

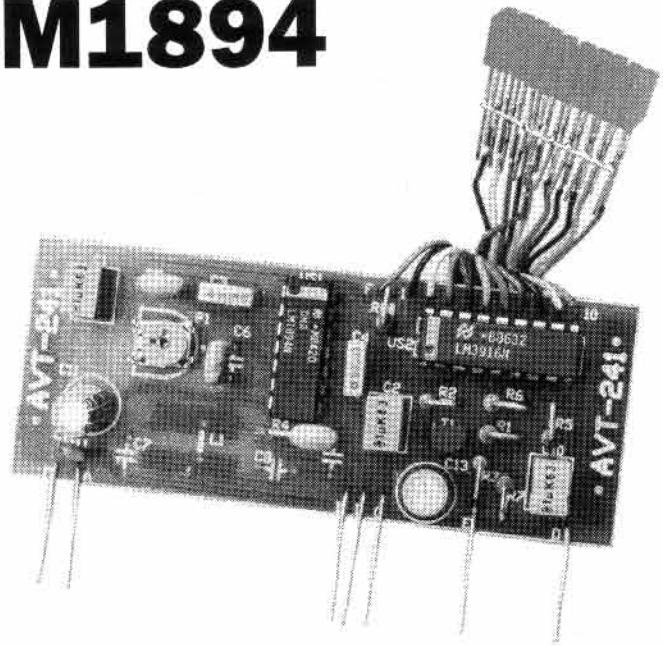
# System redukcji szumów z układem LM1894

## kit AVT-241

Artykuł zawiera mnóstwo cennych informacji niezbędnych dla wszystkich próbujących konstruować własne układy redukcji szumów.

Dokładnie przedstawiono zasady i sposób działania układu scalonego LM1894.

Zebrane tutaj wiadomości umożliwią pełne i świadome wykorzystanie zalet kostki.



Starsi Czytelnicy z leżką w oku wspominają czasy, gdy królowały magnetofony szpulowe i rewelacja były systemy redukcji szumu takie jak CNRS, Dolby-B i DNL.

Dziś z systemami redukcji szumów spotykamy się tylko w magnetofonach. W komercyjnym sprzęcie zostały się jedynie systemy kompanderowe, aktywne zarówno przy zapisie, jak i przy odczycie. Systemy Dolby-B, Dolby-C, dbx stanowią standardowe wyposażenie decków średniej i wyższej klasy. Zaniknęły natomiast systemy jednostronne, działające tylko przy odczycie.

Rzeczywiście systemy kompanderowe są bardzo skuteczne, ale... w życiu wciąż spotykamy sytuacje, gdy przydatny byłby system redukcji szumu działający tylko przy odczycie.

Wielu z nas ma stare, nienajlepszej jakości nagrania, do których powraca z dużym sentymentem.

Opisany w artykule układ redukcji szumów może stanowić cenne uzupełnienie przedwzmacniacza w zestawie domowym, miksera audio, systemu nagłośnieniowego. Będzie też przydatnym narzędziem dla wideofilmowca: amatora i półprofesjonalisty.

Podstawą jest układ scalony LM1894 firmy National Semicon-

ductor. Firma od lat produkuje układy jednostronnej redukcji szumów i nazywa je systemem DNR (Dynamic Noise Reduction System).

Przedstawiony układ reduktora szumów sam w sobie jest bardzo prosty. Zdecydowaliśmy się jednak dokładnie opisać zasadę jego działania. Wiemy bowiem, że nasi Czytelnicy konstruują własne reduktory szumu, wykorzystując takie elementy jak tranzystory polowe, fotorezystory i kostki elektronicznej regulacji barwy dźwięku (procesory akustyczne).

Przedstawione dziś zasady będą dużą pomocą w świadomym, opartym na rzetelnej wiedzy konstruowaniu takich układów.

Pokażemy ponadto, co można, a czego nie należy oczekiwać od jednostronnych układów redukcji szumów.

### Zasada działania

Jednostronne (niekomplementarne) systemy redukcji szumów są zwykle filtrami dolnoprzepustowymi, których szerokość pasma przepustowego zmienia się w zależności od treści przetwarzanego sygnału. Wzmocnienie takiego filtra w pasmie przepustowym jest najczęściej równe 1. Uściślijmy, że nie omawiamy tu tak zwanej bramki szumu - układu, który zupełnie wycisza program w prze-

rwach, chodzi nam o sterowany filtr dolnoprzepustowy.

