

Lampowy korektor audio

Jak to robią inni?
ELEKTOR
ELECTRONICS



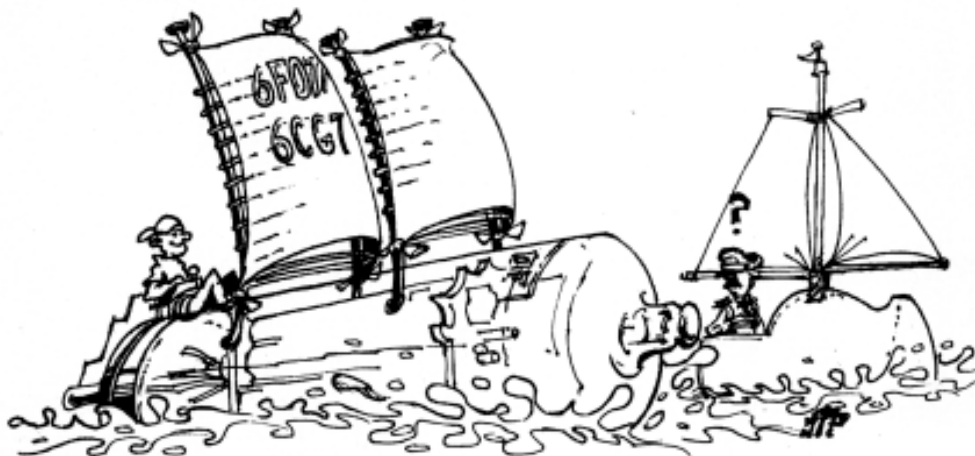
Prezentowany w artykule lampowy przedwzmacniacz-procesor dźwięku może stanowić moduł, który można wstawić w łańcuch modułów systemu stereo. Zapewnia on „lampowe” brzmienie dźwięku przy niskim napięciu zasilania.

