

Kondensatory	
C7*, C20*	– 3,3 pF/50 V ceramiczny, patrz opis w tekście
C2, C24	– 470 pF/50 V ceramiczny
C6*, C22*	– 1 nF/50 V ceramiczny, patrz opis w tekście
C27	– 10 nF/250 V MKSE-20
C13, C16	– 22 nF/250 V MKSE-20
C32÷C35	– 47 nF/50 V ceramiczny
C9	– 100 nF/63 V MKSE-20
C14*, C15*	– 100 nF/400 V MKSE-20, patrz opis w tekście
C5*, C18*	– 1 μ F/63 V, patrz opis w tekście

C12	– 1 μ F/63 V
C1, C23	– 2,2 μ F/50 V
C4, C10, C17	– 10 mF/63 V
C31	– 22 μ F/25 V
C11, C19, C25, C26	– 47 μ F/63 V
C8, C21	– 100 mF/16 V
C3	– 100 mF/63 V
C30	– 470 μ F/25 V
C28, C29	– 10.000 μ F/63 V
Inne	
TR1*	– TST 300/022, patrz opis w tekście
TR2	– TS 4/34
L1*, L2*	– patrz opis w tekście
Pk1	– miniatury 12 V
WŁ1	– przełącznik dźwigienkowy Jednosekcyjny
M	– wentylator 10×10 cm 12 V

radiator 1	– jednostronnie żebrowany wysokość 14 cm
radiator 2	– jednostronnie żebrowany wysokość 8 cm
radiator 3	– niewielki radiator dwustronnie żebrowany wysokość ok. 10 cm
płytki drukowane numer 592	

Płytki drukowane wysyłane są za zaliczeniem pocztowym. Płytki można zamawiać w redakcji PE.

Cena: płytki numer 592 – 17,50 zł
+ koszty wysyłki (10 zł).

♦ mgr inż. Dariusz Cichoński

Przestrzajany filtr aktywny do subwoofera

Słowo subwoofer zadomowiło się w języku polskim na dobre. Mimo tego tak naprawdę niewiele osób wie dokładnie co ono oznacza. Znaleźć je można tylko w słownikach technicznych. *Woof*er to po prostu głośnik niskotonowy. Natomiast przedrostek *sub* oznacza coś pod, poniżej. Czyli mamy kolejny typ głośnika ultraniskotonowego jak chyba należało by nazwać ten wynalazek w języku polskim. Aktywny filtr do głośnika ultraniskotonowego pozwala rozwiązać wiele problemów związanych z dobrym odbiorem najniższych częstotliwości jakie możemy spotkać w naszych ulubionych nagraniach.

Od początku rozwoju elektroakustyki odtwarzanie częstotliwości ze skrajów pasma akustycznego stanowiło duże problemy techniczne. Na początku w erze wzmacniaczy lampowych tony wysokie przyprawiały o ból głowy nie jednego projektanta. Wszystko to za sprawą transformatora wyjściowego, który był nieodłącznym elementem każdego wzmacniacza. Pojemności rozproszone uzwojenia pierwotnego skutecznie tłumiły częstotliwości powyżej 10 kHz. Jedynym sposobem wybrnięcia z tej trudnej sytuacji było dzielenie uzwojeń na sekcje. Taki transformator przypominał dzieło sztuki przestrzennej nawiniętej na karkasie. Oczywiście podnosiło to koszt samego transformatora.

Era wzmacniaczy tranzystorowych usunęła na bok problem tonów wysokich, przynajmniej po stronie wzmacniacza. Pozostały jeszcze głośniki. Także i to udało