Działanie układów dynamicznej redukcji szumów opiera się na dwóch podstawowych zasadach:

1. Głośność szumu białego jest proporcjonalna do szerokości pasma. Przypomnijmy znany z notatnika o szumach wzór na napięcie skuteczne szumu białego, wytwarzanego w temperaturze  $T$  przez rezystor o rezystancji  $R$  w danym pasmie  $B$ :

$$E_i = (4 \cdot K \cdot T \cdot B \cdot R)^{1/2} = e_i \cdot (B)^{1/2}$$

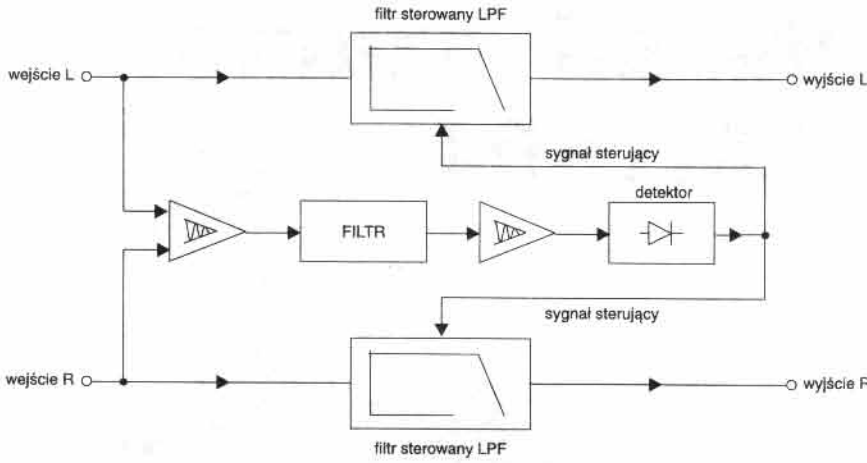
Ograniczenie pasma niewątpliwie zmniejsza szumy.

2. Sygnały akustyczne o większym natężeniu zagłuszają (maskują) sygnały słabsze.

W przerwach audycji (gdzie w przetwarzanym materiale nie ma znaczącej zawartości wysokich tonów) pasmo jest ograniczone, a szumy zredukowane. Natomiast w głośniejszych partiach pasmo jest szerokie, szumy są większe, ale ich nie zauważamy, bo głośnie dźwięki użyteczne maskują szumy.

Zasady te wydają się bardzo proste, w istocie sprawa nie jest tak oczywista.

W chwilach, gdy w treści programu następują przerwy (a ściślej mówiąc gdy nie występują składowe o wyższych częstotliwościach), pasmo przenoszenia naszego układu jest zredukowane



Rys. 1. Blokowy układ redukcji szumów

do około 1kHz. W świetle podanego wzoru przy dwudziestokrotnym zmniejszeniu pasma (z 20kHz na 1kHz) powinniśmy uzyskać zmniejszenie szumów  $(20)^{1/2} = 4,47$  razy czyli o 13dB.

Ale niestety nie zawsze jest tak dobrze. Jak łatwo się domyślić, subiektywnie odczuwana skuteczność układu DNR zastosowanego w odbiorniku radiowym AM gdzie pasmo przenoszenia wynosi tylko 70Hz...4kHz będzie niewielka, prawie żadna.

Ponadto spotykane w praktyce szумы audio często nie mają tak równomiernego rozkładu gęstości jak szum biały.

W podanym wzorze nie uwzględniliśmy też psfometrycznej czułości ludzkiego ucha.

Wypada jeszcze powiedzieć kilka słów o zagłuszaniu słabszych dźwięków przez silniejsze.

Nie wdając się w zawiłości anatomiczne powiedzmy w pewnym uproszczeniu, że błona

w której umieszczone są receptory słuchu ma długość około 3cm i szerokość około 0,5mm. Poszczególne fragmenty tej błony i związane z nimi włókna nerwowe „uczulone są” na różne częstotliwości. Gdy słyszymy szum biały, w miarę równomiernie pobudzane są wszystkie receptory. Gdy natomiast słyszymy pojedynczy czysty ton, pobudzone są tylko nieliczne receptory.

Jeżeli teraz do naszego ucha dotrze niewielki nawet szum i jednocześnie pojedynczy głośny ton, wtedy niestety ten pojedynczy ton zwykle nie zagłusza szumu - oprócz tonu słyszymy także szum, bowiem ten niewielki szum pobudza wiele receptorów. Pojedynczy ton może zagłuszyć biały szum, ale jego poziom musi być dużo większy od poziomu szumu - powiedzmy o około 60dB. Jeśli więc w audycji wystąpią głośne, czyste tony (które poszerzą pasmo naszego filtra), to subiektywna

skuteczność systemu będzie bardzo mała.

Okazuje się, że niektóre instrumenty dęte wytwarzają takie czyste tony, jednak ich częstotliwość jest względnie mała i zwykle nie przekracza 1kHz.

