



# Lampowy wzmacniacz słuchawkowy



Układy lampowe niemal bezpowrotnie odszły do lamusa. Jedynie nieliczni pamiętają czasy ich świetności, głównie za sprawą schematów w czasopiśmie lub psujących się Rubinów. W Polsce ich kres datuje się na koniec lat siedemdziesiątych – od tego czasu królują elementy półprzewodnikowe. Lecz u przedstawicieli młodszego pokolenia zauważyć można rosnące zainteresowanie tematyką lamp elektronowych. Może to za sprawą tajemniczego blasku rozżarzonej katody, a może chęć – choćby chwilowego – odwrotu od terabajtów, gigaherców i megabitów... Niniejszy układ jest na tyle prosty i tani w budowie, że każdy początkujący elektronik może sobie poradzić z jego budową i uruchomieniem. Konstruktor nie ma tu styczności z napięciem sieciowym, całość zasilana jest stabilizowanym napięciem stałym o wartości z przedziału 9–12V, co czyni ten układ bezpiecznym.

80kHz, co jest wartością na tyle wysoką, by zakłócenia nie były słyszalne przez użytkownika. Rezystor R2 ogranicza prąd pobierany przez tę przetwornicę, natomiast R1 ogranicza prąd tranzystora kluczującego. Dławik L1, dzięki zjawisku samoindukcji, podnosi zmienne napięcie, zaś dioda D1 prostuje je. Dzielnik złożony z R3+R4 pozwala układowi na stabilizację napięcia wyjściowego. C4 i C5 tworzą filtr.

Uwagę Czytelnika może zwrócić zastosowanie dwóch oddzielnych układów LM317 – US2 i US3. Podyktowane było to dużym prądem pobieranym przez lampy w czasie startu. Przy zasilaniu obydwu żarników z jednego stabilizatora niejednokrotnie okazywało się, że zabezpieczenie nadprądowe uniemożliwiało dalszy start urządzenia. Ponadto takie rozwiązanie ułatwia odrowadzanie ciepła oraz umożliwia zastosowanie dwóch różnych lamp (o czym dalej). Stabilizator pracuje w

najbardziej typowej dla siebie aplikacji, gdzie rezystory R5+R6 (oraz R7+R8) ustalają napięcie wyjściowe, zaś kondensatory C6 i C7 uniemożliwiają wzbudzenie się pasożytniczych oscylacji. Kondensatory C1 i C2 tworzą filtr napięcia wejściowego. Bezpiecznik B1 chroni zewnętrzny zasilacz przed uszkodzeniem w razie wystąpienia zwarcia.