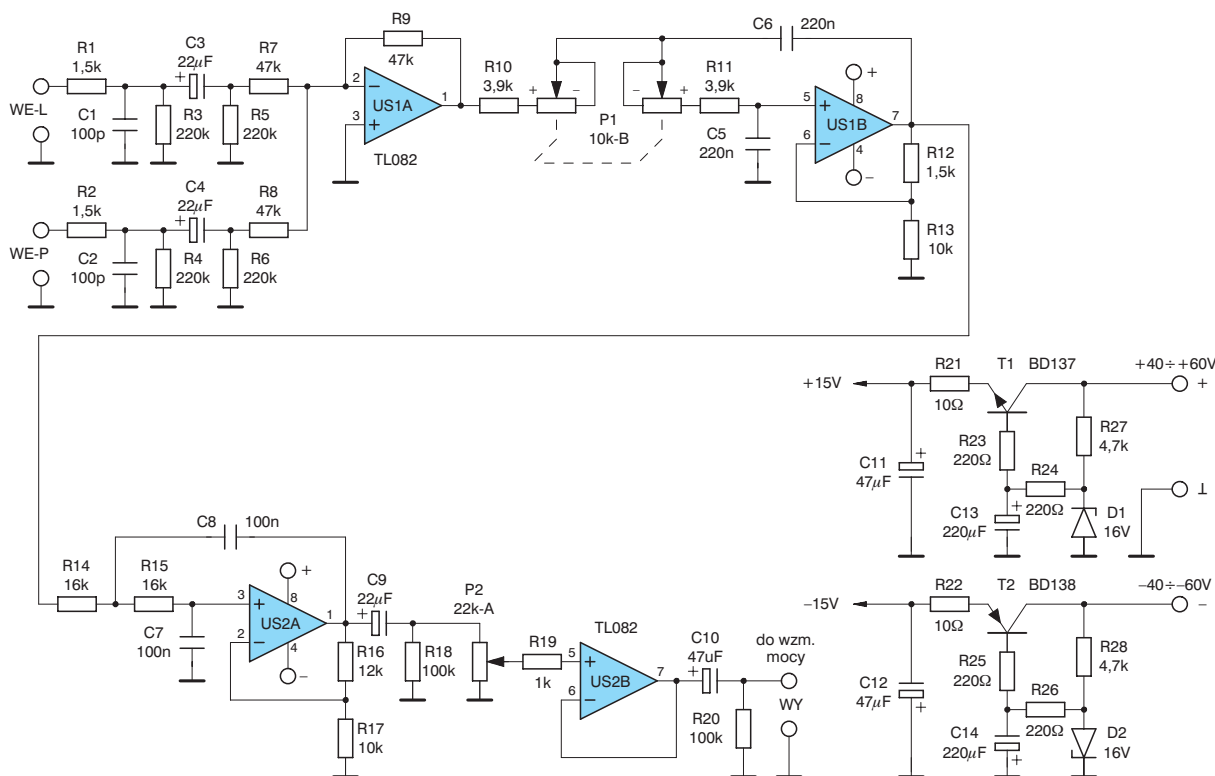
się dość szybko rozwiązać i to dzięki amatorom, którzy wpadli na pomysł głośnika kopułkowego. Jako kopułkę w konstrukcjach amatorskich stosowano połówkę skorupki jajka. Materiał bardzo sztywny i równocześnie lekki.

Kłopoty z przenoszeniem tonów niskich zawsze tkwiły po stronie przetworników, czyli głośników i obudów głośnikowych. Przyczyną były i są w dalszym ciągu niezmiennie, w całym pojętym Wszechświecie, prawa fizyki. Nakładają one wymogi dotyczące głośników i obudów i im trzeba się podporządkować. W miarę upływu lat i rozwoju technologii materiałów w tym magnesów udało się pokonać kłopoty z tonami niskimi. Mimo tego zestawy które dobrze przenoszą najniższe częstotliwości z pasma akustycznego są najdroższe. Jak twierdzi wielu melomanów w kolumnie płaci się za basy. To

prawda, nawet w kolumnie średniej jakości można zamontować stosunkowo tani głośnik wysokotonowy taki sam jak w kolumnie wyższej klasy. Obie kolumny „górze” będą odtwarzać podobnie. Natomiast dół będzie się już różnił bardzo mocno.