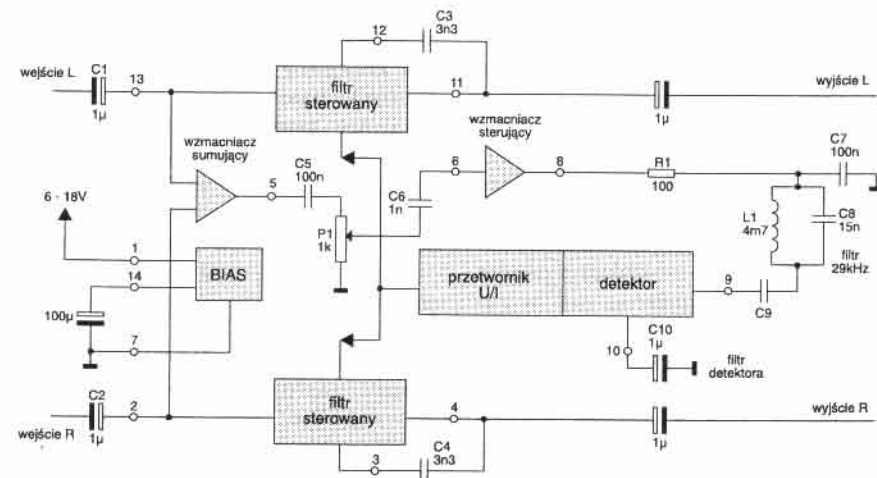
Z tych rozważań wynika, iż jeśli nawet w audycji występują duże sygnały o niskich częstotliwościach, a nie ma składowych o większej częstotliwości, to pasmo nie powinno być poszerzane. Jak się przekonamy postulat taki został dobrze zrealizowany w naszym układzie.

Choć rzeczywiście pojedyncze tony bardzo słabo maskują szerokopasmowy szum, to na szczęście typowe sygnały akustyczne, zarówno mowa, jak i większość muzyki, zawierają składowe o różnych częstotliwościach (w tym także liczne harmoniczne) i zdecydowanie lepiej maskują szumy. Przeciętnie można przyjąć, że jeśli sygnały użyteczne przewyższają szumy o 40...45dB, to szumy nie będą słyszalne.

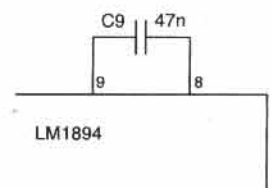
Znacznym wpływ na uzyskany efekt ma także stromość charakterystyki filtra powyżej częstotliwości granicznej. Jeżeli filtr regulowany ma charakterystykę opadającą powyżej częstotliwości granicznej z szybkością 6dB/oktawę, spodziewany stopień redukcji szumów wynosi 10...14dB.

Zastosowanie „ostrzejszego” filtra o spadku 12dB/oktawę daje redukcję szumów nawet do 17...18dB.

Notujemy więc istotny wniosek: subiektywnie odczuwany stopień redukcji szumów układu DNR zależy od wielu czynników i trudno go jednoznacznie zmierzyć. Wyniki pomiarów dokonane przyrządami mogą znacznie odbiegać od subiektywnych odczuć podczas odsłuchu. Dlatego nie podajemy w artykule charakterystyk amplitudowo-częstotliwościowych, bo nie niosą one przeko-



Rys. 2. Tor sterujący z filtrem zaporowym



Rys. 2b. Połączenie bez filtra zaporowego

nującej informacji. Ostatecznym sprawdzianem efektywności systemu jest w tym przypadku ucho.

**Subiektywnie odczuwany stopień redukcji szumów układu DNR zależy od wielu czynników i trudno go jednoznacznie zmierzyć. Wyniki pomiarów dokonane przyrządami mogą znacznie odbiegać od subiektywnych odczuć podczas odsłuchu.**

### Ważne wskazówki projektowe

**Rysunek 1** pokazuje schemat blokowy urządzenia w wersji stereo. Ważną jego częścią są dwa sterowane filtry dolnoprzepustowe LPF, których częstotliwość zmienia się pod wpływem sygnału sterującego. Tor sterujący składa się ze wzmacniacza, filtru i detektora.

Przy realizacji jednostronnego układu redukcji szumów istotne są trzy zagadnienia.

1. Zmiana napięcia stałego na wyjściu filtru pod wpływem sygnału sterującego.
2. Charakterystyka częstotliwościowa toru sterującego.
3. Parametry dynamiczne (stała czasowa ataku i opadania) sygnału sterującego.

Ad 1. Sposób realizacji filtrów sterowanych może być dowolny. W wielu praktycznych realizacjach największym problemem jest zmiana napięcia stałego na wyjściu pod wpływem sygnału sterującego. W sygnale wyjściowym pojawiają się więc składowe, których nie było na wejściu.

Dlatego też konstruktorzy-amatorzy sięgają często po tak nietypowe elementy jak transoptory z fotorezystorem, wtedy bowiem wspomniany problem nie występuje.

