

Aktywne filtry górno i dolnoprzepustowe

Wstęp, czyli stare dobre czasy...

Na podstawach elektrotechniki miałem wałkowane kilka miesięcy o wzmacniaczach operacyjnych. Tematyka podejmowanych tam zagadnień znaczącą zniechęciła mnie do dalszych eksperymentów. Zastanawiałem się podczas kolejnych nic nie znaczących tematów lekcji, do czego można wykorzystać wiedzę w zakresie budowy takich aplikacji wzmacniaczy operacyjnych jak: wzmacniacz różnicowy, całkujący, sumujący, mnożący.... Może zrobić komputer analogowy ☺ Nie w obecnej chwili takie urządzenie nie znalazłoby zastosowania. Stałem, więc przed ciężkim zadaniem. W sumie są to ładne trójkąty (chodzi o symbol), ale w dalszym ciągu nie wiedziałem co z nimi zrobić. W końcu natknąłem się na książkę poświęconą całkowicie wzmacniaczom nie tylko operacyjnym. Patrząc na te wszystkie wzory, będąc już załamany pod względem psychicznym oraz brakiem nowych pomysłów sięgnąłem po gotowe rozwiązanie przykładowego filtra z kilkoma prostymi wzorami na obliczenie elementów. Kamień spadł z serca i przystępując do symulacji wprowadziłem pierwsze zmiany w układzie, dowiadując się jednocześnie podstawowych zależności częstotliwości przepustowej od wartości elementów (cały czas sądzę, że wzory nigdy nie zastąpią praktyki). W układzie powoli pojawiały się nowe funkcje – przykładowo tłumienie sygnału w zależności od położenia suwaka potencjometru.

Przyszła w końcu finał i oto przed Państwem układ filtra niskich i wysokich tonów. Po co to, komu? Właściwie na początku, obawiając się alternatywnych rozwiązań typu korektor w komputerze, nie wiedziałem jak dobrze przedstawić układy, aby wzbudziły zainteresowanie. Po dłuższym namyśle układ o uwydatnieniu niskich tonów można wykorzystać podczas tworzenia subwoofera. Znając już duże zainteresowanie takimi urządzeniami, na pewno zostanie zwrócona uwaga na takie rozwiązanie.

Pozostała kwestia wykorzystania filtra górnoprzepustowego służącego do wzmocnienia wysokich tonów. Jak na razie konkretne zastosowanie nie przychodzi mi do głowy. Układ jednak może służyć podobnie jak subwoofer do wzmocniania aktywnego wysokich tonów specjalnie dla potocznie mówiąc „gwizdka” Do tej pory dołączaliśmy do takiego głośnika kondensator, a teraz wyodrębnione zostanie pasmo już za końcówką mocy. Jest to bardzo ważne – nie powstają żadne zniekształcenia i nie zostaje zredukowana moc!

W każdym razie układy filtrów znajdą wszędzie zastosowanie, gdzie zależy nam na wydzieleniu i wzmocnieniu określonego pasma częstotliwościowego sygnału m.cz. (audio).

Opis wzmacniaczy operacyjnych serii TL071 i TL072

TL071 zawiera swej strukturze jeden wzmacniacz operacyjny, natomiast TL072 – dwa. Podstawowe parametry obu układów scalonych są jednakowe i przedstawiają się następująco:

Zasilanie: +/-15V

Moc: 680mW

Rezystancja wejściowa: $10^{12} \text{ m}\Omega$

Zawartość wszystkich harmoniczných: 0,01%

Maksymalne napięcie wejściowe: 10mV

Dokładne opisy układów scalonych TL071 oraz TL072 można znaleźć na witrynie internetowej Elektronika Hobby w dziale katalog:

<http://www.elektronika.basnet.pl/katalog/katalog.html>

Opis filtrów

Urządzenie składa się z dwóch modułów – nastawnika wysokich i niskich tonów połączonych szeregowo (rys. 1). Jednak każdy nastawnik może pracować oddzielnie redukując w ten sposób odpowiednie pasmo częstotliwościowe (rys. 2 i 3).

Na układzie U1a został zbudowany filtr górnoprzepustowy, którego własności częstotliwościowe zależą od elementów C3, R3 i oczywiście od P1 znajdujących się w pętli sprzężenia zwrotnego. Częstotliwość graniczna wynosi 2kHz i może być z łatwością dopasowana do własnych potrzeb poprzez zmianę C3.

