



Politechnika Łódzka

**Laboratorium:
Projektowanie pasywnych i aktywnych filtrów
analogowych**

**Autorzy:
Karol Kropidłowski
Jan Szajdziński
Michał Bujacz**

1. Cel ćwiczenia

1. Cel laboratorium:

Zapoznanie się i przebadanie podstawowych filtrów pasywnych i aktywnych.

2. Wstęp teoretyczny:

Co to jest filtr?

Filtrem nazywamy fragment obwodu elektronicznego odpowiedzialny za przepuszczanie lub blokowanie sygnałów o określonym zakresie częstotliwości lub zawierającym określone harmoniczne.



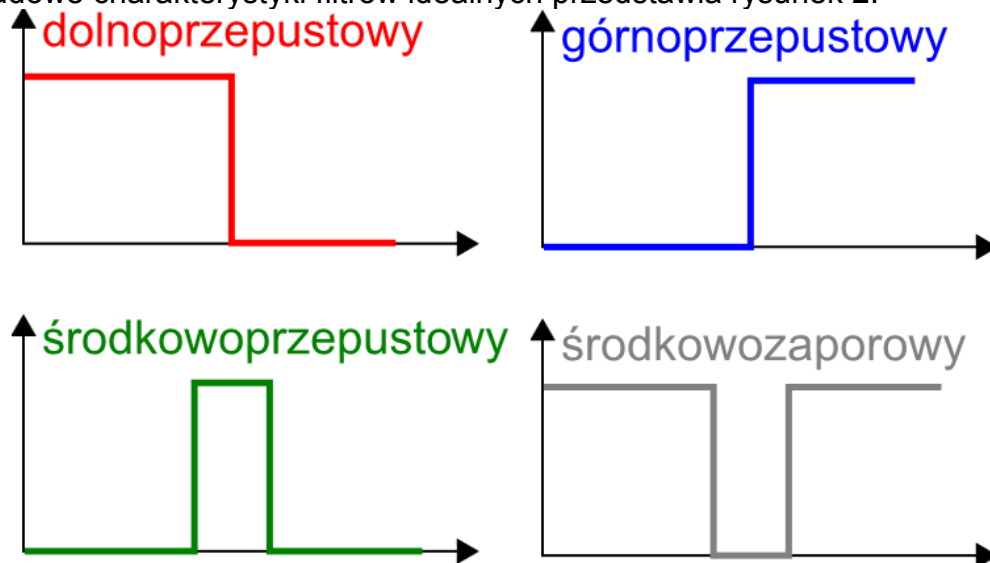
Rys 1. Schemat blokowy filtra

Podział filtrów

Ze względu na przeznaczenie filtra możemy wyróżnić cztery podstawowe rodzaje filtrów:

- **filtr dolnoprzepustowy, DP** (*ang. Low-Pass filter*), przepuszczający niskie częstotliwości a blokujący wysokie
- **filtr górnoprzepustowy, GP** (*ang. High-Pass filter*), przepuszczający wysokie częstotliwości a tłumiący niskie.
- **filtr środkowo przepustowy** (*ang. Band-Pass filter*), przepuszczający pewien zakres częstotliwości
- **filtr środkowo zaporowy** (*ang. Band-Stop filter*), blokujący pewien zakres częstotliwości

Przykładowe charakterystyki filtrów idealnych przedstawia rysunek 2.