W kostce LM1894 zastosowano filtr wykorzystujący wzmacniacz o zmiennej transkonduktancji (podobny do LM13600). W rozwiązaniu tym prąd sterujący zmienia transkonduktancję stopnia zawierającego parę różnicową, zespół źródeł prądowych i układy linearyzacji. Stopień ten dołączony

jest do nieodwracającego wejścia wzmacniacza operacyjnego, czyli punktu o ustalonym potencjale (masa pozorna). Dzięki takiej konfiguracji zmiany napięcia stałego na wyjściu są bardzo małe.

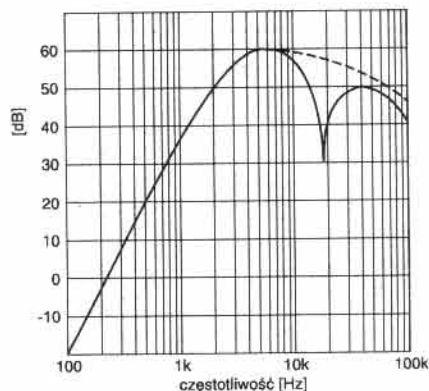
Ad 2. Bardzo ważną częścią każdego układu dynamicznej redukcji szumów jest tor sterujący. W układzie LM1894 sumuje się sygnały kanału lewego i prawego. Dzięki temu oba filtry sterowane są jednocześnie i unika się wrażenia „pływania” bazy stereo.

Jak mówiliśmy wcześniej, składowe o niskich częstotliwościach nie powinny poszerzać pasma przepustowego. W torze sterującym należałoby więc zastosować filtr górnoprzepustowy o możliwie stromych zboczach.

Wiemy ponadto, że zawartość wyższych harmonicznych w typowych programach audio gwałtownie maleje ze wzrostem częstotliwości. Aby w tej sytuacji zapewnić odpowiednią czułość należałoby stosować filtr górnoprzepustowy o stromości zbocza 12dB/oktawę. Wtedy nawet niewielkie sygnały o większej częstotliwości będą poszerzać pasmo i żadne użyteczne sygnały nie będą stracone.

W układzie LM1894 bardzo prosto i skutecznie zrealizowano te wymagania. **Rysunek 2** pokazuje niektóre szczegóły budowy toru sterującego. Kondensator C5 z rezystancją potencjometru P1 tworzy filtr górnoprzepustowy o częstotliwości granicznej (-3dB) równej 1,6kHz. Kondensator sprzęgający C6 z rezystancją wejściową wzmacniacza sterującego wynoszącą 30kΩ tworzy filtr o częstotliwości granicznej 5,3kHz. Podobnie pojemność C9 z rezystancją wejściową aktywnego detektora wynoszącą 700Ω daje filtr o częstotliwości granicznej 4,8kHz.

Wypadkowa charakterystyka częstotliwościowa toru sterującego wygląda jak na **rysunku 3**. Poniżej częstotliwości 1,6kHz opada ona z szybkością 18dB/oktawę. Powyżej ma ona nachylenie 12dB/oktawę, przy czym 3-decybelowa częstotliwość graniczna wynosi około 6kHz. W zakresie powyżej 6kHz charakterystyka powinna być płaska (linia przerywana na rysunku 3). W praktyce, w zależności od zastosowania, stosuje się



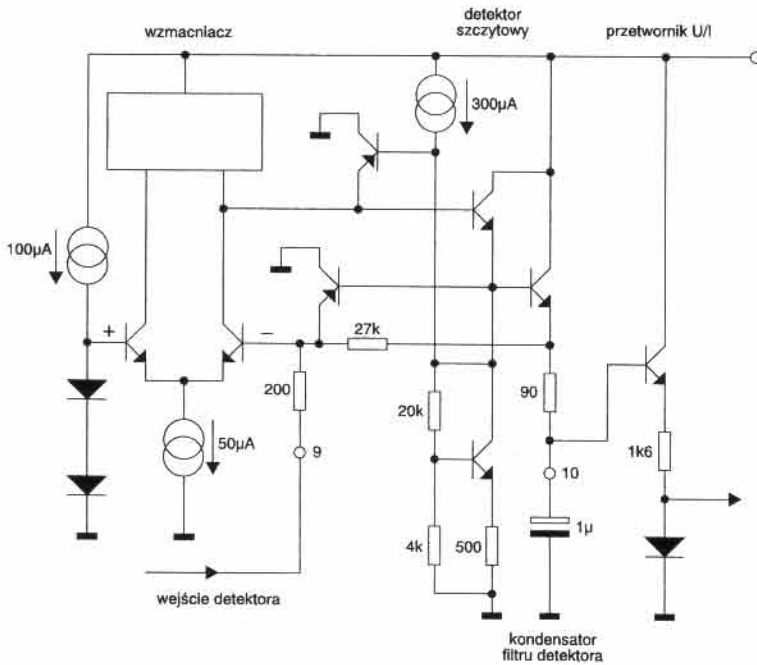
Rys. 3. Charakterystyka częstotliwościowa toru sterującego

jednak niekiedy dodatkowy filtr zaporowy 19kHz lub 15,625kHz tłumiący ewentualne resztki pilota stereo bądź przebiegu odchylenia poziomego TV. Taką charakterystykę pokazano na rysunku 3 linią ciągłą.