Najtańsze kolumny nie przenoszą nawet częstotliwości poniżej 150 Hz. Te trochę lepsze zaczynają grać od 80÷100 Hz. Całkiem dobre zestawy mogą „pociągnąć” od częstotliwości rzędu 40 Hz. Najlepsze zaczynają w okolicach 28 Hz. Generalna zasada dobrych tonów niskich jest głośnik niskotonowy o dużej średnicy i obudowa o dużych wymiarach. To pociąga za sobą koszty i to znaczne. Rozwiązaniem ekonomicznym jest wykorzystanie pewnej właściwości tonów niskich. Nie są one kierunkowe. Na tonach niskich nie jesteśmy w stanie zauważyć z którego kierunku dobiega dźwięk. Dzięki temu można zrezygnować z dwóch kanałów i najniższe tony pasma akustycznego odtwarzać przy pomocy oddzielnego, pojedynczego zestawu niskotonowego, nazywanego z angielska subwooferem.

Oprócz obniżenia kosztów takie rozwiązanie posiada jeszcze jedną zaletę, ważną w małych pomieszczeniach. Główne kolumny głośnikowe mogą być znacznie mniejsze, gdyż nie muszą się „męczyć” z tonami najniższymi. Ułatwia to dobre pod względem odsłuchu stereofonicznego posadowienie kolumn w pokoju. Subwoofer może leżeć na podłodze byle gdzie.



Rys. 1 Schemat ideowy filtru aktywnego do subwoofera

Idea subwoofera pozwala także na modernizację istniejącego zestawu głośnikowego. Wystarczy tylko zbudować dodatkowy, monofoniczny wzmacniacz mocy i kolumnę głośnikową – subwoofer. Pozostaje jeszcze „zgranie” zestawu podstawowego z subwooferem, przy czym pomocny będzie opisany poniżej przestrzany filtr aktywny.

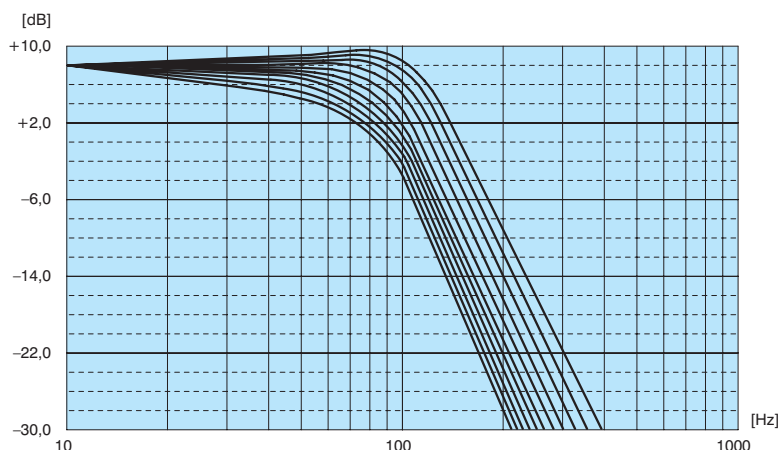
Każda kolumna głośnikowa charakteryzuje się spadkiem efektywności na krańcach

odtwarzanego pasma akustycznego. Subwoofer z założenia przenosi tony niższe niż zestaw podstawowy. Natomiast część pasma obejmująca wyższe partie tonów niskich będzie odtwarzana zarówno przez subwoofer jak i przez kolumny podstawowe dając nieprzyjemne wzmocnienie na częstotliwościach leżących w okolicach 80÷150 Hz. Objawia się to dudniącym i głuchym odtwarzaniem dźwięku, który w tym paśmie zaczyna dominować.

