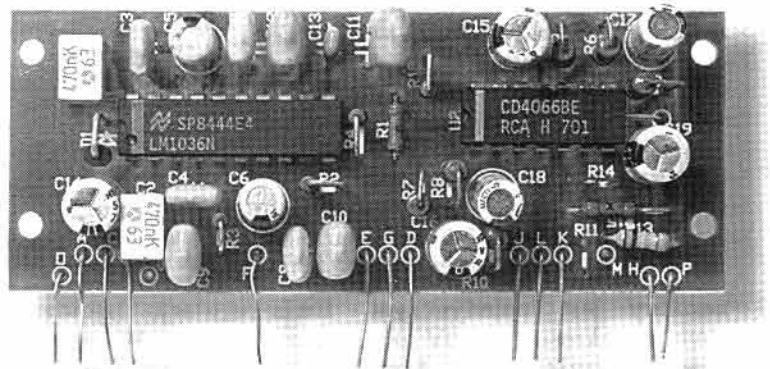


Procesor dźwięku z układem LM1036

kit AVT-244

W artykule opisany został moduł nowoczesnego procesora dźwięku, w którym wykorzystano układ scalony LM1036 firmy National Semiconductor. Ma on dobrze przemyślaną budowę wewnętrzną, dzięki czemu zapewnia poziom szumów mniejszy niż w podobnych układach innych firm. Dodatkową zaletą prezentowanego rozwiązania jest zastosowanie kluczy analogowych, dzięki czemu możliwe jest całkowite wytlumienie szumów własnych układu scalonego.



W obecnych czasach w urządzeniach produkowanych fabrycznie dominują procesory akustyczne sterowane cyfrowo. Obróbce nadal podlega sygnał analogowy, na drodze cyfrowej zadaje się tylko parametry: wzmacnienie, zrównoważenie i barwę dźwięku. Sterowanie najczęściej przeprowadza się za pomocą szyny I²C.

Zastosowanie sterowania cyfrowego ma oczywiście ogromne zalety, ale wymaga obecności mikroprocesora. Dlatego wśród szerokiego rzesz hobbystów nadal dużą popularnością cieszą się klasyczne analogowe procesory dźwięku, gdzie regulacja wzmacnienia, balansu i barwy dźwięku sterowana jest napięciem stałym. Zaletą stosowania takich procesorów dźwięku, w porównaniu ze zwykłymi biernymi i aktywnymi regulatorami jest radykalna redukcja przydźwięku i innych zakłóceń indukowanych w przewodach sygnałowych osiągnięta dzięki sterowaniu za pomocą napięć stałych.

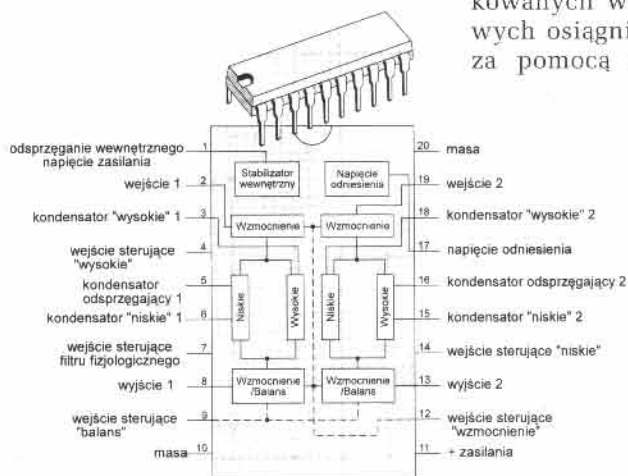
kim należy zauważyć, że regulacja głośności w każdym z kanałów jest dokonywana jednocześnie w dwóch stopniach: jednym na początku toru i drugim, związanym także z regulacją balansu, umieszczonym na końcu toru. Jest to istotne, ponieważ redukcja wzmacnienia powoduje jednocześnie zmniejszenie szumów własnych układu scalonego.