Aby to osiągnąć, w torze sterującym należy włączyć dodatkowy obwód rezonansowy - pułapkę składającą się z elementów R1, C7, C8 i L1. W naszym module przewidziano miejsce na taki obwód, ale w większości przypadków nie trzeba go montować. Wszystkie odbiorniki stereo powinny mieć na wyjściu filtr skutecznie tłumiący resztki pilota i podnośnej.

Z kolei wzmocnienie toru sterującego w swym pasmie przepustowym decyduje o czułości, czyli progu zadziałania systemu. W układzie służy do tego potencjometr P1. Gdy suwak tego potencjometru jest zwarty do masy, tor sterujący jest wyłączony i pasmo jest trwale ograniczone do zakresu 10Hz...1kHz. W przeciwnym położeniu czułość jest największa. Ponieważ jednak wypadkowe wzmocnienie w torze sterującym wynosi około 1000, więc może się okazać, że czułość jest za duża i nawet szumy poszerzają pasmo przenoszenia.

Zauważmy, że czułość zależy też od nominalnego poziomu sygnału użytecznego. Kostka LM1894 optymalizowana jest dla sygnałów o poziomie około 300mVrms. Jak wspomnieliśmy może ona przetwarzać sygnały znacznie większe. Jeśli jednak sygnał byłby zdecydowanie mniejszy, wzmocnienie toru sterującego może okazać się za małe do poprawnej pracy układu. W takiej sytuacji można



Rys. 4. Układ detektora

zastosować układ LM832 mający takie same funkcje (ale inny układ wyprowadzeń), który jest optymalizowany dla sygnałów rzędu 30mVrms i napięć zasilania 1,5...9V.

Trzecim ważnym zagadnieniem jest dobór stałych czasowych ataku i opadania sygnału sterującego.

Stałe czasowe narastania dźwięku rzeczywistych instrumentów muzycznych zawierają się w zakresie 0,2...200ms. Aby nie zniekształcić „najszybszych” instrumentów należałoby w naszym układzie stosować detektor z elementami filtrującymi, zapewniający czas narastania sygnału sterującego 0,2ms.

Nie jest to jednak konieczne, ponieważ ucho ludzkie nie jest w stanie zarejestrować tego rodzaju zniekształceń, o ile czas ich trwania nie przekracza 10ms.

W układzie LM1894 proponuje się wypadkową stałą czasową ataku równą 0,5ms. Układ detektora wygląda jak na **rysunku 4**. Jest to detektor jednopółkowy reagujący na ujemne składowe sygnału sterującego. Stała czasowa ataku wynika z rezystancji wewnętrznej układu aktywnego detektora (około 90Ω) i pojemności kondensatora dołączonego do nóżki nr 10.

Z kolei czas opadania wyprostowanego sygnału sterującego jest określony przez wspomnianą pojemność i wartość rezystora sprzę-

żenia zwrotnego układu prostującego (27kΩ). W układzie LM1894 z kondensatorem filtru detektora o wartości 1µF czas opadania wynosi około 200ms.

Jeśli czas opadania będzie zbyt długi, to po każdym głośniejszym pasażu przez chwilę słuchać będzie niestłumiony szum. Jeśli będzie zbyt krótki, obraz muzyczny straci plastyczność, będzie bardziej „suchy” i „płaski”.

Wartość 60...200ms jest dobrym kompromisem.

Można tu dodać, że sprawa czasów ataku i opadania w układach jednostronnej redukcji szumów nie jest tak krytyczna jak we wszystkich układach komponderowych, gdzie w szerokim zakresie

reguluje się wzmacnienie. Tam przy zbyt długiej stałej czasowej ataku może nastąpić przesterowanie i obcięcie przetwarzanego przebiegu. Tu nie ma mowy o przesterowaniu, ponieważ nie reguluje się wzmacnienia, tylko szerokość pasma przepustowego.

### Parametry układu scalonego LM1894

Istotne parametry układu scalonego zawarte są w tabeli.