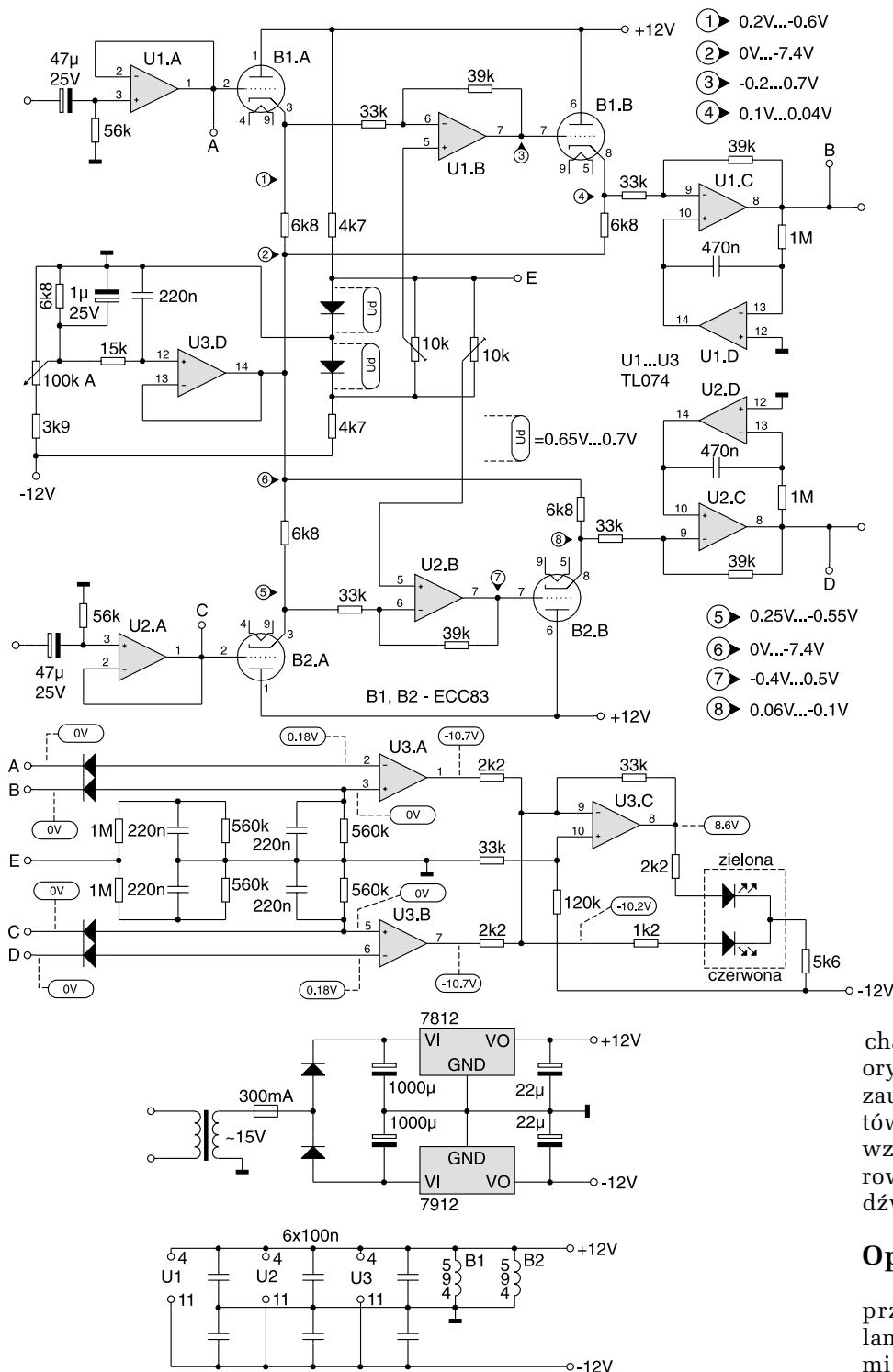
Wielu audiofili lubi „lampowe” brzmienie dźwięku, ale od kupna lampowego wzmacniacza audio odstręcza ich jego cena, a od własnoręcznej budowy stosowane w nim wysokie napięcie. Opisany w artykule układ lampowy jest rodzajem procesora efektów dźwiękowych (właściwie ogranicznikiem sygnału przy przesterowaniu) i przedwzmacniaczem, nadającym systemowi audio brzmienie lampowe. Zastosowano w nim lampy elektronowe pracujące przy napięciu nie przekraczającym

$\pm 12V$. Układ ten może przybliżyć nam technikę lampową.

Układ charakteryzuje się następującymi cechami:

- poziom ograniczania ustala się jednym potencjometrem dla obu kanałów stereo,
- wyjściowe kondensatory sprzęgające nie są potrzebne,
- symetria każdej z lamp jest dobierana indywidualnie,
- napięcie wyższe od $\pm 12V$ nie jest potrzebne,
- uzyskujemy autentyczne brzmienie lampowe,





Rys. 1. Schemat elektryczny przedwzmacniacza lampowego z lampami pracującymi z prądem siatki przy bardzo niskim napięciu anodowym.

- optyczna sygnalizacja obcinania sygnału wejściowego.

Zasada działania

Myśl, że sygnał audio mógłby nie być wiernie odtwarzany przez głośniki, jest nie do przyjęcia dla każdego audiofila. Cóż więc może robić w systemie hi-fi prezentowany procesor audio? Dlaczego

technika lampowa staje się ponownie popularna?

Przyczyn trzeba szukać już w studiu. Dźwięk na płytach CD rzadko jest zapisywany i miksowany ze szczególną starannością. Zwykle występujące w sygnale muzycznym dźwiękowe piki napięciowe nie są obcinane dla osiągnięcia lepszego stosunku sygnału do szu-

mu całości. Następstwa tych praktyk są znane z dyskusji w prasie technicznej (m.in. w Elektor Electronics) o przesterowanych nagraniach CD i tego konsekwencjach.