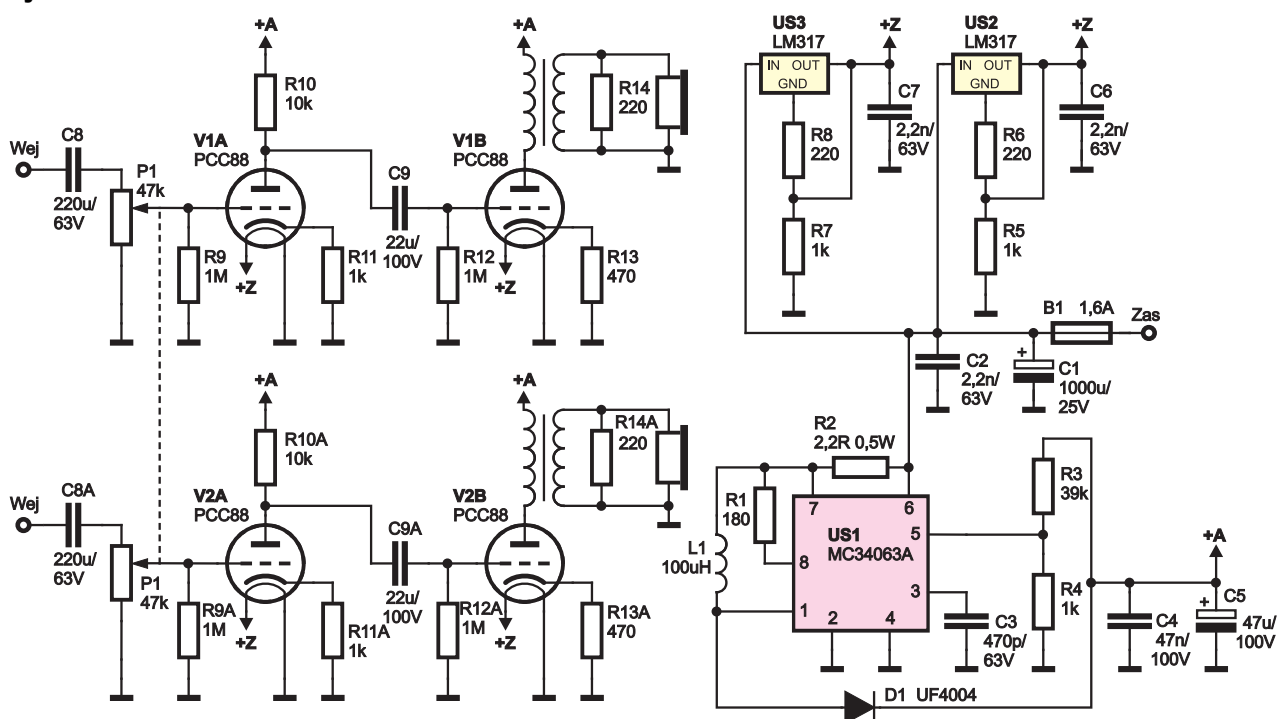
W układzie zastosowane zostały dwie lampy typu PCC88, ze względu na:

- niską cenę,
- łatwą dostępność na giełdach staroci i portalach aukcyjnych,
- typowy cokol, do którego łatwo zdobyć podstawkę,
- poprawną pracę przy niskim, jak na lampy, napięciu anodowym (50V).

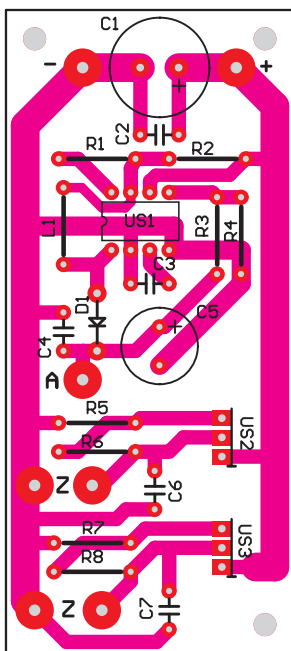
## Opis układu

Na **rysunku 1** przedstawiony jest schemat ideowy. Układ można podzielić na dwie zasadnicze części: półprzewodnikowy zasilacz, dostarczający napięcia żarzenia i napięcia anodowego, oraz lampowy wzmacniacz. Odpowiedniego napięcia anodowego dostarcza przetwornica impulsowa oparta na układzie US1 – MC34063A. Niska cena i prosta aplikacja sprawiają, że dobrze nadaje się do tego celu. Przy podanej wartości C3 pracuje on z częstotliwością ok.

Rys. 1



Jedna lampa typu PCC88 zawiera w swej strukturze dwie identyczne triody. Rozżarzona katoda emituje elektrony, które są następnie przyciągane przez anodę, mającą potencjał dodatni względem katody. W przestrzeni między nimi znajduje się siatka, posiadająca słaby potencjał ujemny, która odpycha elektrony podążające w kierunku anody. Im bardziej ujemne jest to napięcie, tym mniej elektronów dociera do miejsca przeznaczenia, co skutkuje mniejszym prądem anodowym. Wynika z tego, że podając zmienne



Rys. 2

napięcie na siatkę, otrzymamy zmienny prąd anodowy. Dzięki temu, że przez lampę, będącą w stanie spoczynku, na którą nie podajemy sygnału, płynie prąd anodowy, który nigdy nie zmniejsza się do zera, mówimy o pracy w klasie A. W ten właśnie sposób pracują lampy w omawianym wzmacniaczu. Ponieważ składa się on z dwóch identycznych kanałów, omówiony zostanie tylko jeden z nich.