Na układzie U1b został zbudowany filtr dolnoprzepustowy, którego własności częstotliwościowe zależą od elementów C4, R6 oraz P2 znajdujące się w pętli sprzężenia zwrotnego. Częstotliwość graniczna wynosi 350Hz i może być z łatwością zmieniana przez zmianę wartości C4. Jest wskazane zastosowanie na wyjściu układu dodatkowego wzmacniacza buforującego sprzężonego pojemnościowo – opisywany układ przy maksymalnym wzmocnieniu wzmacnia napięcie offsetu ok. 4 razy.

Testy przeprowadzono na oddzielnych nastawnikach dla tonów wysokich i niskich znajdujących się odpowiednio na rysunkach 2 i 3. Chociaż wykorzystano układ TL072, to do budowy jednego, wybranego

filtru wystarczy układ scalony zawierający tylko jeden wzmacniacz operacyjny – TL071, ale pamiętając o innych wyprowadzeniach tego scalaka. Warto zwrócić uwagę na rezystor R4, którego wartość przy połączeniu szeregowym filtrów wynosi $1\text{M}\Omega$, a podczas pracy oddzielnej nastawnika dolnoprzepustowego rezystancja jest równa $47\text{k}\Omega$.

Montaż i regulacja

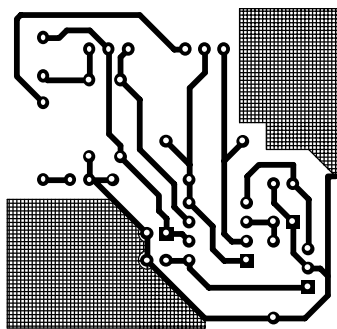
Dwa filtry aktywne połączone szeregowo zmontowano na jednej płytce drukowanej przedstawionej na rysunku 4. W przypadku chęci wykorzystania tylko jednego filtra możemy użyć metody pajęczarskiej – zezwala na to prostota urządzenia. Na początku montujemy najmniejsze elementy, kończąc na podzespołach o większych gabarytach. Regulacji wysokich i niskich tonów dokonujemy za pomocą potencjometrów P1 i P2. Obojętnie, który układ zrobimy pamiętajmy, że wyjścia filtrów aktywnych podłączamy przed wzmacniaczem końcowym.

Działanie

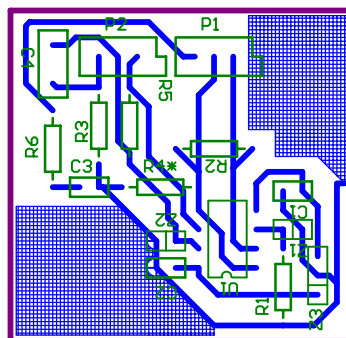
Po zakończonej treści teoretycznej przyszedł czas na przedstawienie wad i zalet, które zostały dostrzeżone podczas testów praktycznych. Zarówno filtr górnoprzepustowy jak i dolnoprzepustowy nie likwidował w pełni innych częstotliwości, powodując jedynie uwydatnienie lub osłabienie (zależnie od położenia potencjometru) wybranego pasma. Ma to jednak swoje dobre strony. Dlaczego? Przecież w przypadku całkowitej likwidacji przez filtr górnoprzepustowy pasma częstotliwości poniżej 2kHz , filtr dolnoprzepustowy, który połączony jest szeregowo z górnoprzepustowym nie miałby co wzmacniać! Takie same zjawisko występuje w innym przypadku. Wyobraźmy sobie, że filtr górnoprzepustowy uwydatnił wysokie częstotliwości, a filtr dolnoprzepustowy je po prostu zlikwidował ☺ Dlatego tak ważne jest, aby filtry nie likwidowały w pełni innych częstotliwości, a jedynie wzmacniały swoje pasmo. Po doprowadzeniu wyjścia filtrów połączonych szeregowo do wzmacniacza końcowego uzyskamy w ten sposób tradycyjny regulator barwy tonu, znajdujący się w każdym lepszym urządzeniu audio.

Autor: Kamil Gulczuk
elektronika@basnet.pl

Wersja źródłowa projektu (w programie Protel 99SE) jest dostępna na witrynie internetowej Elektronika Hobby pod adresem:
<http://www.elektronika.basnet.pl/protel/protel.html>



Rys. 4. Wzór płytki dwóch filtrów.



Rys. 5. Schemat montazowy.