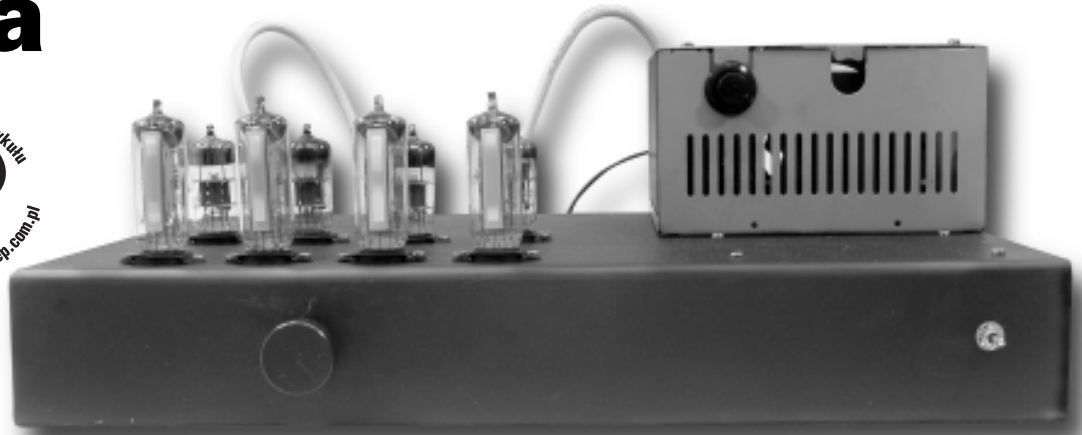


# Lampowy analizator widma



Gdy otrzymałem propozycję skonstruowania lampowego analizatora widma, w pierwszej chwili uznałem, że pomysł jest po prostu szalony. Jednak po namyśle doszedłem do wniosku, że warto podjąć ten temat. Można bowiem przy okazji pokazać nieco inne niż obecnie popularne aplikacje lamp. Zastosowanie lamp nie kończy się bowiem na wzmacniaczu czy odbiorniku radiowym. Prezentowany analizator jest w pełni lampowy - wskaźnikami poziomów są także lampy.

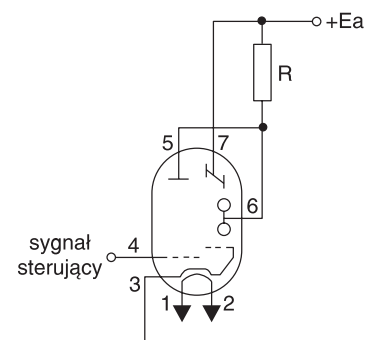
**Rekomendacje:** kolejny projekt przygotowany dla fanów układów lampowych. Analizator jest łatwy w wykonaniu, a prezentuje się niezwykle efektownie. Może być doskonałym uzupełnieniem każdego zestawu audio.

Najpierw zajmiemy się bliżej lampami, które niegdyś były nazywane „okiem magicznym“. Oko magiczne powstało w drugiej połowie lat 30. ubiegłego stulecia. Opracowała je firma RCA. Były stosowane w odbiornikach radiowych jako wskaźniki dostrojenia odbiornika do żądanej długości fali.

W odbiornikach o prostej konstrukcji - jak opisywany w EP12/2002 - strojenie odbywa się „na słuch“ i daje to dobre wyniki. Maksymalną głośność audycji uzyskuje się przy optymalnym dostrojeniu, a więc wtedy, gdy odbiornik jest dostrojony do wierzchołka krzywej rezonansowej obwodu strojonego. Jednak pod koniec lat 20. pojawiły się odbiorniki o wiele bardziej złożone, wyposażone między innymi w obwody ARW (automatycznej regulacji wzmacnienia). W przypadku, gdy sygnał odbieranej stacji jest słaby, ARW powoduje zwiększenie wzmacnienia wzmacniacza pośredniej częstotliwości, a przy silnym sygnale zmniejszenie tego wzmacnienia, aby w obu przypadkach głośność audycji była zbliżona. Takie rozwiązanie ma jednak pewną wadę. Założymy, że odbierana jest „silna“ stacja, ale odbiornik „pracuje“ gdzieś na zboczach krzywej rezonansowej obwodu strojonego. Sygnał wejściowy wzmacniacza p.c.z. jest słaby, a więc ARW zwiększa jego wzmacnienie. Tym samym przy strojeniu nie występuje aż tak wyraźnie słyszalne