Warto porównać budowę kostki LM1036 z poznanym wcześniej układem TDA1524 (zobacz EP2/95, str. 41, rys. 1). W kostce TDA1524 regulator głośności umieszczony jest przed regulatorami barwy dźwięku, więc szumy wprowadzone przez te stopnie nie mogą zostać zmniejszone przy redukcji wzmacnienia. Kto praktycznie „dotykał się” do kostki TDA1524 wie, iż szumy te dają się zauważyć, szczególnie przy podbiciu wysokich częstotliwości i „równoległej” współpracy kilku kostek. Konstruktorzy układu LM1036 rozwiązali ten problem, stosując wspomniane dwa stopnie regulacji wzmacnienia. We wnętrzu układu wbudowano typowy blok stabilizatora napięcia odniesienia, służącego do zasilania potencjometrów regulacyjnych (nóżka 17).

Podstawowe parametry kostki LM1036 podane są w tab.1.

Opis układu

Schemat ideowy modułu AVT-244 jest pokazany na rys. 2. Jest to w zasadzie podstawowa aplikacja kostki LM1036, uzupełniona o kilka dodatkowych bloków. Mo-



Rys. 1. Schemat blokowy wnętrza układu LM1036.

Układ LM1036

Aplikacja układu LM1036 jest bardzo prosta. Na uwagę zasługuje jednak kilka istotnych szczegółów, które mają znaczny wpływ na końcowe wyniki. Na rys. 1 pokazano uproszczony schemat wnętrza układu scalonego LM1036. Przede wszystkim

Tab.1. Najważniejsze parametry układu LM1036.

- ✓ Zakres napięć zasilania: 9...16V
- ✓ Prąd zasilania: typ.35mA, max 45mA
- ✓ Napięcie odniesienia: typ. 5,4V
- ✓ Prąd wejść sterujących: typ. -0,6μA
- ✓ Dopuszczalny prąd odniesienia (n.17): 5mA
- ✓ Maksymalne napięcie wyjściowe (Uzas=12V): 1Vrms
- ✓ Maksymalne napięcie wejściowe (Uzas=12V): min. 1,3Vrms
- ✓ Rezystancja wejściowa: typ. 30kΩ, min. 20kΩ
- ✓ Rezystancja wyjściowa: typ. 20kΩ
- ✓ Zakres regulacji wzmacnienia: -75...0dB
- ✓ Zniekształcenia nieliniowe (U_i=0,3Vrms): typ. 0,06%
- ✓ Separacja kanałów: typ. 75dB
- ✓ Stosunek sygnał/szum (U_i=0,3Vrms): typ. 79...80dB
- ✓ Szumy własne przy minimalnym wzmacnieniu: typ. 10μV

duł zasilany jest pojedynczym napięciem w zakresie 9...16V podawanym na punkty P, O. Kondensatory C3, C4 ustalają zakres regulacji tonów wysokich, natomiast C7, C8 - niskich. W układzie występuje szereg kondensatorów wiodących i filtrujących: C5, C6, C9 - C16 oraz C19. Elementy C1, C2, C17, C18 to kondensatory sprzęgające.

W module zastosowano dodatkowo układ CMOS 4066 zawierający cztery klucze analogowe.

