

Prosty filtr audio na układzie MAXIM

Do czego to służy?

Jednym z podstawowych parametrów każdego układu odbiorczego jest selektywność, czyli zdolność do wydzielenia sygnału użytkowego spośród szerokiego widma sygnału wejściowego. Głównym czynnikiem decydującym o tym parametrze jest szerokość filtra pośredniej częstotliwości.

Większość odbiorników radiokomunikacyjnych zarówno w wykonaniu amatorskim, jak i fabrycznym jest przeważnie przeznaczonych do odbioru kilku emisji i z reguły mają uproszczone filtry, przygotowane do odebrania najszerszego sygnału. W przypadku modulacji AM lub FM jest to około 6kHz i pasmo audio musi być zdolne do przepuszczenia właśnie takich sygnałów. Natomiast w odbiornikach jednowstęgowych SSB filtr ma szerokość 2,2–3kHz, co dla sygnałów telegraficznych CW na pewno jest za dużo. Operator odczytujący sygnały telegraficzne może czuć się zmęczony odbiorem, tym bardziej że jego ucho będzie narażone na dodatkowe zakłócenia o szerokim zakresie częstotliwości, a wtedy nawet tak zwane „klikisy” kluczowania stacji korespondenta mogą być bardzo dokuczliwe.

Oczywiście dużą rolę dla komfortu odbioru odgrywają zastosowane słuchawki, które przeważnie są projektowane z zapasem w celu uzyskania dobrej jakości odtwarzania. Użyte słuchawki Hi-Fi mają płaską charakterystykę aż do 20kHz i dodatkowo sprzyjają

przepuszczaniu wszelkich zakłóceń dodatkowo utrudniających odbiór.

Niestety w ostatnim czasie mamy do czynienia z coraz większym poziomem zakłóceń od coraz większej liczby użytkowników eteru. Z tego też względu użytkownicy, zarówno starszych, jak i nowszych transceiverów, montują wewnątrz odbiorników dodatkowe filtry kwarcowe zawężające pasmo, a także specjalne mikroprocesorowe moduły układów DSP.

Układy takie są dość kosztowne, ale powodują podniesienie komfortu odbioru przez eliminację męczącego szumu (szum biały, szum liniowy, syczenie...) oraz wycinają sygnały przedostające się spoza pasma częstotliwości, które nas interesuje.

Innym sposobem na poprawienie selektywności układu odbiorczego jest zastosowanie w torze małej częstotliwości dodatkowego filtru audio o regulowanej szerokości przepuszczanego pasma. Filtry takie są budowane z reguły na popularnych wzmacniaczach operacyjnych i zawierają dużą liczbę elementów RC, co przy zmianie szerokości pasma stanowi dodatkowe utrudnienie konstrukcyjne. Dzięki układom MAXIM filtr może być bardzo prosty.

Jak to działa?

W proponowanym filtrze audio wykorzystano jeden z układów MAXIM

(autor użył MAX295, bo tylko taki uzyskał, jako sample do wcześniej konstruowanego kitu AVT), w którym konstruktorzy zastosowali nowoczesną, lecz mało znaną technologię filtrowania z użyciem układów z przełączaną pojemnością (SC).

Są to scalone filtry dolnoprzepustowe ósmego rzędu z komutowanymi pojemnościami, które w dużym przybliżeniu pracują na zasadzie cyklicznego przełączania pojemności na przemian do wejścia i wyj-

Zakres częstotliwości granicznych	Charakterystyka przenoszenia		
	Bessela	Butterwortha	eliptyczna
0,1Hz – 25kHz	MAX292	MAX291	MAX293 MAX294
0,1Hz – 50kHz	MAX296	MAX295	MAX297

Tab. 1

Tab. 2

Napięcie zasilania		12 V
Zakres napięć wejściowych		+/- 0,3V
Moc strat	Obudowa plastikowa DIP 8 n.	727mW
	Obudowa SO 8-nóżkowa	471mW
	Obudowa SO 16-nóżkowa	762mW
	Obudowa ceramiczna 8 n.	640mW

ścia układu (i próbkowania w ten sposób filtrowanego sygnału).