Sygnal wejściowy, pochodzący z komputera, odtwarzacza CD, etc., zostaje przepuszczony przez kondensator C8. Ma on na celu odcięcie ewentualnej składowej stałej, która mogłaby się pojawić na wyjściu. Rezystor R11 ustala punkt pracy lampy, czyniąc potencjał jej katody lekko dodatnim względem masy. Tymczasem siatka jest na potencjale masy, dzięki suwakowi potencjometru P1 oraz, asekuracyjnie, rezystorowi R9. Dzięki temu siatka ma potencjał ujemny względem

Typ lampy	Napięcie żarzenia	Prąd żarzenia	Wartość R5/R7
PCC88	ok. 7V	300mA	1kΩ
ECC88	6,3V	ok. 430mA	820Ω
E88CC			
6N23P			

Tabela 1

katody. Rezystor R10, zwany rezystorem anodowym, zamienia wspomniane wcześniej wahania prądu anodowego na wahania napięcia na anodzie w myśl prawa Ohma.

Wzmocniony sygnał jest przepuszczany przez C9, którego zadaniem jest niedopuszczenie składowej stałej do siatki triody V1B. Drugi stopień wzmacnia sygnał analogicznie, lecz obciążeniem tej triody nie jest rezystor, lecz transformator wyjściowy. Dopasowuje on wysoką impedancję lamp do niskiej impedancji słuchawek. Rezystor R14 zabezpiecza ów transformator przed zgubnymi skutkami

przypadkowego odłączenia obciążenia w trakcie słuchania muzyki – siła elektromotoryczna samoindukcji jest w stanie przebić izolację uzwojenia pierwotnego, co definitywnie niszczy ten element.

## Montaż i uruchomienie

Część zasilająca zmontowana została na płycie drukowanej (rysunek 2), jednostronnie miedzianej, techniką montażu przewlekane. Pod układ US1 warto zastosować podstawkę. Ułatwi to jego wymianę w razie awarii. Dławik L1 musi być przystosowany do większych prądów, wyglądem przypomina kondensator elektrolityczny. Małutkie dławiki, wyglądające jak rezystory, nie nadają się do tego zastosowania. Układy US2 i US3 powinny mieć chłodzenie. Pamiętaj, że ich obudowy połączone są z napięciem wyjściowym, zatem należy unikać zwarcia ich obudów. W układzie modelowym zostało to rozwiązane przez montaż na osobnych radiatorach, lecz egzamin zda też zastosowanie izolacyjnych podkładek mikowych. Do zasilania wystarcza wtyczkowy zasilacz 12V/1A prądu stałego.

Część wzmacniającą zmontowano bez użycia płytki, jest to tzw. montaż przestrzenny. Pozwala tak porozkładać elementy przy podstawie lampy, by uniknąć wzajemnych sprzężeń. Oprócz tego umożliwia bezproblemowe przebudowywanie układu. Stosując tę technikę montażu należy pamiętać o tym, by każda część była przynajmniej jed-

nym wypro-  
wadzeniem  
przymoco-  
wana do stabilnego punktu.

W układzie modelowym między środkowymi słupkami podstawek poprowadzony został gruby, miedziany drut pełniący funkcję tzw. szyny masy. Do niej przylutowane zostały te wyprowadzenia elementów, które wymagają połączenia z masą układu. Wszystkie punkty, które muszą mieć połączenie z masą: gniazdo wejściowe, gniazdo zasilające, płytka zasilacza etc. łączyć należy grubym przewodem. Pamiętaj, że w jednym przewodzie masy nie mieszają dużych prądów (np. gniazdo zasilające) z małymi (np. wejście), gdyż powoduje to przenikanie tętnień. Częstym błędem jest nieumyślne tworzenie tzw. pętli masy, czyli dwóch lub więcej równoległych połączeń elektrycznych. Taka pętla jest bardzo podatna na zakłócenia, jej wystąpienie objawia się np. wzbudzeniem układu lub nieprzyjemnymi efektami akustycznymi, które towarzyszą zbliżaniu ręki do układu. Przewody prowadzące sygnał wejściowy od i do potencjometru powinny być ekranowane. Niska temperatura lamp w czasie pracy pozwala na wystawienie ich na zewnątrz.