Włączenie klucza U2C umożli-

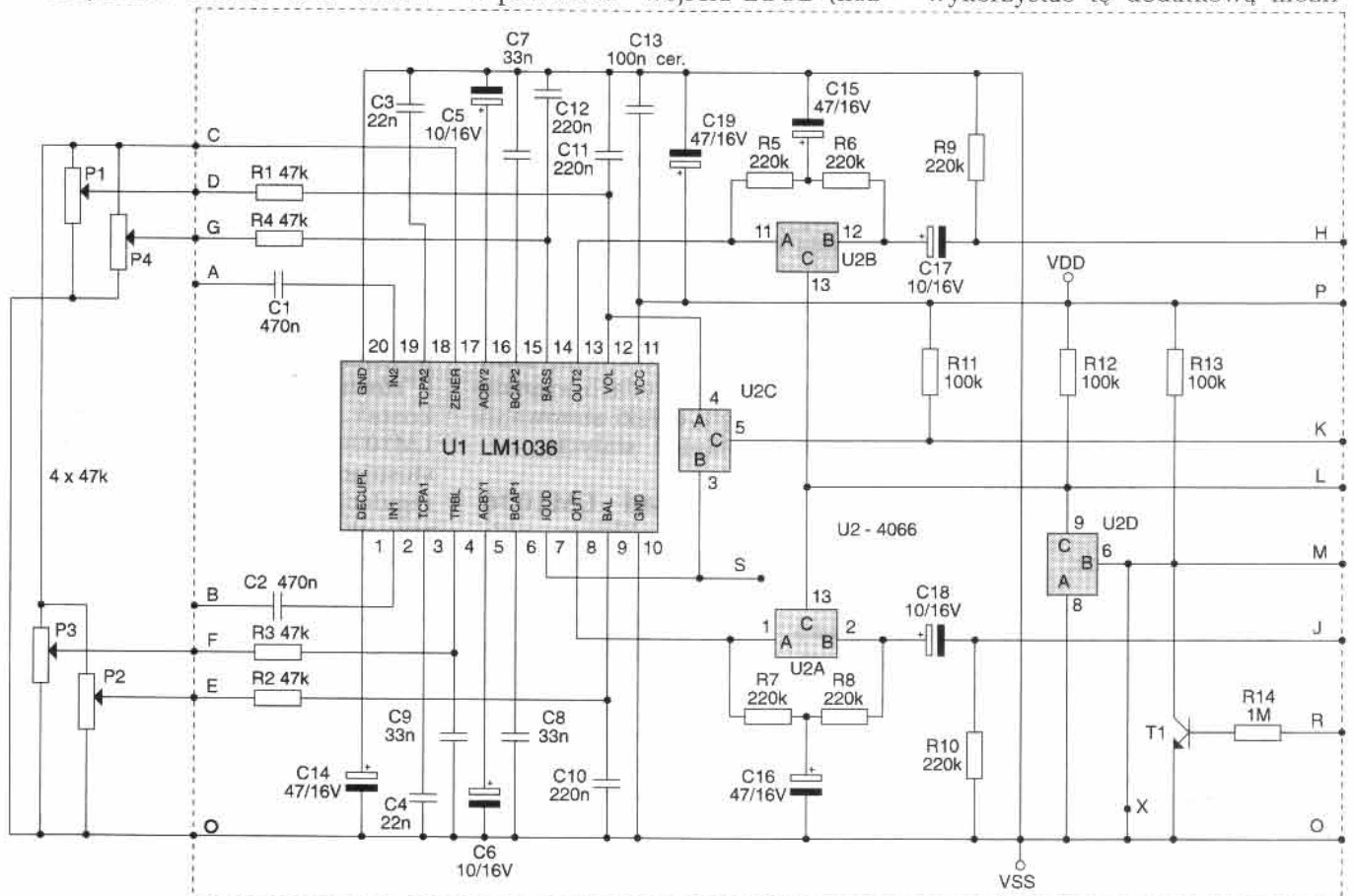
wia regulację fizjologiczną (tzw. filtr kontur). W module przewidziano zastosowanie rezystora R11, „podciągający“ wejście sterujące klucza do plusa zasilania. Dzięki temu regulacja fizjologiczna jest stale włączona, a jej wyłączenie nastąpi po zwarceniu do masy punktu oznaczonego literą K.

Gdy punkt K jest zwarty do masy, klucz U2C jest rozarty. Ponieważ na wejściach sterujących kostki zastosowano tranzystory PNP, więc „zawieszenie w powietrzu“ wejścia LOUD (nóż-

ka 7) jest równoznaczne z podaniem na nie pełnego napięcia dodatniego - blok kompensacji fizjologicznej jest wyłączony i regulacja wzmacnienia jest, można powiedzieć, liniowa.