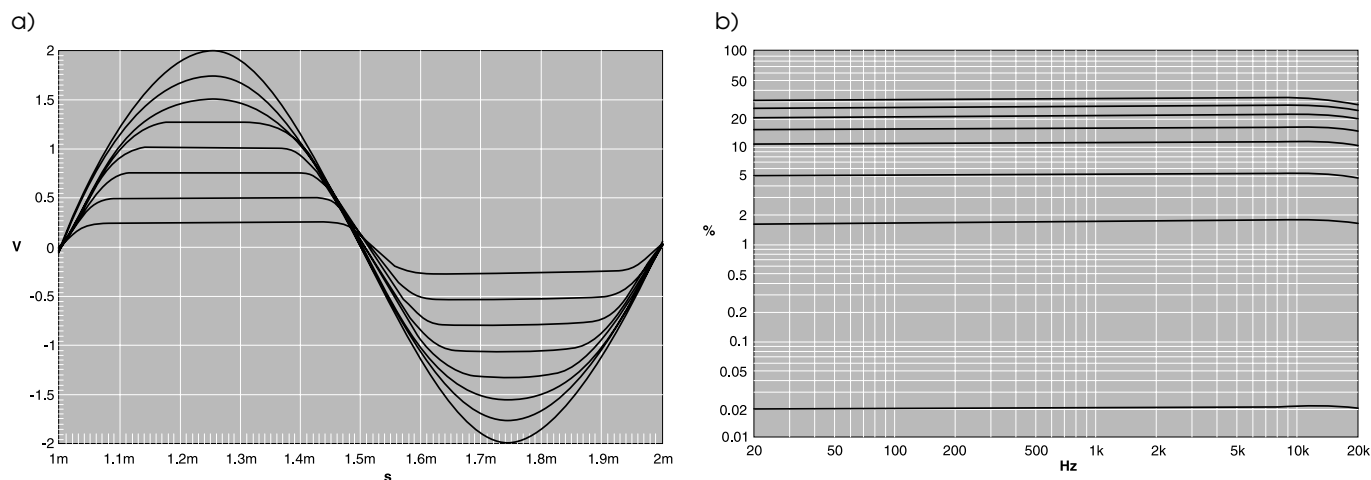
Celem stosowania przedwzmacniacza, spełniającego jednocześnie funkcję obcinacza lampowego, jest ograniczenie sygnału przy określonym poziomie maksymalnym. Lampy dokonują tego w sposób łagodny, nie obcinają napięcia tak ostro jak wprowadzane w nasycenie tranzystory. W miarę wzrostu napięcia lampy stopniowo zaczyna ograniczać sygnał. Dzięki temu otrzymuje się pożądaną, łagodną i gładką krzywą ograniczania.

Z analizy obcinanego w ten sposób sygnału wynika, że powstają jedynie harmoniczne o całkowitych wielokrotnościach częstotliwości podstawowej. Dla muzyka jest oczywiste, że takie harmoniczne nie wywołują dysonansów. Natomiast powstające przy ostrym obcinaniu widmo harmonicznych o niecałkowitych wielokrotnościach wywołuje zupełnie odmienny skutek. Obcinacz lampowy modyfikuje, co prawda dźwięk nagrań CD, ale dokonuje tego w sposób nie rażący dla ucha słuchacza, różnica w stosunku do oryginału jest subiektywnie mniej zauważalna. Zapytajcie gitarzystów, dlaczego trzymają się swoich wzmacniaczy lampowych. Przesterowanie wręcz poprawia jakość dźwięku gitary elektrycznej.

Opis układu

Na rys. 1 pokazano schemat przedwzmacniacza-ogranicznika lampowego. Głównymi elementami w każdym z kanałów stereo są podwójna trioda ECC83 i poczwórny wzmacniacz operacyjny TL074. Trzeci TL074 służy do kontroli napięć siatkowych lamp i do sterowania wskaźnikami LED.