Filtry SC mają konstrukcję podobną do zwykłych filtrów analogowych, jednak rezystory zastąpiono w nich układami kondensatorów i kluczy, przełączanych z zadaną częstotliwością taktowania. Umożliwia to konstruowanie filtrów wysokich rzędów jako pojedynczych układów scalonych. Zaletami filtrów tego typu są małe rozmiary i liczba elementów w porównaniu z filtrami analogowymi o podobnej charakterystyce oraz zależność częstotliwości pracy od częstotliwości taktowania.

Dostępne układy MAX291, MAX292, MAX295 i MAX296 mogą pracować w zakresach 0,1Hz do 25 lub 50kHz i zapewniają charakterystyki przenoszenia typu Butterwotha (maksymalnie płaskie o liniowej charakterystyce fazowej niezbędnej w układach impulsowych) albo Bessela (z nieznacznym zafalowaniem i nieliniową charakterystyką fazową, ale z szybszym opadaniem w zakresie zaporowym). Dolnoprzepustowe filtry MAX293, MAX294 i MAX297 tej samej firmy oferują eliptyczną charakterystykę przenoszenia tzn. charakterystykę wykazującą zafalowania w zakresie zaporowym, a nie tylko ewentualnie w zakresie przenoszenia (charakterystyka fazowa filtru eliptycznego jest nieliniowa).

Układy MAX293 i MAX297 charakteryzują się szybkim opadaniem charakterystyki przenoszenia i tłumieniem -80dB w zakresie zaporowym, natomiast MAX294 daje jeszcze szybsze opadanie charakterystyki, ale tłumienie w zakresie zaporowym wynosi -58dB . Dostępne są układy w wersjach 8- i 16-nóżkowych.

Poziom szumów i zniekształceń nieliniowych wnoszonych przez filtry wynosi -70dB . Częstotliwości graniczne filtrów są zależne od ich częstotliwości komutacji (zegarowych), dzięki czemu filtry te mogą być w łatwy sposób przestrajane w szerokim zakresie częstotliwości. Posiadają one wbudowany generator częstotliwości komutacji wymagający jedynie dołączenia kondensatora, ale możliwe jest także podłączenie zewnętrznego generatora zegarowego.

Najważniejsze parametry filtrów przedstawiono w tabelach 1 i 2.

Układy mogą być zasilane niesymetrycznie lub symetrycznie, byleby nie przekroczyć maksymalnej wartości 12V ($\pm 6\text{V}$).

Wyprowadzenia zastosowanego układu pokazano na rysunku 1, zaś schemat filtru z użyciem układu MAX 295 na rysunku 2. Pasma przenoszenia filtru jest ustawiane potencjometrem P1, który poprzez zmianę napięcia zasilania diody pojemnościowej D1 BB112 zmienia jej pojemność. W konsekwencji następuje zmiana wypadkowej pojemności dołączonej do nóżki 1. Jak już podano, częstotliwość graniczna jest ściśle powiązana z częstotliwością zegarową, co pozwala

na łatwe przestrajanie filtru przez zmianę zewnętrznej pojemności dołączonej do nóżki 1 (w bardziej rozbudowanych układach do tego punktu jest doprowadzany sygnał z przestrajanego zewnętrznego układu generatora). Dodatkowym przełącznikiem można dołączyć dobrany kondensator zawężający pasmo przenoszenia (bez tego kondensatora filtr pracuje w zakresie SSB).

Dzięki dzielnikowi napięcia R1/R2 układ elektroniczny jest zasilany z jednego źródła 5V (przy podwyższeniu napięcia zasilania zmienia się jedynie pasmo przenoszenia).

Montaż i uruchomienie

Modelowy układ elektroniczny jest tak prosty, że został wykonany na kawałku uniwersalnej płytki drukowanej. Następnie została zaprojektowana do niego płytka drukowana, którą pokazuje rysunek 3.