Wyjściowe klucze analogowe U2B i U2A umożliwiają niemal całkowite wyciszenie szumów. Normalnie dzięki rezystorowi R12 ich wejścia sterujące mają stan logiczny wysoki i klucze są „zwar-te“ - sygnał przechodzi na wyjście. Zwarcie do masy punktu L „rozwiiera“ klucze i sygnał, a w praktyce szumy, nie mogą pojawić się na wyjściu. Rezystory R5..R8 zapewniają, że na obu stronach klucza będzie takie samo napięcie stałe, a kondensatory C15, C16 zwierają sygnały zmienne do masy. Dzięki temu unika się stuków przy przełączaniu kluczy.

W module przewidziano dodatkowy, interesujący sposób wyciszenia, wykorzystujący klucz U2D i tranzystor T1. W wersji standardowej nie jest to wykorzystywane i wejście sterujące klucza U2D jest na stałe zwarte do masy. Żeby wykorzystać tę dodatkową możli-



Rys. 2. Schemat ideowy.

wość należy przeciąć ścieżkę w punkcie oznaczonym X i zastosować elementy R13, R14, T1. Punkt R należy połączyć z punktem D (regulacja wzmocnienia). Gdy potencjometr siły głosu jest ustawiony na minimum (czyli gdy napięcie w punktach D i R wynosi 0V), tranzystor T1 jest zatkany, na wejściu sterującym klucza U2D (punkt M) dzięki rezystorowi R13 jest stan wysoki, klucz ten jest zwarty, więc w punkcie L napięcie jest równe zero i w konsekwencji oba klucze U2B, U2A są rozwarte. Nie tylko wzmocnienie jest ustawione na minimum, ale szумы są dodatkowo wyciszone dzięki rozwartym kluczom U2B, U2A.

Gdy tylko napięcie sterujące wzmocnieniem (w punktach D, R) wzrośnie powyżej 0,7...0,8V, zacznie się otwierać tranzystor T1. Przy napięciu sterującym tego rzędu tłumienie kostki wynosi około 70dB, czyli sygnał nadal jest praktycznie niesłyszalny. Takie rozwiązanie nie ma więc żadnych szkodliwych następstw dla funkcjonowania układu. Jeśli tranzystor T1 będzie się otwierał, wtedy napięcie w punkcie M zacznie spadać, a w punkcie L - rosnać. Klucze U2B i U2A zostaną otwarte. Sygnały z wyjść kostki U1 pojawiają się na wyjściach modułu, w punktach H, J.

Dzięki takiemu rozwiązaniu można uzyskać znakomite wytłumienie szumów w sytuacji, gdy wzmocnienie ustawione jest na minimum.

Opcja dodatkowego wyciszenia prawdopodobnie nie będzie wykorzystywana w większości typowych zastosowań, dlatego przewidziano połączenie punktu M do masy. Opcja ta jest najbardziej potrzebna przy współpracy kilku procesorów dźwięku, na przykład w wielokanałowym mikserze. Takiej możliwości wyciszenia nie ma na przykład w prostym sześciokanałowym mikserze AVT-250 opisanym w EP5.8/96. Tam, aby maksymalnie wyciszyć szумы wyłączonych kanałów, należy dodatkowo skrócić na minimum potencjometry regulacji tonów wysokich.

Przedstawiany dziś moduł AVT-244, przewidziany do opracowywanego właśnie 10-kanałowego półprofesjonalnego miksera, nie wymaga takich zabiegów z dwóch

powodów: odmiennej budowy procesora LM1036 i zastosowania wyjściowych kluczy analogowych.