zwiększenie głośności, jak w prostym odbiorniku bez ARW. Optymalne dostrojenie jest więc utrudnione, a tylko wtedy jakość audycji jest najlepsza. W tym celu przydałby się optyczny wskaźnik strojenia, który wskazywałby najlepsze dostrojenie.

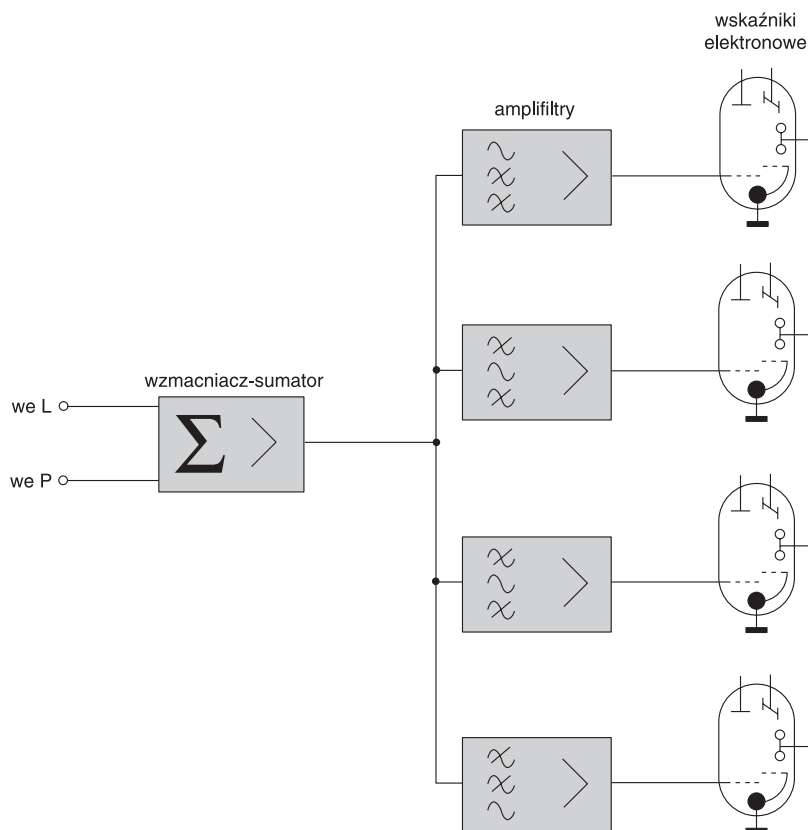
Początkowo rolę takiego wskaźnika pełnił czuły miliamperomierz, włączony w anodę lampy detekcyjnej. Jednakże miliamperomierz był dość kosztownym przyrządem i zamiast niego zaczęto stosować lampy neonowe. Jednak one też nie zdobyły wielkiej popularności, gdyż były mało czułe. W końcu skonstruowano specjalną lampę wskaźnikową - magiczne oko.