Zakres amplitud sygnału wejściowego zależy od napięcia zasilającego, przy minimalnym napięciu zasilania równym 8V jest nie mniejszy niż 1Vrms. Warto zauważyć, że podane w tabeli wartości stosunku sygnał/szum mierzone są psfometrycznie i odniesione są do poziomu sygnału użytecznego równego 300mVrms. Przy większym sygnale użytecznym wartości S/N będą jeszcze lepsze, można się spodziewać wartości ponad 90dB przy minimalnym pasmie.

### Opis układu

Schemat ideowy modułu pokazano na **rysunku 5**. Jest to w zasadzie aplikacja firmowa uzupełniona kilkoma szczegółami.

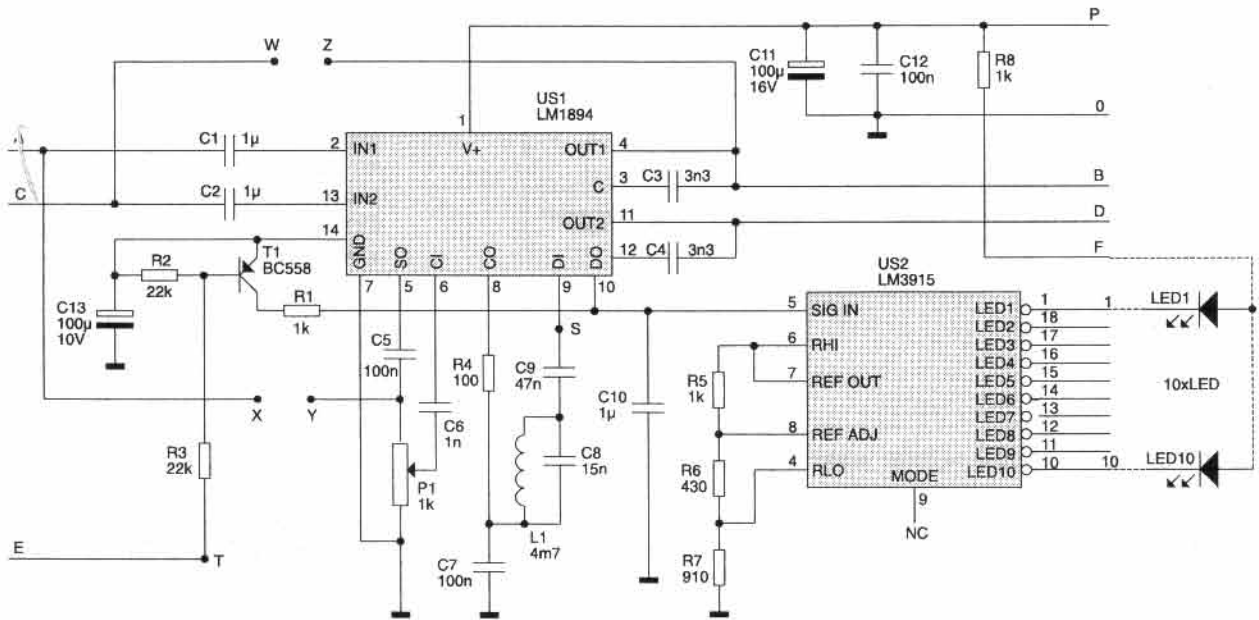
Układ przystosowany jest do zasilania napięciem pojedynczym w zakresie 8...16V.

Kondensatory C3 i C4 decydują o zakresie regulacji pasma przepustowego filtrów sterowanych. Wartość 3,3nF daje w spoczynku pasmo 10Hz...1kHz, poszerza się ono pod wpływem sygnału sterującego do 35kHz.

Zmiana wartości tych elemen-

Tab. 1. Parametry elektryczne układu LM1894

Napięcie zasilania:	8...18V, max 20V
Prąd zasilania:	typ. 17mA, max 30mA
Wzmocnienie napięciowe:	typ. 1V/V (0,9...1,1V/V)
Impedancja wejściowa:	typ. 20kΩ
Zniekształcenia nieliniowe:	typ. 0,05% max 0,1%
Wyjściowy stosunek S/N:	
- pasmo minimalne:	typ. 88dB, min 82dB
- pasmo pełne:	typ. 76dB, min 70dB
Tłumienie przesłuchu międzykanałowego:	typ. 70dB
Tłumienie tętnień zasilania:	typ. 56dB
Zmiana napięcia stałego na wyjściu:	typ. 4mV, max 20mV



Rys. 5. Schemat elektryczny modułu

tów dla wersji stereo w żadnym wypadku nie wydaje się potrzebna. Jeśli jakiś zapalony eksperymentator chciałby zmniejszyć pasmo w stanie spoczynku (zwiększając pojemności C3 i C4), to powinien pamiętać o zmianie pojemności również w torze sterującym.

Jak wspomnieliśmy wcześniej C5, P1, C6 są elementami filtra i ich wartości nie powinny być dowolnie zmieniane. Oczywiście wystarczą tu tanie kondensatory MKSE-020 lub MKT o tolerancji 10, a nawet 20%.