Montaż i uruchomienie

Układ można zmontować na płytce drukowanej pokazanej na rys. 3. Na początek należy wykonać jedyną zworę ZW umieszczoną pod układem scalonym U2. Elementy bierne: rezystory i kondensatory można włutować w dowolnej kolejności, zaleca się też, żeby układ U2 montować na końcu.

Model pokazany na fotografii nie odpowiada w 100% układowi z rysunków 2 i 3 - po wykonaniu modelu wprowadzono do projektu kilka drobnych ulepszeń, stąd pewne zmiany.

Potencjometry sterujące P1 - P5 mogą mieć rezystancję w zakresie 4,7..100kΩ, byleby tylko prąd pobierany z końcówki odniesienia (n.17) nie był większy niż 5mA. Typ potencjometrów (obrotowy, suwakowy) zależy od zastosowania, dlatego też elementy te nie wchodzi w skład zestawu AVT-244.

Do najprostszych zastosowań, gdy nie przewiduje się wykorzystywania dodatkowego wyciszenia, nie trzeba montować elementów US2, R5..R8, R11..R14. Należy za to wykonać zwory w miejscu kluczy analogowych, czyli w miejscu układu U2 zewrzeć punkty 1 i 2, 3 i 4 oraz ewentualnie 10 i 11.

Gotowy moduł należy sprawdzić z użyciem przyrządów, albo „na ucho” w układzie pokazanym na rys. 4.

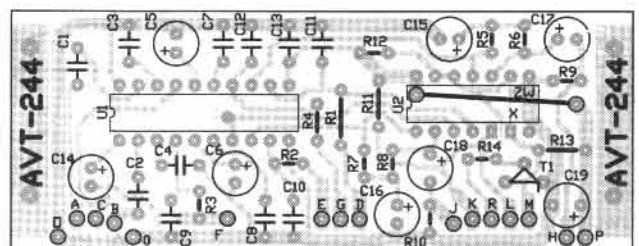
W sumie ostatecznym miernikiem jakości będzie jednak ucho. Dlatego dobrze byłoby zastosować dobry wzmacniacz mocy i porządne kolumny. Źródłem sygnału powinien być na przykład odtwarzacz płyt kompaktowych, lub dobry magnetofon. Sprawdzanie „na słuch” z użyciem generatora może nie dać miarodajnych rezultatów, bowiem są to warunki sztuczne i nie wiadomo, jakie będą potem rzeczywiste poziomy sygnałów, szумы i dynamika.

Uwagi końcowe

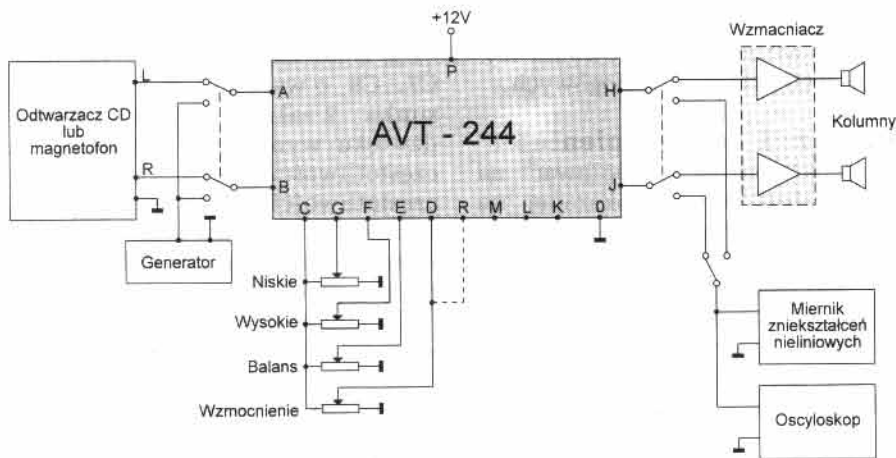
Z kondensatorami C3, C4 oraz C7, C8 o wartościach jak na rysunku 2 zakres regulacji barwy dźwięku wynosi około ±18dB dla częstotliwości 20kHz i ±17dB dla częstotliwości 20Hz (±15dB dla 10kHz i ±12dB dla 100Hz). Zakresy regulacji można zmieniać w szerokich granicach.