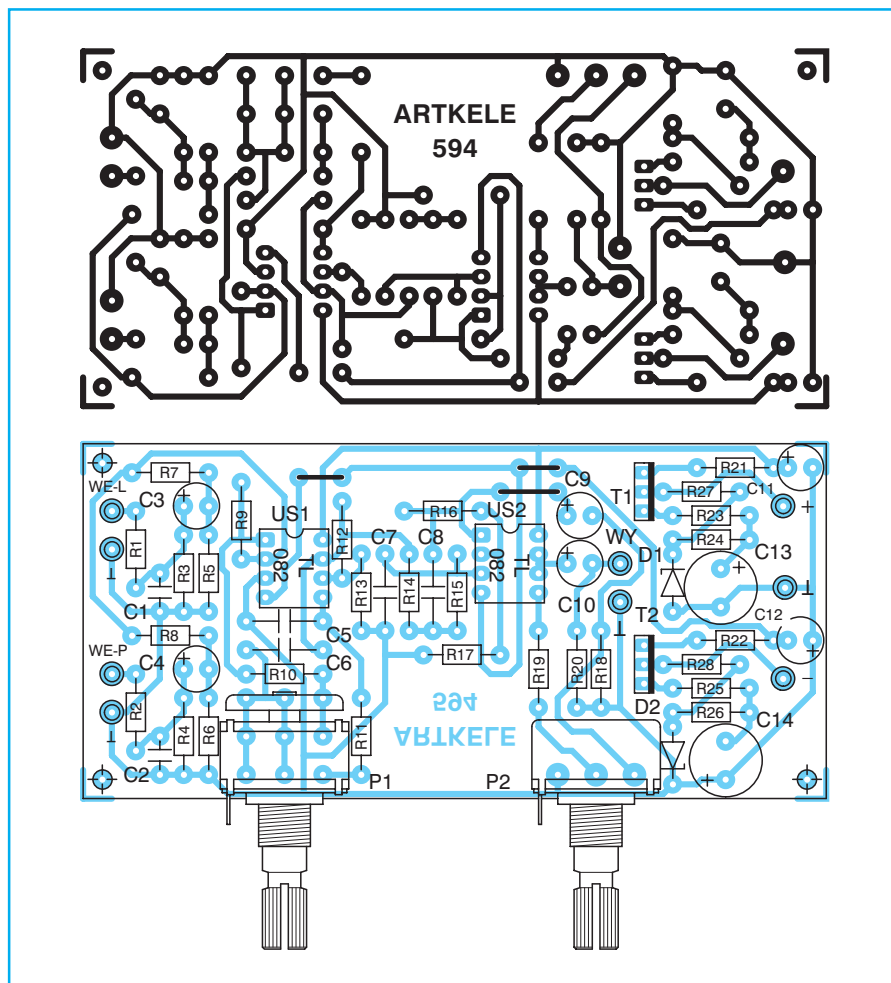
Filtr aktywny pozwala na bezproblemowe „wycięcie” tonów powyżej pewnej ustawianej potencjometrem granicy. Dzięki temu można dobrać górne pasmo przenoszone przez subwoofer zgodnie z upodobaniami słuchacza. Inną zaletą filtru jest możliwość podłączenia wzmacniacza mocy bezpośrednio do głośników niskotonowych. W ten sposób eliminuje się kłopotliwe w wykonaniu zwrotnice głośnikowe. Taki podłączenie wpływa też korzystnie na elektryczne tłumienie głośnika, poprawiając jego brzmienie. Dźwięk jest krótszy i mniej dudniący, a „stopka” ostra. Stopka to po prostu wielki bęben w perkusji.

Opis układu

Jak już wspomniano wcześniej kanał oddzielnego subwoofera z reguły jest monofoniczny. Dlatego też trzeba na jego wejściu zsumować sygnały lewego i prawego kanału. Funkcję tę spełnia sumator zbudowany na wzmacniaczu operacyjnym US1A. Mała impedancja wyjściowa pozwala umieścić bezpośrednio za sumatorem filtr donoprzepustowy Czebyszewa, o stromo opadającym zbroczu.



Rys. 2 Charakterystyki przenoszenia filtru



Rys. 3 Płytki drukowana i rozmieszczenie elementów.

Częstotliwość odcięcia filtra regulowana jest stereofonicznym potencjometrem P1. Dla zastosowań akustycznych filtr nie musi być doskonały i dlatego możliwe było zastosowanie potencjometru stereofonicznego, który niestety nie posiada dobrej współbieżności obu sekcji. Sprawę trochę poprawia fakt, że jest to potencjometr liniowy, który z założenia zawsze ma lepszą współbieżność niż potencjometr logarytmiczny. W części opadającej nacylenie charakterystyki wynosi 12 dB/okt. Uzupelnieniem filtra przestrzajanego jest nieprzestrzajalny filtr dolnoprzepustowy zrealizowany na wzmacniaczu operacyjnym US2A. Częstotliwość odcięcia tego filtra wynosi ok. 150 Hz. Wypadkowe charakterystyki obu filtrów dla różnych położeń suwaka potencjometru zamieszczono na rysunku 2.