W zestawie AVT-241 P1 jest potencjometrem obrotowym, dołączone jest także pokrętko z tworzywa. W niektórych stałych aplikacjach korzystniej jest zastosować potencjometr montażowy.

Na rysunku 5 pokazano elementy R4, C7, C8 i L1. W większości przypadków nie są one potrzebne, nie wchodzi też w skład zestawu AVT-241. Należy je stosować tylko przy współpracy ze słabymi odbiornikami FM lub odbiornikami TV, gdzie „śmieci“ takie jak resztki pilota lub przebieg linii nie są dostatecznie słumione. Dla osiągnięcia wąskiego pasma zaporowego użyta cewka powinna mieć indukcyjność 4,7mH i dobroć rzędu 30. Częstotliwość zaporową 19kHz uzyskuje się przy pojemności C8 równej 15nF, dla zastosowań telewizyjnych C8 = 22nF.

Gdy nie stosuje się filtra zaporowego, nie należy montować

R4, C7, C8 i L1, a tylko C9 wprost między wyprowadzenia nr 8 i 9, jak pokazano na rysunku 2b.

Wyjaśnienia wymaga użycie tranzystora T1.

Służy on do wyłączania redukcji szumów. Zamiast stosować przełącznik lub przekaźnik „omijający“ nasz układ, wystarczy podać na wejście sterujące filtrów (nóżka 10) napięcie równe połowie napięcia zasilającego. Właśnie tranzystor T1 z rezystorami R1 i R2 realizują to zadanie. Wyłączenie układu redukcji następuje po zwarceniu do masy punktu E. Pasma jest wtedy maksymalne (45kHz przy C3 = C4 = 3,3nF). Sposób wyłączania ogranicznika szumów przy pomocy tranzystora T1 jest bardzo dobry, ale powinien być stosowany gdy napięcie zasilania jest nie mniejsze niż 10V.

Innym prostszym sposobem jest zwarcie wejścia detektora (nóżka 9) do masy. Na wyjściu detektora napięcie wzrośnie i też poszerzy pasmo. W tej metodzie szerokość pasma jest jednak nieco mniejsza: 17kHz przy spadku -1dB, 20kHz przy -3dB.

Sposób ten można stosować w pełnym zakresie napięć zasilających. W takim przypadku nie należy montować T1, R1, R2, a w zamian wykonać zworę między punktami S - T. Zwarcie punktu E do masy spowoduje, że układ będzie mieć pełne pasmo przenoszenia i będzie „przezroczysty“ dla sygnału.

Kostka US2 - LM3915 - sterująca linią świetlną, pełni tu rolę pomocniczą. Elementy R5, R6, R7 są tak dobrane, że przy braku sygnału sterującego świeci pierwsza dioda, natomiast ostatnia dioda zapala się, gdy filtr ma najszersze pasmo.

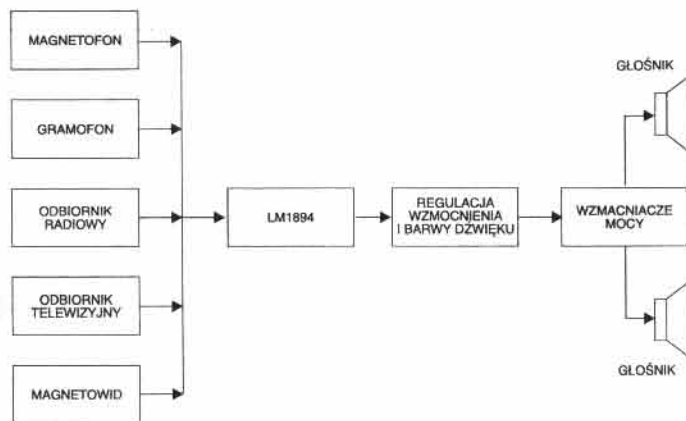
Wskaźnik ten informuje więc nie o poziomie sygnału, tylko o aktualnej szerokości pasma przepustowego naszego układu.

Jest to niewątpliwie atrakcyjne uzupełnienie naszego układu, dające interesujący efekt wizualny. Ma także zadanie praktyczne - pozwala bardzo prosto ustawić próg działania systemu. Przy regulowaniu czułości należy tu ustawić suwak potencjometru P1, aby w okresach ciszy występujące szumy powodowały chwilowe zapalenie drugiej diody LED - to wszystko.

Opcjonalne elementy US2 oraz LED1 - LED10 nie wchodzi w skład zestawu AVT-241. Układ LM3915 oraz diody o odpowiednim kolorze i kształcie można zamówić oddzielnie według oferty handlowej AVT.

Układ może być w prosty sposób przerobiony na wersję mono.