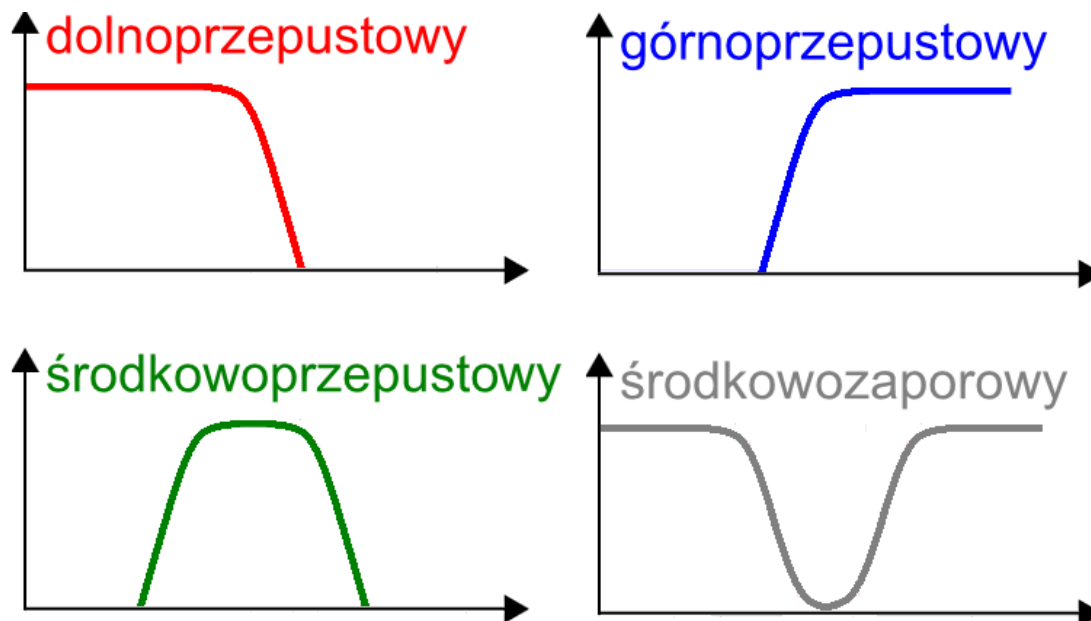


Rys 2. Charakterystyki filtrów idealnych

Pasmo przenoszenia (ang. *Passband*) filtru jest to zakres częstotliwości przenoszonych przez filtr.

Pasmo zaporowe (ang. *Stopband*) filtru jest to zakres częstotliwości tłumionych przez filtr.

Filtry rzeczywiste w porównaniu do idealnych nigdy nie odcinają częstotliwości w sposób jest-nie ma sąsiedniej częstotliwości. Każdy filtr rzeczywisty cechuje się stopniowym spadkiem poziomu sygnału w paśmie zaporowym. Powyższą sytuację przedstawia rysunek 3.

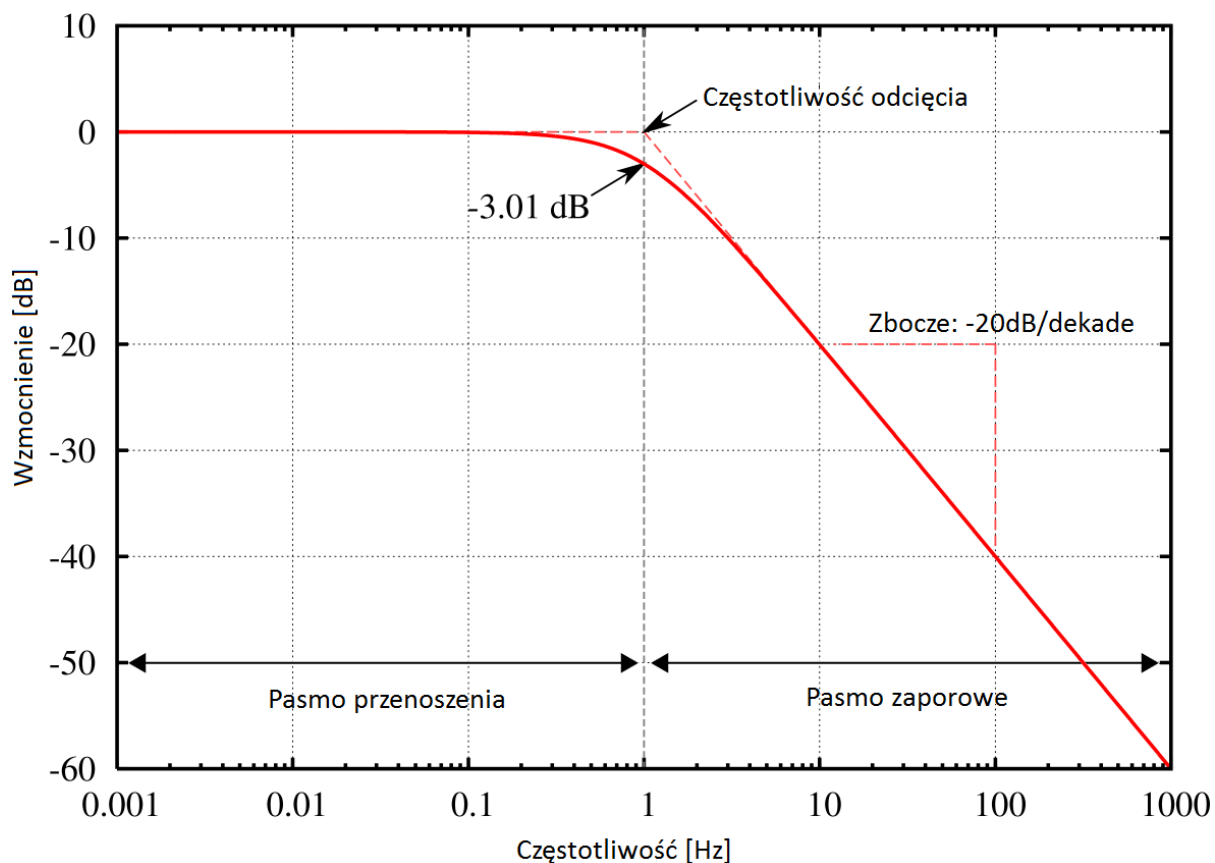


Rys 3. Charakterystyki filtrów rzeczywistych

Dla filtrów pierwszego rzędu jest to stopniowy spadek sygnału 20dB/dekadę. Jest on nazywany **stromością charakterystyki**.