Zbadanie charakterystyki przenoszenia można wykonać, podając na wejście sygnał z generatora m.c. (0,01 – 10kHz), a do wyjścia podłączając oscyloskop. W

układzie modelowym zakres opadania charakterystyki filtru dolnoprzepustowego (z samą diodą pojemnościową; SSB) zaczynał się od 2kHz. Ten poziom występował przy napięciu na katodzie diody D1 bliskim „0” (suwak potencjometru w pobliżu masy). Wzrost napięcia zaporowego na diodzie powodował przesuwanie charakterystyki w górę (coraz szersze pasmo przenoszenia, czyli do pracy od SSB aż do FM i AM).

Chcąc zawęzić pasmo przenoszenia, a więc wykorzystać filtr CW czy RTTY, należy dołączyć dodatkowy dobrany konden-

sator dołączany przełącznikiem, ewentualnie podłączyć równolegle drugą diodę pojemnościową. Szkic charakterystyki filtru dla różnych położenia suwaka pokazano na rysunku 4. Na rysunku 5 przedstawiono charakterystykę diody BB112. W przypadku trudności z nabyciem diody pojemnościowej o maksymalnej wartości rzędu 470pF można połączyć kilka diod równolegle lub zastosować kondensator zmienny AM. Innym rozwiązaniem może być użycie wielostykowego przełącznika obrotowego, którym będą dołączane dobre kondensatory stałe.

Zmontowany i sprawdzony filtr można wstawić w tor małej częstotliwości usprawnianego odbiornika (najlepiej przed potencjometr siły głosu). W przypadku dłuższych połączeń zaleca się użycie ekranowanych przewodów dołączonych do we/wy.

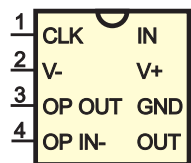
Warto wiedzieć, że oprócz układów wewnętrznych, są także stosowane filtry zewnętrzne.

Montowanie dodatkowych filtrów na zewnątrz urządzenia jest często koniecznością, jeśli wziąć

pod uwagę, że nie można we własnym zakresie (np. w czasie trwania gwarancji) wykonywać jakichkolwiek zmian w układzie urządzenia, nie mówiąc już o tym, że np. w radiotelefonach CB powoduje to automatycznie utratę homologacji (certyfikatu zgodności).

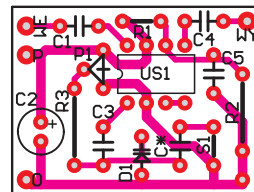
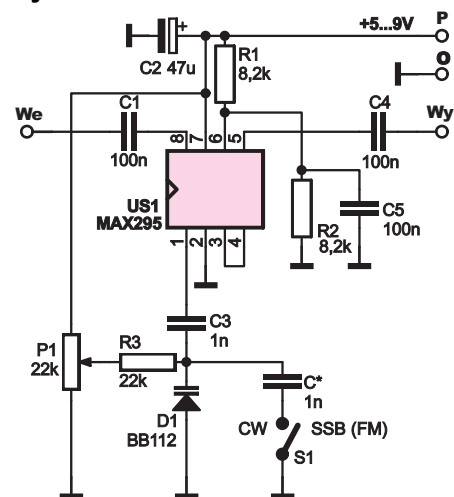
W ostatnim czasie dużą popularność zdobył zewnętrzny filtr audio SCAF-1 firmy Idiom Press, który – jak wynika z opinii jego użytkowników – czyni odbiór bardziej przyjazny, niezależnie od tego, czy jest to SSB, czy CW. W urządzeniu tym zastosowano m.in. dwa układy MAX295.

Płytkę do kitu udoskonalonej wersji tego filtru jest dostępna w sieci handlowej AVT pod oznaczeniem AVT-5109.