Sygnał audio jest najpierw doprowadzany do wtórника napięciowego (będącego w istocie przetwornikiem impedancji: dużej wejściowej na małą wyjściową) U1.A, a z jego wyjścia do siatki pierwszej triody B1.A. Lampa ta pracuje w układzie wtórника katodo-



Rys. 2. Charakterystyki przedwzmacniacza.

wego, z anodą zasilaną napięciem +12V (bez rezystora w obwodzie anodowym). Sygnał na rezystorze katodowym 6,8kΩ jest zatem w fazie z sygnałem wejściowym.

Obwód z potencjometrem i wzmacniaczem U3.D tworzy buforowane źródło napięciowe, polaryzujące ujemnie katodę w stosunku do siatki. Pierwsza trioda obcina tylko dodatnie piki sygnału wejściowego, U1.B odwraca sygnał, a druga trioda w taki sam sposób obcina piki ujemne. Podobnie U1.C odwraca sygnał, a stosunek rezystancji 39kΩ i 33kΩ ustala niewielkie wzmocnienie (nieco ponad 1V/V) obu wzmacniaczy operacyjnych, kompensujące straty amplitudy w układzie. Poziomy sygnał wyjściowego (jeśli nie został obcięty) nie odbiega więc od poziomu sygnału wejściowego.

Wzmacniacz U1.C wraz z integratorem U1.D służą do sterowania następnym stopniem systemu, którym może być końcowy wzmacniacz mocy. Składowa stała

napięcia wyjściowego jest poprzez obwód całkujący U1.D podawana na nieodwracające wejście U1.C, co powoduje kompensację tej składowej, sprowadzając ją w ten sposób do zera. Pozwala to uniknąć konieczności stosowania wyjściowego kondensatora szeregowego. Jeżeli sygnał wejściowy obcina cała układ może działać bez kondensatorów sprzęgających. Drugi kanał, z B2 i U2, jest skonstruowany identycznie jak pierwszy.

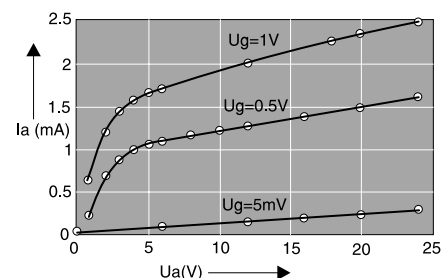
Wzmacniacz operacyjny U3.D tworzy niskoimpedancyjne źródło zasilania katod lamp, o napięciu regulowanym za pomocą potencjometru. Dwa potencjometry dostrojone pozwalają zsynchronizować układ, kompensując różnice napięć w kanałach, wynikające z tolerancji wartości parametrów elementów biernych i lamp. Sygnały wejściowe i wyjściowe są dostępne w punktach A do D. Służą one do wysterowania wskaźnika złożonego ze wzmacniaczy operacyjnych U3.A, U3.B, U3.C i podwójnej LED.

LED świeci zielono, gdy sygnał nie jest obcinany, żółto, gdy obcinanie zachodzi w jednym tylko kanale, a czerwono, gdy obcinają obie lampy ECC83. Sygnały wejściowe i wyjściowe są prostowane przez diody i wygładzane przez kondensatory, które ładują się do napięć szczytowych i rozładują powoli. U3.A i U3.B są komparatorami, których napięcia wyjściowe stają się dodatnie lub ujemne, w zależności od tego czy napięcie wejściowe jest wyższe od wyjściowego, czy nie (czyli gdy obcinanie zachodzi lub nie). Napięcia

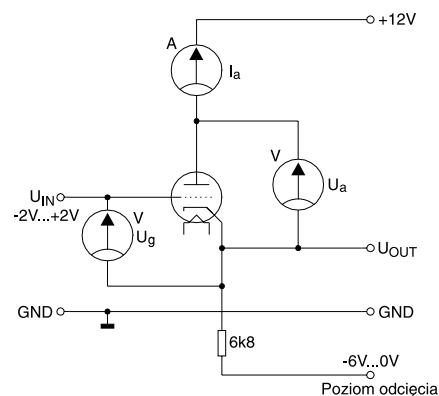
wyjściowe komparatorów są rezystorowo sumowane i sterują czerwoną LED, a także są podawane na wejście inwertera U3.C, sterującym zieloną LED. Jeśli więc obcinanie nie zachodzi, świeci zielona LED. Jeśli zachodzi w jednym kanale, czerwona LED świeci także, co w sumie wywołuje świecenie żółto-pomarańczowe. Jeśli zaś obcinanie zachodzi w obu kanałach, zielona LED gaśnie i pozostaje światło czerwone. Niewielkie napięcie dodatnie w punkcie E powoduje, że przy bardzo małym sygnale audio świeci zielona LED.