Częstotliwość odcięcia filtru jest to częstotliwość przy której spadek sygnału wyjściowego filtru w stosunku do poziomu w paśmie przenoszenia wynosi 3dB (około 70,7% amplitudy).

Wyróżniamy **częstotliwość odcięcia dolną**, gdy częstotliwości niższe niż te z pasma przenoszenia są tłumione o 3dB, oraz **częstotliwość odcięcia górną**, gdy częstotliwości wyższe niż te z pasma przenoszenia są tłumione o 3dB. Przykładową charakterystykę filtru dolnoprzepustowego z naniesioną stromością charakterystyki, częstotliwością odcięcia górną, pasmem przenoszenia i pasmem zaporowym przedstawia rysunek 4.



Rys 4. Charakterystyka filtra dolnoprzepustowego 1-szego rzędu

Filtry możemy podzielić ze względu na ich realizację na filtry pasywne oraz aktywne.

Filtr pasywny jest to filtr zrealizowany tylko i wyłącznie za pomocą elementów pasywnych takich jak rezystor, cewka i kondensator.

Filtr aktywny jest to filtr zrealizowany z elementów RLC oraz elementów aktywnych takich jak wzmacniacz operacyjny lub tranzystor.

Przy odpowiednim połączeniu elementów(filtrów) możemy uzyskać wszystkie filtry z Rys. 3. Aby otrzymać filtr pasmowo zaporowy należy połączyć równolegle filtr dolno przepustowy i górno przepustowy.



Rys 5. Równoległe łączenie filtrów

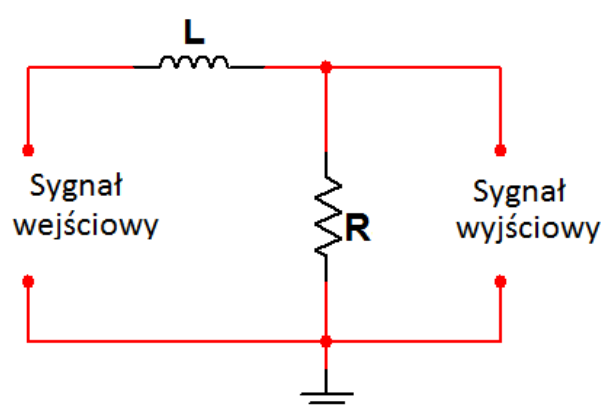
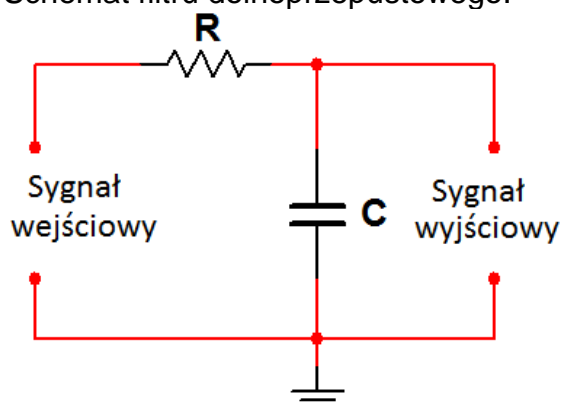
Natomiast aby otrzymać filtr pasmowo przepustowy należy szeregowo połączyć filtr górno przepustowy z filtrem dolno przepustowym.



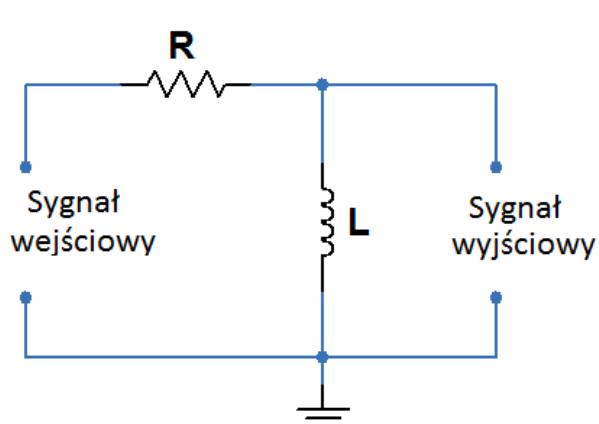
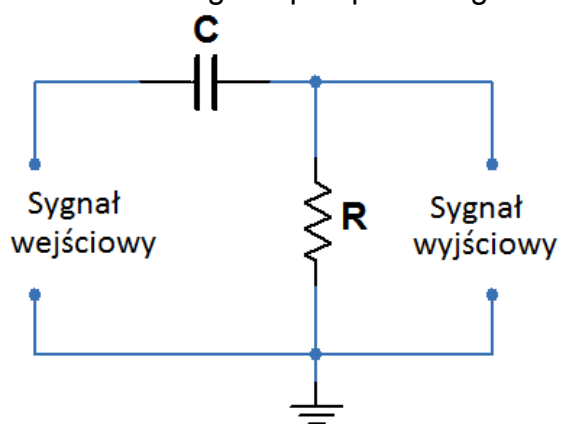
Rys 6. Szeregowe łączenie filtrów