Za filtrami znajduje się potencjometr regulacji siły głosu. Umożliwia on dokładne dobranie głośności dźwięku wytwarzanego przez subwoofer. Skutkiem tego można „zgrać” subwoofer z zestawami zasadniczymi. Jest to niezbędne, gdyż najczęściej efektywność, czyli sprawność zamiany energii elektrycznej na energię fali aku-

stycznej, subwoofera będzie się różniła od efektywności zestawów zasadniczych.

Układ zasilany jest bezpośrednio ze wzmacniacza mocy, co upraszcza całe urządzenie. Z uwagi na wysokie napięcie zasilania końcówek, wynoszące $\pm 40 \pm 60$ V zastosowano prosty parametryczny stabilizator szeregowy z filtrem aktywnym. W układzie takim filtracja jest dwustopniowa. Pierwszym członem filtracyjnym jest dioda Zenera. Drugi człon filtracyjny to mnożnik pojemności. Jest on utworzony z kondensatora C13 i tranzystora T1. Efektem działania tego układu jest zwiększenie pojemności C13 tyle razy ile wynosi wzmocnienie prądowe tranzystora T1. Tranzystory średniej mocy charakteryzują się w zależności od typu wzmocnieniami prądowymi rzędu 40÷100. Zatem pojemność jaka jest symulowana po stronie obciążenia ma wartość rzędu $8800 \pm 22000 \mu\text{F}$. Tak duża pojemność kondensatora filtra zapewnia wystarczające tłumienie tętnień napięcia zasilającego.

Wykonanie filtra nie wymaga żadnych wielkich umiejętności. Wystarczy tylko zamontować wszystkie elementy na płyt-

ce drukowanej i urządzenie jest gotowe do pracy.

Regulacja polega na subiektywnym dobraniu częstotliwości granicznej filtra i poziomu sygnału odtwarzanego przez subwoofer. W zasadzie nie ma ogólnych wskazówek czym kierować się przy regulacjach. Jedyne co można poradzić to przeprowadzanie regulacji przy średniej głośności odtwarzania muzyki dla różnych nagrań. Najlepiej wybierać nagrania które są dobrze znane (osłuchane) wtedy zdecydowanie łatwiej uda się wychwycić różnice brzmienia.

Życzę miłej zabawy i dobrego odsłuchu.

Wykaz elementów:

Półprzewodniki

US1, US2	– TL 082
T1	– BD 137, średniej mocy npn $U_{CE} > 60$ V
T2	– BD 138, średniej mocy pnp $U_{CE} > 60$ V
D1, D2	– dioda Zenera 16 V/50 mW

Rezystory

R21, R22	– 10 Ω /0,25 W
R23÷R26	– 220 Ω /0,25 W
R19	– 1 k Ω /0,125 W
R1, R2,	
R12	– 1,5 k Ω /0,125 W
R10, R11	– 3,9 k Ω /0,125 W
R27, R28	– 4,7 k Ω /0,5 W
R13, R17	– 10 k Ω /0,125 W
R16	– 12 k Ω /0,125 W
R14, R15	– 16 k Ω /0,125 W
R7÷R9	– 47 k Ω /0,125 W
R18, R20	– 100 k Ω /0,125 W
R3÷R6	– 220 k Ω /0,125 W
P1	– 10 k Ω -B RV 16LN (PH) 15KQ
P2	– 22 k Ω -A RV 16LN (PH) 15KQ

Kondensatory

C1, C2	– 100 pF/50 V ceramiczny
C7, C8	– 100 nF/50 V MKSE-20
C5, C6	– 220 nF/50 V MKSE-20
C3, C4, C9	– 22 μF /25 V
C10	– 47 μF /16 V
C11, C12	– 47 μF /25 V
C13, C14	– 220 μF /25 V

płytki drukowana numer 594

Płytki drukowane wysyłane są za zaliczeniem pocztowym. Płytki można zamawiać w redakcji PE.

Cena: płytki numer 594 – 5,30 zł
+ koszty wysyłki (10 zł).