Uzyskuje się wtedy filtr dwustopniowy, o szybkości opadania charakterystyki w pasmie zaporowym 12dB/oktawę. Zwiększa to skuteczność redukcji szumów nawet do 17...18dB. W takiej sytuacji dla zachowania minimalnej częstotliwości granicznej równej



Rys. 7. Umieszczenie modułu w torze elektroakustycznym

1kHz należy zmniejszyć pojemności C3 i C4 do 2,2nF.

Wejściem układu jest wtedy punkt A, wyjściem - punkt D. Dla połączenia obu kanałów w szereg należy wykonać zworę między punktami W, Z, a kondensator C5 wlotować między punkty X, Y. W tej sytuacji pominięty zostanie wzmacniacz sumujący w torze sterującym. Należy przy tym zwrócić uwagę, że źródło sygnału w zakresie większych częstotliwości będzie obciążone stosunkowo niewielką rezystancją P1. Jeśli źródło sygnału nie może być tak obciążone, można zmienić wartości elementów C5 i P1 na 10nF i 10kΩ.

Jeden z prezentowanych na fotografiach modeli wykonano w wersji stereo (ten z LM3915 i LED-ami), drugi w wersji mono.

### Montaż i uruchomienie

Montaż układu na płytce drukowanej przedstawionej na **rysunku 6** nie sprawia trudności.

Układ zbudowany ze sprawnych elementów nie wymaga uruchomienia.

Jedyną regulacją jest ustawienie czułości toru sterującego za pomocą potencjometru P1.

Na płytce przewidziano miejsce na potencjometr montażowy,

a w niektórych zastosowaniach można go zastąpić dwoma rezystorami o sumarycznej rezystancji 1kΩ. Zazwyczaj korzystniejsze okaże się jednak użycie normalnego potencjometru i umieszczenie go na płycie czołowej urządzenia.

Przy braku wskaźnika w postaci US2 regulację z dobrym skutkiem można przeprowadzić po prostu „na słuch”.

### Wskazówki aplikacyjne

Miejsce umieszczenia w torze elektroakustycznym.

Ponieważ na działanie układu wpływa także poziom sygnału użytecznego, moduł powinien być umieszczony przed regulatorem głośności i pewnie także i barwy. Pokazuje to **rysunek 7**.

Jeśli umieszczony byłby za regulatorem wzmocnienia, to w zależności od ustawionej głośności należałoby zmieniać czułość układu DNR, a przy małych poziomach układ w ogóle nie mógłby pracować poprawnie.

Z drugiej jednak strony należy pamiętać, że wszystkie szумы mające źródło za układem redukcji szumów pojawiają się w głośniku. Jeśli na przykład za modulem AVT-241 umieszczony będzie ak-

tywny regulator głośności czy barwy oraz szumiący wzmacniacz mocy, to przy małej głośności może się okazać, iż wypadkowy stopień redukcji szumów jest sporo mniejszy niż wynika to z parametrów samego układu LM1894. Przyczyną będą szумы regulatora i wzmacniacza, nie ulegające przecież redukcji. Dlatego przy stosowaniu modułu w urządzeniach wyższej klasy należy starannie przemyśleć a może wypróbować miejsce i sposób umieszczenia układu w torze sygnałowym.

**Piotr Górecki, AVT**

### WYKAZ ELEMENTÓW

#### Rezystory

R1, R5, R8: 1kΩ  
R2, R3: 22kΩ  
R4: 100Ω\*  
R6: 430Ω  
R7: 910Ω  
P1: 1kΩ B

#### Kondensatory

C1, C2, C10: 1μF unipolarny  
C3, C4: 3,3nF  
C5, C7\*: 100nF  
C6: 1nF  
C8: 15nF (22nF)\*  
C9: 47nF  
C11, C13: 100μF/16V  
C12: 100nF ceram.

#### Półprzewodniki

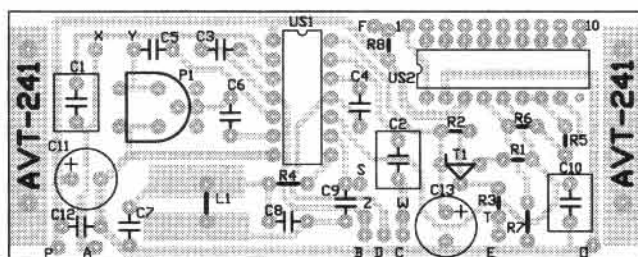
T1: BC558  
LED1-10: dowolne\*  
US1: LM1894  
US2: LM3915\*

#### Różne

L1: 4,7mH Q>30\*  
płytką drukowaną  
pokrętko potencjometru P1

#### Uwaga!

Elementy L1, C8, R4, C7, US2 i LED1...LED10 nie wchodzi w skład zestawu AVT-241.



Rys. 6. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej