, ponieważ do zasilania żarzenia i anodowego użyto tego samego napięcia. Nie można stosować zbyt wysokiego napięcia transformatora, bowiem problemem jest potem zredukowanie go do niskiego napięcia żarzenia. Z kolei niższe napięcie zasilające ułatwia wprawdzie dopasowanie go do zasilania żarzenia, ale po powieleniu może okazać się niewystarczające do zasilania lamp. Wprawdzie lampy pracują także przy bardzo niskich napięciach anodowych, ale kosztem wzrostu zniekształceń. Dlatego należy wybrać jakiś kompromis. W praktyce wypróbowałem napięcia zmienne 12V...18V. Napięciem 12V, które po powieleniu podnosi się do blisko 70V, można zasilac niskonapięciową ECC88, natomiast 18V po powieleniu daje napięcie ok. 100V, które jest wystarczające do zasilania bardziej wymagającej ECC82. Tę ostatnią lampę tym łatwiej zasilac, że układ żarzenia potrzebuje 12,6V napięcia, a prąd żarzenia jest stosunkowo niewielki – 150 mA. ECC88 wymaga napięcia 6,3 V i 0,36 A prądu żarzenia (optymalne 15-18VAC).

Rys. 8 Zasilacz



## Transformator

Bardzo dobrym, bo bezpiecznym rozwiązaniem, jest umieszczenie transformatora zasilającego w obudowie z wtyczką (np. Z64). Można użyć transformatora o mocy ok. 10VA 12–18V. Wydajność prądowa transformatora powinna być nie mniejsza niż 0,4–0,5A w zależności od typu lampy. Ponadto oddalony od wzmacniacza transformator zasilający (jego pole magnetyczne) nie wpływa ujemnie na pracę przedwzmacniacza.

Najlepsze byłoby wykorzystanie gotowego fabrycznego zasilacza prądu zmiennego (AC). Ale uwaga – **powielacz napięcia musi być zasilany napięciem zmiennym**. Zasilanie go napięciem stałym z gotowych zasilaczy typu „wtyczkowego” nic nie da. Także impulsowe zasilacze jak np. od ładowarek telefonów komórkowych nie nadają się do naszych celów.

## Płytką drukowaną

Pokazana na **rysunku 9** płytką drukowaną ma niewielkie wymiary (65 x 85mm) i zawiera powielacz oraz przedwzmacniacz lampowy. Do zacisków 1–2 złącza CON1 doprowadzamy napięcie z transformatora, natomiast do zacisków 3–4 dołączamy rezystor redukcyjny żarzenia o większej mocy (3–5W, w zależności jak duże napięcie ma zredukować). Mocno grzeje się on podczas pracy, warto go odsunąć od płytki wzmacniacza. Natomiast rezystorem R9 ustalamy jasność świecenia kontrolki zasilania D6. Orientacyjna wartość to 5–10kΩ.

Wszystkie rezystory, oprócz R10, mają moc strat 0,25 W. Diody D1–D5 to dowolne prostownicze na napięcie pracy powyżej 100V. Podstawka pod lampę typu „noval” (dziewięć nóżek), musi być przystosowana do druku.

Kondensatory elektrolityczne (i pozostałe)

powinny mieć pojemność i napięcie pracy takie jak podane na schemacie. Zbyt niskie napięcie pracy spowoduje, że kondensator może zostać przebity, z kolei kondensatory o wyższym napięciu po prostu nie zmieszczą się na płytce drukowanej: C1–C4 powinny mieć średnicę do 13,5mm, C5, C6 do 18mm.

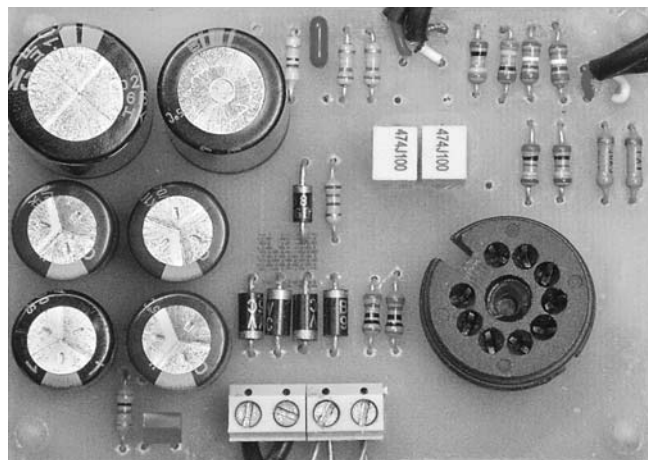
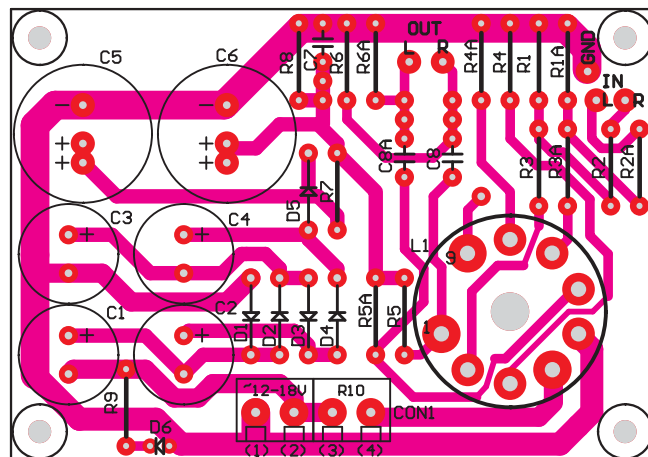
Kable sygnałowe do wejścia i wyjścia przedwzmacniacza powinny być ekranowane, a ekran przylutowany do masy, w innym przypadku wzmacniacz będzie się wzbudzał (brum w głośnikach). Wzmacniacze lampowe, ze względu na wysoką impedancję wejściową, są szczególnie wrażliwe na wszelkie błędy prowadzenia masy, łatwo się wzbudzają.

Przewody zasilające od transformatora oraz przewody diody elektroluminescencyjnej D6 powinny być prowadzone w formie skrętki, czyli pary mocno skręconych przewodów. Zmniejsza to zakłócenia rozsiewane przez te przewody.

## Montaż i uruchamianie

Podczas lutowania należy zwrócić szczególną uwagę na biegunowość diod D1–D5 i kondensatorów elektrolitycznych C1–C6. Po zmontowaniu układu, za pomocą lupy sprawdzamy punkty lutownicze, podejrzane czy złe

Rys. 9 Schemat montażowy





zalutowane miejsca, rozgrzewamy lutownicą jeszcze raz. Tzw. zimne luty są częstą przyczyną nieprawidłowego działania układów elektronicznych w konstrukcjach amatorskich. Przyczyną złego działania bywają też błędy montażu, czyli najczęściej, wlutowanie elementu niewłaściwej wartości.

Po zmontowaniu układu wkładamy lampę i włączamy transformator zasilający. Jeżeli układ pracuje prawidłowo, nic nie dymi, nie brzęczy, sprawdzamy napięcie żarzenia lampy. Jego wartość ustalamy za pomocą rezystora R10, z tolerancją +/-5%, czyli dla nominalnego napięcia żarzenia 6,3V zakres dopuszczalnych napięć wynosi 6,0–6,6V. Przybliżona wartość R10 dla lampy ECC88 dla zasilania 12V to ok. 22Ω, dla 15V – ok. 33Ω, dla 18V – ok. 42–44Ω. Moc 5W.

Nie dla wszystkich (początkujących) elektroników jest to oczywiste, więc przypomnę: redukcja napięcia żarzenia do wymaganego np. 6,3V zachodzi wyłącznie wtedy, gdy przez rezystor R10 płynie prąd, jednym słowem – lampa musi być włożona do podstawki, a układ prawidłowo uruchomiony. Pomiaru napięcia żarzenia dokonujemy po rozgrzaniu się lampy (2–3 minuty), multimetrem przełączonym na zakres napięcia zmiennego (~V). Pomiaru dokonujemy na nóżkach 4–5 podstawki lampy lub (łatwiej) na zaciskach 1 oraz 4 złącza CON 1.

Po rozgrzaniu się lampy mierzymy stałe napięcie anodowe Uz na wyjściu powielacza (za diodą D5). Powinno być zbliżone do obliczonego teoretycznie. Kolejnym krokiem jest sprawdzenie czy przez lampę płynie prawidłowy prąd podkładu (bias). Dokonujemy tego, mierząc spadek napięcia na rezystorach katodowych R4 (jeden kanał) i R4A (drugi kanał). Spadek napięcia powinien być zbliżony na obu rezystorach i wynosić około 1V. Jeżeli napięcia zbytnio się różnią (powiedzmy, więcej niż 10%), sprawdź czy rezystory

katodowe R4 i R4A oraz R5 i R5A mają jednakową wartość. Jeżeli mają jednakową wartość, prawdopodobnie przyczyną rozbieżności jest sama lampa (często się to zdarza). Jeżeli mamy zapasową lampę, to wymieniamy ją i mierzymy napięcia. Jeżeli przyczyną nie jest lampa, sprawdzamy układ – czy wlutowaliśmy prawidłowe wartości rezystorów, czy nie ma zimnych lutów itp.

Jeżeli ktoś ma generator i oscyloskop, może zbadać przedwzmacniacz, ustalając pasmo przenoszenia, oceniając zniekształcenia itp.