W aplikacji katalogowej, przy wartościach kondensatorów C3, C4 równych 10nF i C7, C8 równych 390nF, zakres regulacji tonów wysokich przy częstotliwości 10kHz, i niskich przy 100Hz, wynosi tylko ±10dB. W niektórych zastosowaniach taki zakres może się wydać niewystarczający, dlatego w naszym module rozszerzyliśmy zakresy regulacji. Można je jeszcze bardziej poszerzać: na przykład przy pojemnościach C3, C4 oraz C7, C8 odpowiednio 39nF i 100nF regulację ±13dB uzyskuje się już przy częstotliwościach 3kHz i 200Hz.

Jak wspomniano w początkowej części artykułu, do uzyskania fizjologicznej regulacji wzmocnienia w module zastosowano klucz analogowy U2C, zwierający końcówki 7 i 12. Możliwe jest też niezależne sterowanie filtra fizjologicznego. Trzeba w tym celu „rozewrzeć” klucz U2C przez zwarcie punktu K do masy i podać napięcie sterujące na punkt oznaczony S. Punkt lutowniczy S (plamka bez otworu), w płytce drukowanej znajduje się pod układem scalonym U1. Charakterystyka podbicia najwyższych i najniższych częstotliwości w zależności od napięcia stałego na nóżce 7 jest pokazana na rys. 5a. Na rys. 5b pokazano typowe przebiegi charakterystyki częstotliwościowej w zależności od wzmocnienia, gdy nóżki 7 i 12 są zwarte. Należy zauważyć, że w zależności od mocy zastosowanego wzmacniacza końcowego i sprawności kolumn



Rys. 3. Schemat montażowy.



Rys. 4. Układ testowy.

w niektórych, rzadkich przypadkach, działanie filtra fizjologicznego będzie występowało przy niewłaściwych poziomach głośności. Dobrze przemyślana konstrukcja kostki LM1036 umożliwia łatwą zmianę zakresu działania filtra fizjologicznego. Wystarczy zastosować dzielnik napięcia włączony między nóżki 12, 7 i masę lub nóżkę 17. Pokazano to na rys. 6 i 7. Taka właściwość nie była dostępna w żadnym z poprzednio przedstawionych procesorów dźwięku. Warto też wiedzieć, że zmiana pojemności C3, C4 i C7, C8 również ma pewien wpływ na przebieg tych charakterystyk filtra fizjologicznego. Pasmo przenoszenia układów LM1036 sięga 250kHz.

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

- P1, P2, P3, P4: 47kΩ A (10...100kΩ)
- R1, R2, R3, R4: 47kΩ
- R5, R6, R7, R8, R9, R10: 220kΩ
- R11, R12, R13: 100kΩ
- R14: 1MΩ

Kondensatory

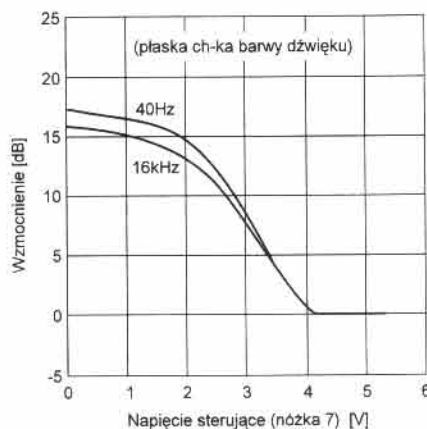
- C1, C2: 470nF
- C4, C3: 10nF foliowy
- C5, C6, C17, C18: 10μF/16V
- C7, C8: 33nF foliowy
- C9, C10, C11, C12: 220nF dowolny
- C13: 100nF ceramiczny
- C14, C15, C16, C19: 47μF/16V