Wyprowadzenia lampy:

- 1, 2 - zarzanie lampy
- 3 - katoda
- 4 - siatka sterująca
- 5 - anoda
- 6 - elektroda odchylająca
- 7 - świecący ekran

Rys. 1. Podstawowy układ pracy magicznego oka



Rys. 2. Schemat blokowy lampowego analizatora widma

Oko magiczne przypomina trochę lampę oscyloskopową. Posiada katodę, siatkę sterującą, anodę, elektrody odchylające i świecący ekran (rys. 1). Napięcie sterujące podaje się między siatkę a katodę. Anoda połączona jest z elektrodą (elektrodami) odchylającą. W obwód anody włączony jest opornik obciążenia, a więc lampa pracuje jak triodowy wzmacniacz oporowy, sterujący elektrodą odchylającą. Ekran znajduje się pod stałym dodatnim wysokim potencjałem, zwykle 200...250 V. Na ekranie wyświetlany jest znak o zmieniającym się kształcie, np. wycinek koła, półkola, prostokąt. Znak zmienia wymiary przy zmianie potencjału na siatce. Przy pełnymysterowaniu świeci cała powierzchnia ekranu.

Magiczne oka znalazły także zastosowanie w magnetofonach szpulowych, w których wskazywały poziomysterowania. Opracowano także kilka typów wskaźników specjalnie przeznaczonych do odbiorników UKF-FM. Były to wskaźniki podwójne, gdyż wskazywały także dostrojenie na „zero” charakterystyki dyskryminatora.

Oka magiczne stosowano także w amatorskim sprzęcie pomiarowym (np. mostki RLC), w których służyły jako wskaźniki równowagi zamiast galwanometrów.

### Opis układu

Lampowy analizator widma pracuje analogicznie jak współczesny półprzewodnikowy. Jego schemat blokowy przedstawiono na rys. 2. Sygnał stereofoniczny, doprowadzony do wejścia układu, zostaje wzmacniony i zsumowany. Tak otrzymany sygnał monofoniczny jest kierowany do zespołu amplifiltrów (amplifiltr jest selektywnym wzmacniaczem). Do wyjść amplifiltrów dołączone są lampy wskaźnikowe, z których każda wskazuje poziom sygnału w określonym przedziale częstotliwości. Jako lampy wskaźnikowe pracują magiczne oka.

Aby zmniejszyć koszt wykonania analizatora, liczba zastosowanych wskaźników jest ograniczona do czterech. Mimo małej liczby wskaźników, układ analizuje całe słyszalne pasmo częstotliwości. Dlatego amplifiltr sterujący pracą wskaźnika tonów niskich jest dolnoprzepustowy,

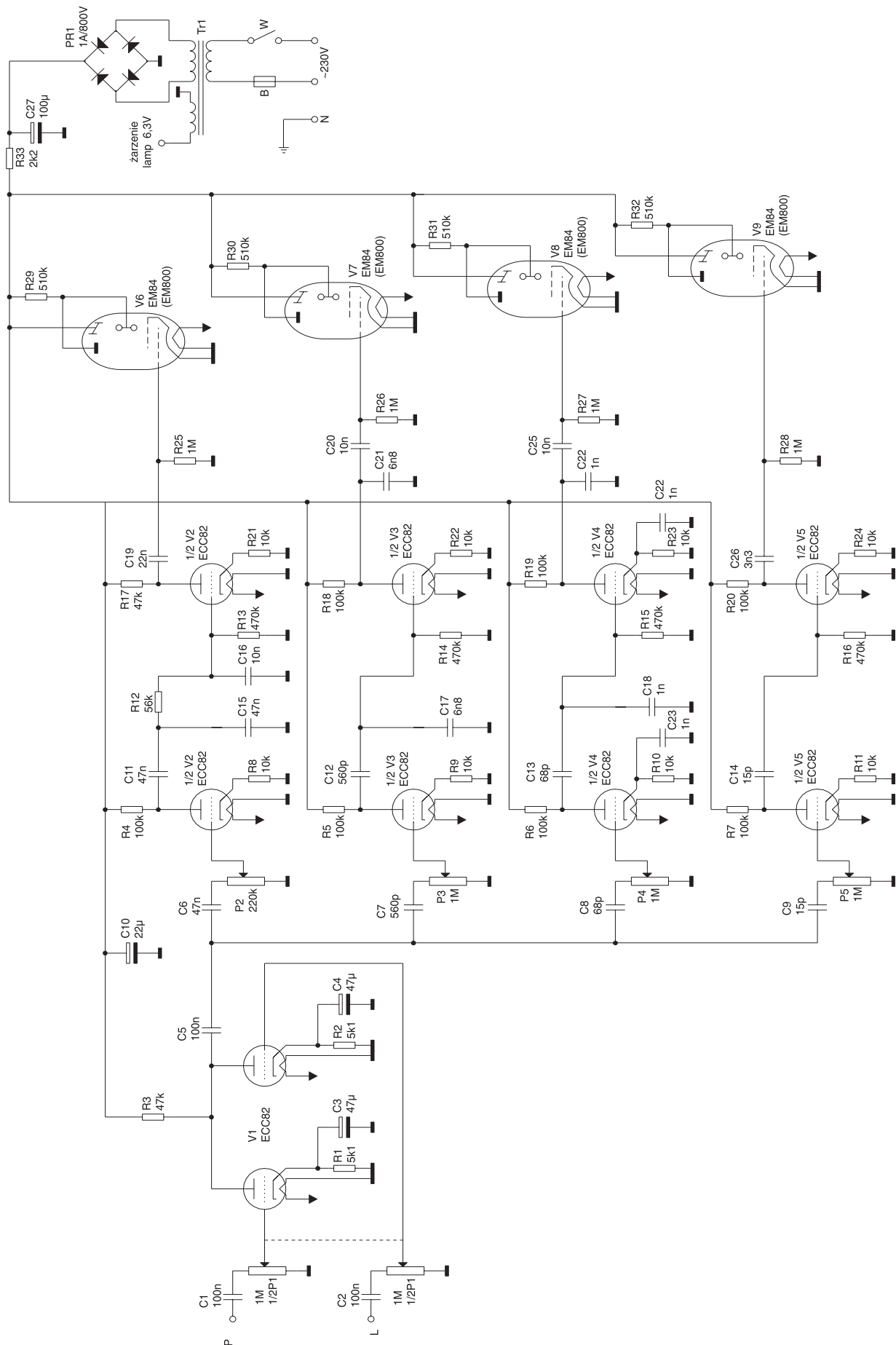
dwa amplifiltry tonów średnich są środkowoprzepustowe, a amplifiltr tonów wysokich jest górnoprzepustowy. Ponieważ nie zależy nam na dużej selektywności amplifiltrów, to ich układy mogą być bardzo proste - nie zawierają indukcyjności.

Schemat elektryczny przedstawiono na rys. 3. Potencjometr P1 umożliwia regulację czułości całego układu. We wzmacniaczu wejściowym-sumatorze pracuje lampa V1. Anody obu połówek tej lampy są połączone ze sobą, dlatego przez kondensator C5 przechodzi sygnał wzmacniony, będący sumą sygnałów z obydwu kanałów. Sygnał jest podawany na cztery amplifiltry o charakterystykach częstotliwościowych pokazanych na rys. 4.

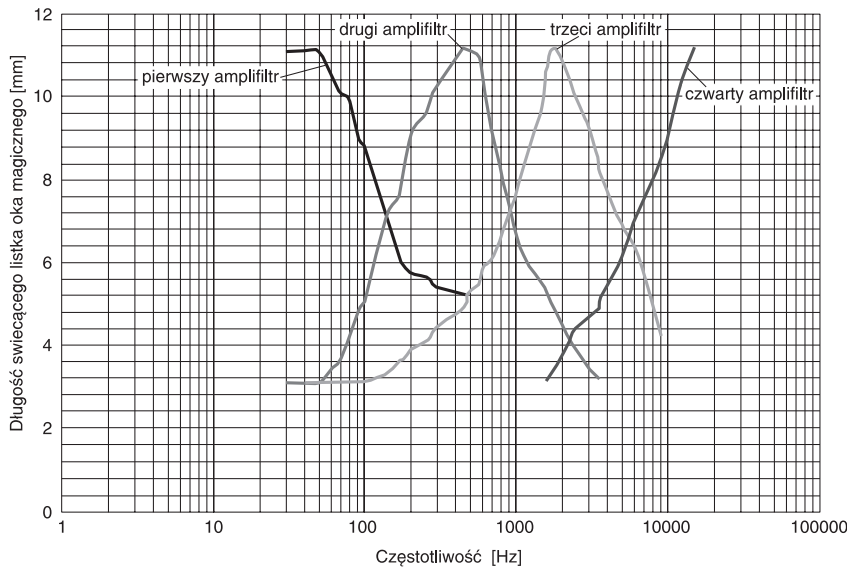
Lampa V2 pracuje w układzie amplifiltru dolnoprzepustowego (zakres częstotliwości <160 Hz). Obcinanie wyższych częstotliwości zapewnia filtr złożony z elementów C15, C16, R12 (filtr typu II). Wzmacniony sygnał wyjściowy amplifiltru jest kierowany na siatkę lampy wskaźnikowej V6.

Lampa V3 pracuje w układzie amplifiltru środkowoprzepustowego (maksimum wzmocnienia przy ok. 500 Hz). Zastosowano tu inne rozwiązanie układu wzmacniacza selektywnego - zamiast filtru typu II zastosowano małe wartości pojemności sprzęgających C7 i C12, nieprzepuszczających sygnałów o małej częstotliwości. Sygnały o wyższych częstotliwościach są zwierane do masy przez kondensatory C17 i C21. Ten amplifiltr steruje lampę V7.

Lampa V4 pracuje w układzie drugiego amplifiltru środkowoprzepustowego (maksimum wzmocnienia przy ok. 2 kHz), sterującego lampę V8. Nie różni się budową od omówionego poprzednio amplifiltru z lampą V3 (poza wartościami pojemności kondensatorów). Wyjaśnienia wymaga jedynie zastosowanie kondensatorów C23 i C24. Otóż w obwodach katod lamp wzmacniających (w tym także V3) znajdują się rezystory, których zadaniem jest ustalenie odpowiednich wartości wstępnych ujemnych potencjałów siatek. Rezystory te wprowadzają ujemne prądowe sprzężenie



Rys. 3. Schemat elektryczny analizatora



Rys. 4. Charakterystyki przenoszenia amplifiltrów z układu modelowego

nie zwrotne, powodujące znaczny spadek wzmocnienia. W tym amplifiltrze trzeba było nieco „podbić” wzmocnienie dla wyższych częstotliwości i taką funkcję spełniają kondensatory C23 i C24, które bocznikują właśnie dla wyższych częstotliwości rezystory R10 i R23. Dzięki temu uzyskano korzystniejszy kształt charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowej amplifiltru. Nasuwa się pytanie: dlaczego zbocznikowano odpowiednimi kondensatorami także katody obu połówek lampy V1?

Lampa V1 pracuje jako wzmacniacz-sumator, sterujący pracą wszystkich czterech amplifiltrów. Zależy nam więc na tym, aby lampa zapewniała duże wzmocnienie w dość szerokim zakresie częstotliwości akustycznych. Dlatego w obwodach jej katod znajdują się kondensatory elektrolityczne C3 i C4 o znacznej pojemności, likwidujące ujemne sprzężenie zwrotne także dla małych częstotliwości.

Pozostał jeszcze amplifiltr górnoprzepustowy (częstotliwości powyżej 3...4 kHz) z lampą V5. Zastosowano bardzo małe wartości pojemności sprzęgających C9 i C14. Z wyjścia amplifiltru jest sterowana lampa wskaźnikowa V9.

Wszystkie amplifiltry powinny mieć taką samą dobroć, aby błąd wskazań poziomu sygnału był w poszczególnych pasmach częstotliwości podobny. Do wyrównania tych dobroci przewidziane są 4 potencjometry montażowe: P2, P3, P4, P5. Aby cały ekran oka magicznego - lampy EM84 - się świecił (aby listki się zeszyły), napięcie na siatce sterującej powinno wynosić około -20 V.

### Smaczki z przeszłości

Na zdjęciu z lewej strony pokazano magiczne oko 6E5 z ekranem znajdującym się w górnej części szklanej bańki. Na zdjęciu poniżej pokazano tuner AFT11 firmy Pioneer, który pomimo nowoczesnego wyglądu (płyta czołowa



z drapanego aluminium) jest zbudowany na lampach i wyposażono go w aż dwa magiczne oka.

Dla lampy EM 800 napięcie to wynosi około -10 V.

Dociekliwi mogą zapytać, dlaczego w obwodach siatek wskaźników V7, V8, V9, V10 nie zastosowano diod prostowniczych, aby lampy były sterowane tylko napięciem wyprostowanym (ujem-

nym) a nie zmiennym? Otóż wydaje się celowe, aby czas reakcji wskaźników na poziom sygnału był krótki, a nic się złego nie stanie, jeżeli popłynie prąd siatki przy dodatnich półokresach napięcia sterującego.

Układ zasilacza składa się z: transformatora sieciowego Tr1, mostka prostowniczego PR1, 2 kondensatorów (C10 i C27) oraz rezystora (R33). Transformator Tr1 powinien dostarczać napięcie anodowe o wartości 180 VAC przy prądzie 50 mA i napięcie żarzenia 6,3 VAC przy prądzie 2,8 A. Lampa ECC82 może pracować przy napięciu żarzenia 6,3 lub 12,6 V. Ponieważ przyjeśliśmy, że będzie pracowała przy napięciu 6,3 V, to napięcie żarzenia należy podać na wyprowadzenie 9 i zwarte ze sobą 4 i 5.

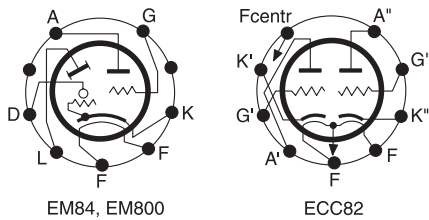
### Montaż i uruchomienie

Układ zmontowano na wygiętej w „U” ocynkowanej blasze o grubości 1,5 mm, wysokości 60 mm, szerokości 250 mm i długości 400 mm. Transformator sieciowy jest zaekranowany obudową od zasilacza komputera. Doprowadzenia do siatek lamp powinny być ekranowane.

Urządzenia lampowe zasilane są wysokimi napięciami, zwykle o wartości ponad 200 V, dlatego wymagana jest jak najdalej posunięta ostrożność i porządek przy montażu.

Potencjalnym zagrożeniem jest także wysoka temperatura lamp podczas pracy. Dlatego niedopuszczalne jest stosowanie obudowy plastikowych. Urządzeniu należy zapewnić dobre odprowadzanie ciepła. Nie zalecam wymuszonego chłodzenia wiatrakami, gdyż wprowadzają niepożądane drgania. Godnym polecenia jest umieszczenie lamp na zewnątrz obudowy. Ładnie wyglądają, a ciepło jest dobrze odprowadzane.

Do montażu należy używać przewodów o odpowiedniej izolacji i średnicy. Najgrubsze powinny być przewody żarzenia - płynący prąd ma natężenie nawet do kilku amperów.



Rys. 5. Wyprowadzenia lamp zastosowanych w projekcie

Przy uruchomieniu analizatora pomocny byłby generator spełniający funkcję źródła akustycznego sygnału sinusoidalnego. Potencjometr P1 ustawiamy w skrajnym prawym położeniu, co zapewni maksymalną czułość układu. Jeżeli nie popełniliśmy błędów montażowych, urządzenie będzie działać prawidłowo zaraz po włączeniu i nagraniu. Niezbędne jest jedynie wyregulowanie dobroci amplifiltrów. Po nagraniu powinny świecić się wszystkie oka magiczne. Wyświetlane listki powinny być krótkie (3...4 mm). Podajemy sygnał z generatora akustycznego. Zmieniamy płynnie częstotliwość generatora (w zakresie 40...15000 Hz) - powinny kolejno reagować wszystkie wskaźniki. Maksymalne wartości sygnału powinny występować przy około 400 Hz dla drugiego i około 2 kHz dla trzeciego filtru. Należy znaleźć maksima dla drugiego filtru i potencjometr P3 ustawić tak, by świecący listek wskaźnika miał długość np. 11 mm. Znajdujemy maksimum dla trzeciego filtru i też ustalamy (potencjometrem P4) długość listków na 11 mm. Podobnie postępujemy dla

amplifiltrów pierwszego i czwartego (za pomocą P2, P5) na krańcach pasma, to jest dla około 50 Hz i około 15 kHz.

Potencjometrem P1 można regulować czułość całego układu, gdyż źródłem sygnału mogą być różne urządzenia. Jeśli źródłem sygnału będzie np. CD, warto zamontować 4 gniazda chinch, aby sygnał można było podać do wzmacniacza bez konieczności stosowania rozgałęziaczy.

Zastosowane lampy ECC82 są obecnie produkowane. Natomiast wskaźniki EM84 są często oferowane w internetowych portalach aukcyjnych, a można je zastąpić także wskaźnikami: EM800, EM87, EM83, EM80, EM81, EM34, EM4, 6E5C itd. Niektóre mają inny kształt świecącej części (ekranu) niż EM84. Różnią się także kolejnością wyprowadzenia elektrod i czułością. Karty katalogowe niektórych z tych lamp publikujemy na płycie CD-EP3/2003B.

Na koniec należy dodać, że w takim układzie jak prezentowany w artykule, nie warto dodawać kolejnych lamp wskaźnikowych (zawężać pasmo), gdyż trudno będzie „wcisnąć“ kolejny filtr między już istniejące i wskazania dwóch sąsiadujących lamp będą bardzo podobne. Zwiększanie liczby kanałów ma sens dopiero po zastosowaniu znacznie bardziej rozbudowanych układów amplifiltrów, co pociągnęłoby jednak za sobą konieczność zastosowania większej liczby lamp.

**Aleksander Zawada**  
[aleksander\\_zawada@poczta.onet.pl](mailto:aleksander_zawada@poczta.onet.pl)

## WYKAZ ELEMENTÓW

### Rezystory

R1, R2: 5,1kΩ/0,6W  
 R3, R17: 47kΩ/0,6W  
 R4...R7, R18...R20: 100kΩ/0,6W  
 R8...R11, R21...R24: 10kΩ/0,6W  
 R12: 56kΩ/0,6W  
 R13...R16: 470kΩ/0,6W  
 R25...R28: 1MΩ/0,6W  
 R29...R32: 510kΩ/0,6W  
 R33: 2,2kΩ/8W

### Potencjometry

P1: 2x1MΩ logarytmiczny  
 P2: 220kΩ montażowy  
 P3...P5: 1MΩ montażowy

### Kondensatory

C1, C2, C5: 100nF/400V  
 C3, C4: 47μF/25V  
 C6, C11, C15: 47nF/400V  
 C7, C12: 560pF/500V ceramiczny  
 C8, C13: 68pF/500V ceramiczny  
 C9, C14: 15pF/500V ceramiczny  
 C10: 22μF/400V  
 C16, C20: 10nF/400V  
 C19: 22nF/400V  
 C17, C21: 6,8nF/400V  
 C18, C22, C23, C24: 1nF/400V  
 C26: 3,3nF/400V  
 C27: 100μF/400V

### Lampy

V1...V5: ECC82  
 V6...V9: EM84 lub inne według opisu

### Różne

2 gniazda chinch (albo 4)  
 Tr1: transformator wg opisu  
 9 podstawek pod lampy typu noval  
 PR1: mostek prostowniczy 1A/400V  
 B: bezpiecznik 500mA  
 W: włącznik sieciowy