### Włączamy do systemu

Gdy przedwzmacniacz został sprawdzony, podłączamy go do naszego zestawu audio pomiędzy np. odtwarzacz CD czy DVD a wzmacniacz mocy. Włączamy wzmacniacz mocy, a gałkę głośności skręcamy na minimum. Powoli zwiększamy głośność, słuchając zakłóceń w głośnikach. Jeżeli w głośnikach od początku słycać głośny brum sieciowy lub inne zakłócenia, należy sprawdzić prawidłowość podłączenia przewodów sygnałowych w przedwzmacniaczu, szczególnie czy wszystkie ekrany są przylutowane do ścieżki masy. Jeżeli przedwzmacniacz umieszczony jest w metalowej obudowie, należy sprawdzić, czy podłączenie do metalowej obudowy ścieżki masy przedwzmacniacza nie wpłynie korzystnie na poziom zakłóceń. Czasami nawet potencjometr głośności jest przyczyną zakłóceń, trzeba wtedy jego metalową obudowę połączyć z masą przedwzmacniacza. Niekiedy przyczyną zakłóceń jest pętla masy. Powstaje ona, gdy w dwóch lub więcej urządzeniach masy są połączone w kilku różnych punktach. Takie punkty powstają w miejscu połączeń interkonektów (kable sygnałowych) oraz gdy urządzenia mają uziemione obudowy poprzez trzeci bolec w

gniazdka sieciowym. Należy wtedy jedno z urządzeń próbować podłączyć do gniazdka (np. przedłużacza) bez bolca uziemiającego, by przerwać pętlę.

Wiele osób skarży się na złą współpracę swoich urządzeń audio z komputerem. Prawdopodobną przyczyną jest różnica potencjałów pomiędzy urządzeniem audio (np. wzmacniaczem) a kartą dźwiękową komputera.

Ten przedwzmacniacz ma niewielki poziom zakłóceń, ale po całkowitym podkręceniu potencjometru słyszalny może być lekki brum wywołany sprzężeniem pochodzącym z układu żarzenia. Żarnik jest bowiem zasilany napięciem zmiennym 50Hz.

### Problem z potencjometrem

Duża oporność wejściowa i znaczne wzmocnienie przedwzmacniacza powodują wiele problemów. Lampy dość mocno szumią, wzmacniane są wszelkie szумы i brumy. Dość często ujawnia się też słaba współbieżność taniego potencjometru. Wtedy najlepiej wymienić potencjometr na lepszy. Półśrodkiem jest korekcja wzmocnienia jednego z kanałów przez zmianę wartości rezystorów R1 lub R2.

### Buforek

Nabyłem kiedyś na aukcji internetowej ciekawą rosyjską lampę 6N16B. Jest to miniaturowa, podwójna trioda, która może być zasilana niskim napięciem – 100V. Układ żarzenia zasilany jest napięciem 6,3V/0,4A. Lampa ma naprawdę małe wymiary: Średnica szklanej bańki wynosi ok. 10mm, a wysokość ok. 35mm. Nie stosuje się tu podstawki, lecz wyprowadzone wprost ze szkła przewody należy przylutować do płytki drukowanej. Po zmontowaniu układu próbnego stwierdziłem, że bardzo dobrze pracuje w tym układzie. Zachęciło mnie to do zbudowania przedwzmacniacza, którego wymiary przystosowałem do nietypowej obudowy w kształcie walca (jak na fotografiach). Przedwzmacniacz pracuje jako bufor o wzmocnieniu napięciowym ok. 3x, który wpinam pomiędzy odtwarzacz CD a wzmacniacz oparty na półprzewodnikach. Regulacja głośności odbywa się za pomocą potencjometru wzmacniacza mocy.

### Jak dołączyć preamp do wzmacniacza?

Wyjście przedwzmacniacza/bufora lampowego można dołączyć do wejścia CD/DVD lub AUX każdego wzmacniacza. Jednak najlepiej spełni on swoje zadanie, jeżeli będzie odpowiednio włączony do systemu audio. Nie jest to problemem, gdy mamy oddzielną końcówkę mocy. Jeżeli jednak mamy wzmacniacz zintegrowany (popularnie zwany integrą), optymalne włączenie do systemu preampa lampowego jest możliwe, lecz pod warunkiem, że nasza

integra ma możliwość rozdzielenia końcówek mocy od przedwzmacniacza. By się o tym przekonać, spójrzmy na tylną ścian-

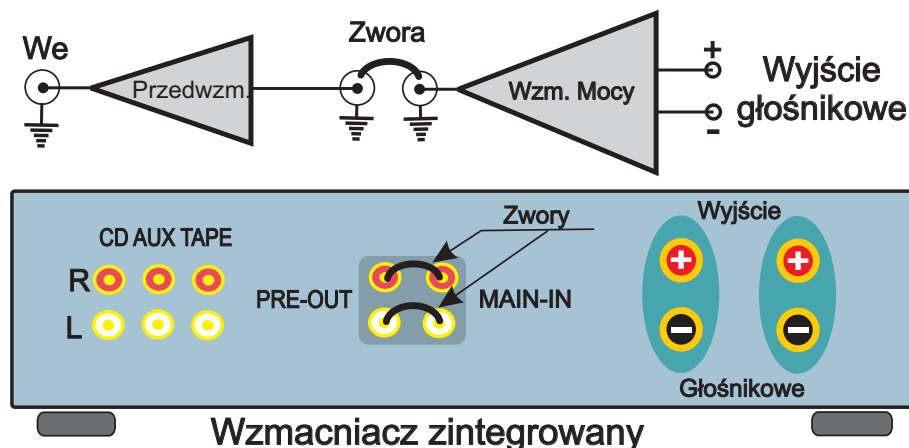
kę naszego wzmacniacza – jeżeli są tam dwie pary gniazd typu „cinch” oznaczone (najczęściej) jako „Pre-out” i „Main-in”,

to znaczy, że taka możliwość istnieje. W gniazda te są włożone metalowe zwory lub zamiast zwór, na przednim panelu znajduje się przełącznik, którym można je rozłączyć. Wtedy gniazda „Pre-out” dołączamy do wejść naszego bufora, a jego wyjście do gniazd „Main-in”.

Można też ominąć wbudowany preamp i sygnał CD przez nasz bufor podać na końcówkę mocy (gniazda wejściowe „Main-in”). **Rysunek 10** pokazuje schemat wzmacniacza zintegrowanego (jeden kanał, drugi jest identyczny). Zdejmujemy zwory lub przełączamy przełącznik i uzyskujemy dostęp bezpośrednio do końcówki mocy.

Spotyka się też konstrukcje, gdzie na panelu tylnym są gniazda, lecz oznaczone tylko „out”. Wzmacniacz taki nie jest rozdzielany, a wyjścia służą jedynie do sterowania dodatkowej końcówki mocy.

**Rys. 10 Sposób podłączenia do systemu audio**



### Wykaz elementów

#### Rezystory

- R1,R1A . . . . . 330-470kΩ w wersji I przedwzmacniacza, lub 10-30kΩ w wersji II
- R2,R2A . . . . . zwora w wersji I, lub 20-40kΩ w wersji II
- R3,R3A . . . . . 100Ω-1kΩ
- R4,R4A . . . . . 350-470Ω, dobrać do danej lampy
- R5,R5A . . . . . 8-10kΩ dla ECC88, 10-15kΩ dla ECC82
- R6,R6A . . . . . 220-330kΩ
- R7 . . . . . 1-2kΩ
- R8 . . . . . 200-250kΩ
- R9 . . . . . 5-10kΩ, dobrać do odpowiedniej jasności świecenia diody D6
- R10 . . . . . 22-47Ω 5W, dobrać tak, by otrzymać odpowiednie napięcie żarzenia dla danego

- typu lampy (6,3V lub 12,6V, +/-5%)
- P . . . . . potencjometr podwójny 50-100kΩ (opcjonalnie)
- Kondensatory**
- C1-C4 . . . . . 470μF/63V
- C5,C6 . . . . . 470-1000μF/100V,
- C7 . . . . . 100nF/100V,
- C8,C8A . . . . . 330-470nF/100V,
- Pozostałe**
- D1-D5 . . . . . dowolne diody prostownicze na napięcie min. 100V
- D6 . . . . . LED
- CON1 . . . . . zacisk (złącze do druku)
- Lampa ECC88 lub E88CC, PCC88, ECC82
- Podstawka do lampy typu „Noval” (9 nóżek), do druku.

Płytki jest dostępna w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2886.

### Bezpieczeństwo

W tym przedwzmacniaczu jest dość wysokie napięcie zasilające, dochodzące do 100V, ale napięcie to uzyskane jest z powielacza, który ma niezbyt dużą wydajność prądową, stąd nie stanowi bezpośredniego zagrożenia dla życia. Po dotknięciu jednak możemy odczuć nieprzyjemny wstrząs, tym bardziej że sporo energii magazynowane jest w kondensatorach elektrolitycznych. Dlatego zachowaj ostrożność!

Lampa i rezystor R10 rozgrzewają się do wysokiej temperatury – łatwo o poparzenie. Największe zagrożenie stwarza napięcie sieciowe, dlatego stosuj przemyślane rozwiązania, tak by nie narazić na niebezpieczeństwo siebie i innych użytkowników.

Stanisław Chrzęszcz  
audioton@poczta.onet.pl