Ogranicznik-przedwzmacniacz lampowy można zasilac z zasilacza stabilizowanego ±12V, z którego zasilają się także żarzenie lamp ECC83 (ewentualnie ECC81 lub ECC88).

Po jego zmontowaniu i sprawdzeniu oraz po ustawieniu zerowego poziomu obcinania, można go włączyć, sprawdzić napięcia w poszczególnych węzłach i porównać je z podanymi na schemacie. Pozostaje jeszcze wyregulowanie symetrii obu kanałów za pomocą generatora napięcia sinusoidalnego i potencjometrów nastawczych. Układ będzie wtedy gotowy do użytku.



Rys. 4. Przykładowe charakterystyki $I_a=f(U_a)$.



Rys. 3. Układ pomiarowy do zdejmowania charakterystyk lamp.

Jego charakterystyki przy 8 różnych poziomach obcinania (od wykresu dla braku zniekształceń do przebiegu dla maksymalnego obcinania) pokazano na **rys. 2a**. Na **rys. 2b** przytoczono odpowiadające im charakterystyki zniekształceń. Najmniejsze zniekształcenia, bez obcinania, wynoszą około 0,02%. Przy maksymalnym obcinaniu, jak można było oczekiwać, są największe, powyżej 30%.

Charakterystyki lamp

W opisanym układzie lampy pracują w bardzo nietypowy dla nich sposób. Bowiem nie tylko w zakresie wyjątkowo niskich napięć (dopuszczalne dla nich napięcie anodowe wynosi 250V), ale dodatkowo w zakresie (bardzo rzadko stosowanych) dodatnich względem katody napięć siatki, a więc przy przepływie prądu siatkowego (siatki sterującej). Charakterystyki w tym zakresie nie są w ogóle specyfikowane w danych katalogowych, trzeba więc je sa-

memu wyznaczyć, aby zorientować się w ich przebiegu. Charakterystyki te można wyznaczyć w układzie, jak na **rys. 3**, mając do dyspozycji trzy multimetry i dwa zasilacze. Trzeba jednak przy tym zachować dużą ostrożność przy zwiększaniu dodatniego, względem katody, napięcia siatki sterującej, łatwo bowiem wtedy doprowadzić do jej przegrzania.

Mierząc prąd anodowy w funkcji napięcia siatki, przy stałym napięciu anody, otrzymuje się charakterystyki wyjściowe lampy, jak na **rys. 4**. Trzy krzywe widoczne na rysunku, otrzymane przy trzech różnych napięciach siatki, wykazują początkowo szybki, a w miarę wzrostu napięcia anodowego coraz wolniejszy, wzrost prądu anodowego. Związane jest to z tzw. nasyceniem, czyli przechwytywaniem przez anodę większości elektronów emitowanych przez katodę.

EE

Od tłumacza

Układ w bardzo pomysłowy sposób wykorzystuje prąd siatki triody, przy bardzo niskim napięciu anodowym, do „łagodnego“ obcinania i wydaje się poprawnie wykonany.

W opisie podano organoleptyczne uzasadnienie „wyższości“ lampowej techniki audio nad tranzystorową - lampowe wzmacniacze „milej zniekształcają“ (bo łagodnie) niż tranzystorowe. To warto zapamiętać.

Artykuł publikujemy na podstawie umowy z wydawcą miesięcznika "Elektor Electronics".

Editorial items appearing on pages 39..42 are the copyright property of (C) Segment B.V., the Netherlands, 1998 which reserves all rights.