Kilka słów poświęcić należy transformatorom wyjściowym. W układzie modelowym rdzenie pochodzą z transformatorów radiowęzłowych, typu TGr 6-68, z którego odwinęto oryginalne uzwojenie i zastąpiono nowym. Nada się każdy inny rdzeń, którego kolumna środkowa ma przekrój ok. 3–5cm<sup>2</sup> i umożliwia wykonanie szczeliny powietrznej w magneto-wodzie. Na karkas nawinięto 1000+1000 zwojów drutu emaliowanego o średnicy 0,1mm oraz 40+40 zwojów drutu o średnicy 0,5mm. Podział na cztery sekcje oraz niemała indukcyjność uzwojenia pierwotnego pozwala na przeniesienie pełnego pasma akustycznego. Pamiętajmy, że od staranności wykonania tego elementu zależy jakość brzmienia naszego wzmacniacza. Wspomniana już szczelina zapobiega nasycaniu się rdzenia wskutek przepływającego przez uzwojenia stałego prądu anodowego. Ma ona szerokość ok. 0,1mm. Między poszczególnymi sekcjami należy stosować odpowiednie przekładki izolacyjne, by uniknąć przebicia. Podane liczby zwojów dotyczą słuchawek o impedancji 32Ω, dla innych należy odpowiednio zmodyfikować uzwojenie wtórne.

Uruchomienie należy zacząć od płytki zasilacza, sprawdzenia poprawności jej dzia-

Tabela 2

1	Anoda triody 1
2	Siatka triody 1
3	Katoda triody 1
4	Żarzenie
5	Żarzenie
6	Anoda triody 2
7	Siatka triody 2
8	Katoda triody 2
9	Ekran (dołączany do masy)



łania. Przy podanych wartościach napięcie za przetwornicą winno wynosić 45–50V, zaś żarzenie w granicach 7V. Dopiero potem możemy podłączyć część lampową. Przez kilkanaście sekund od włączenia (potencjometr skręcony na minimum) słyszalne są ciche popiskiwanie, które łagodnie zanikają – to przetwornica impulsowa, która nie jest jeszcze nominalnie obciążona.

Wzmacniacz przystosowany jest do pracy nie tylko z lampami typu PCC88. Można z powodzeniem zastosować ECC88, ich militarne koleżanki E88CC lub radzieckie 6N23P – **tabela 1**. Wyprowadzenia pozostają bez zmian.

Topologia wyprowadzeń przedstawiona jest w **tabeli 2** (patrząc na lampę od dołu, licząc od wycięcia według wskazówek zegara).

**Michał Kurzela**  
futrzaczek@o2.pl

## Wykaz elementów

### Rezystory

R1	180Ω
R2	2,2kΩ/0,5W
R3	39kΩ
R4,R5,R7,R11,R11A	1kΩ
R6,R8,R14,R14A	220Ω
R9,R9A,R12,R12A	1MΩ
R10,R10A	10kΩ
R13,R13A	470Ω

### Kondensatory

C1	1000μF/25V
C2,C6,C7	2,2nF/63V
C3	470pF/63V
C4	47nF/100V
C5	47μF/100V

C8,C8A	220nF/63V
C9,C9A	22nF/100V

### Półprzewodniki

D1	UF4004
US1	MC34063A
US2, US3	LM317

### Pozostałe

P1	2x47kΩ logarytmiczny
V1,V2	PCC88 (opis w tekście)
B1	1,6A
L1	100μH, min. 0,3A pionowy
Podstawki pod lampy	Noval
Gniazda	wejściowe, wyjściowe i zasilające
Transformatory wyjściowe	opis w tekście
Podstawka pod US1	DIP8

**Płytką drukowaną jest dostępna w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2978.**