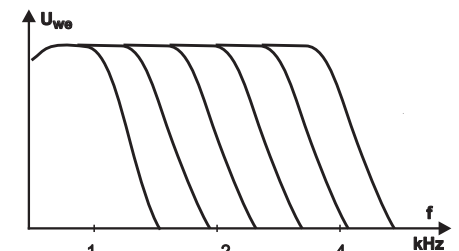


Rys. 1

Rys. 2

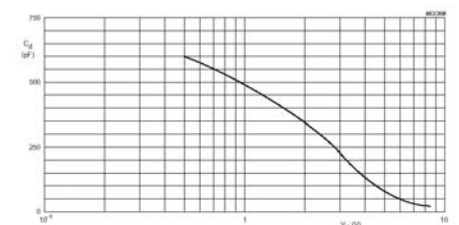


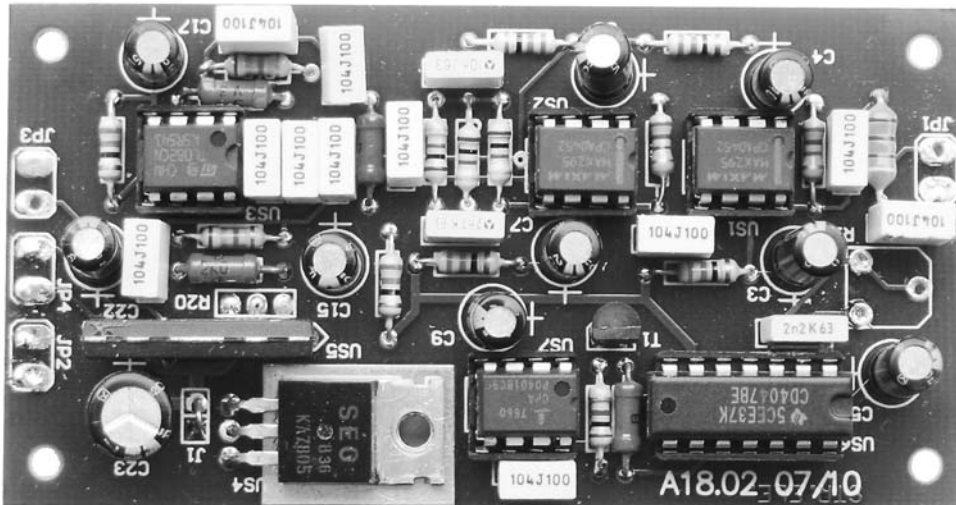
Rys. 3



Rys. 4

Rys. 5





Fot. 1

Najważniejsze parametry radiokomunikacyjnego filtra audio AVT-5109 (fotografia 1):

- wymiary: 95x50mm
- zasilanie: 9...13,8V/DC;
- pobór prądu: 400mA;
- wzmacnienie sygnału: 10dB;
- pasmo przenoszenia: 300Hz–3,0kHz;
- tłumienie pozapasmowe: 96dB/oktawę.

W urządzeniu tym pracują dwa główne filtry na układach MAX295 (można otrzymać, jako darmowe sample z firmy MAXIM) oraz dodatkowy filtr na TL082, a także generator

taktujący na 4047. Ukształtowany sygnał m.cz. jest skierowany na końcowy wzmacniacz na układzie scalonym TDA7056, który może zasilac zewnętrzny głośnik.

W celu zapewnienia symetrycznego napięcia zasilania +/-5 V do układów MAX 295 i TL082 zastosowano przetwornicę ujemnego napięcia -5V na układzie ICL7660.

Parametry filtra w niczym nie ustępują układowi fabrycznemu SCAF-1, a dzięki modyfikacjom w wielu przypadkach

Wykaz elementów

R1,R2.....	8,2k Ω
R3.....	22k Ω
P1.....	22k Ω (10k Ω –100k Ω)
C1,C4,C5.....	100nF
C2.....	.47 μ F/16V
C3(C*).....	1nF
D1.....	BB112
US1.....	MAX295...

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit AVT-2873.

mogą je przewyższać (większa stabilność ustawienia częstotliwości, możliwość pracy przy napięciu mniejszym od 12V). W każdym razie na pewno własnoręcznie zmontowanie układu jest tańsze, nie mówiąc o dodatkowych walorach dydaktycznych.

Oczywiście parametry filtra AVT-5109 są znacznie lepsze niż proponowanego rozwiązania, ale biorąc pod uwagę zauważalne na słuch zawężenie odbieranego pasma (zmniejszenia szumów i zakłóceń), warto na początek spróbować znacznie tańszego rozwiązania.

Andrzej Janeczek
sp5aht@swiatradio.com.pl