Półprzewodniki

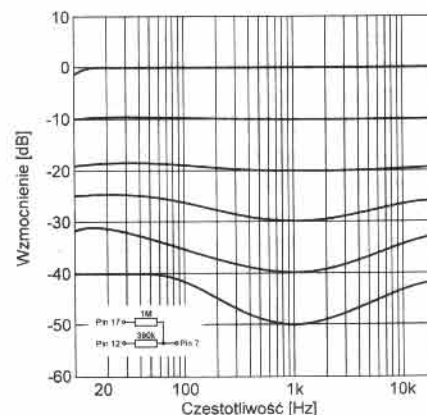
- T1: np. BC548B lub C
- U1: LM1036
- U2: CMOS 4066

Uwaga! Elementy P1-P4, T1, R13, R14 nie wchodzi w skład zestawu AVT-244.

Podbicie wysokich częstotliwości pasma akustycznego powoduje jeszcze większe podbicie szumów w zakresie ponadakustycznym. Co prawda, składowych tych nie słychać, ale gdyby były one wyjątkowo duże, mogą na nieliniowościach toru elektroakustycznego interferować z innymi składowymi i ogólne szумы układu mogą się



Rys. 5a. Charakterystyka regulacji filtra fizjologicznego.

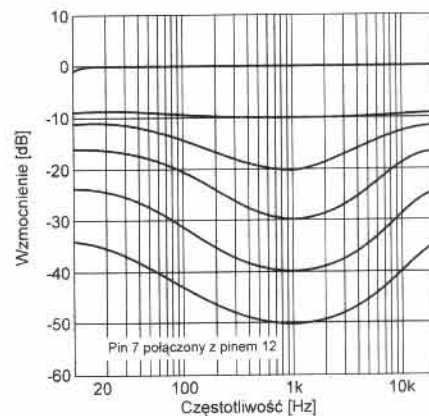


Rys. 6. Przesunięcie działania filtra fizjologicznego w stronę niższych poziomów wzmocnienia.

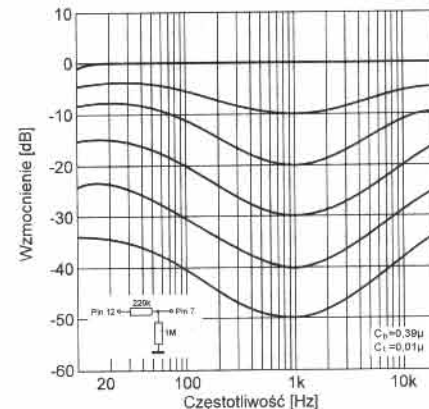
zwiększyć. Gdyby w bardzo rzadkich przypadkach trzeba było ograniczyć podbicie w zakresie częstotliwości ponadakustycznych, należy w szereg z kondensatorami C3, C4 włączyć rezystory. Ich rezystancja powinna być równa liczbowo reaktancji, jaką mają wspomniane kondensatory przy częstotliwości 20kHz...40kHz.

Według danych katalogowych, przy napięciu zasilania 12V i maksymalnym wzmocnieniu, napięcie wejściowe nie powinno być większe niż 1Vrms (ok. 3V międzyszczytowo). Jednak, aby zniekształcenia nie przekraczały 0,1%, sygnały wejściowe nie powinny być większe niż 0,5...0,7Vrms (1,5...2V międzyszczytowo). Z drugiej strony, nie powinno się pracować z małymi sygnałami, ponieważ zmniejsza się wtedy stosunek sygnał/szum. Optymalnym zakresem napięć wejściowych jest więc przedział 0,3...0,7Vrms (0,85...2V międzyszczytowo).

Piotr Górecki, AVT



Rys. 5b. Typowa charakterystyka filtra fizjologicznego.



Rys. 7. Przesunięcie działania filtra fizjologicznego w stronę wyższych poziomów wzmocnienia.