Podstawowe schematy filtrów pasywnych

Schemat filtru dolnoprzepustowego:



Schemat filtru górnoprzepustowego:



Częstotliwość odcięcia filtrów RC:

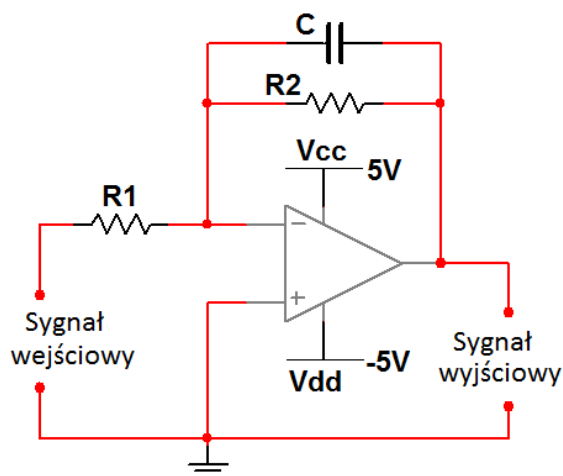
$$f_{odc} = \frac{1}{2\pi RC}$$

Częstotliwość odcięcia filtrów LC:

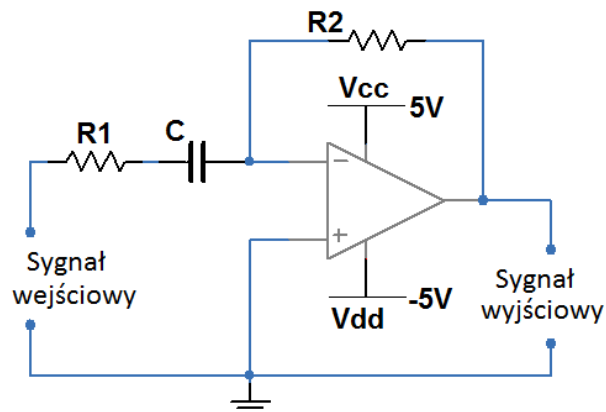
$$f_{odc} = \frac{R}{2\pi L}$$

Podstawowe schematy filtrów aktywnych

Filtr dolno przepustowy



Filtr górno przepustowy



Częstotliwość odcięcia filtru dolno przepustowego:

$$f_{odc} = \frac{1}{2\pi R_2 C}$$

Częstotliwość odcięcia filtru górno przepustowego:

$$f_{odc} = \frac{1}{2\pi R_1 C}$$

Wzmocnienie układu dla pasma przepustowego:

$$K_u = -\frac{R_2}{R_1}$$

Podłączenie zasilania:

Wzmacniacze operacyjne wymagają zasilania symetrycznego otrzymamy je łącząc szeregowo napięcia 2x5V. Należy do tego wykorzystać górne wyjście zasilania 5V oraz regulowane ustawione na 5V. Sposób podłączenia przedstawiono na poniższym rysunku:



Okablowanie:

Wejście jack stereo

Wejście jack mono

Wyjście jack stereo

Do wejść sygnałów monofonicznych(gitara, mikrofon) należy używać wejść mono, aby uniknąć dodatkowych zakłóceń.

Kolor czarny pinu zawsze oznacza masę

Kolor czerwony kanał prawy

Kolor niebieski kanał lewy

3 różnokolorowe kable do zasilania(wtyki bananowe – goldpin)

Kabel ze złączami widełkowymi do uzyskania zasilania symetrycznego.

2x kabel jack – jack

Łączenie elementów:

- W płytce stykowej można łączyć większość elementów przewlekanych o rastrze 100milsów(2,54mm) bądź jego wielokrotności.
- Poszczególne miejsca na piny są zwarte zgodnie ze zdjęciami powyżej.
- Sygnał wprowadzamy i wyprowadzamy z płytki za pomocą gniazd mono i stereofonicznych jack.
- Zwory na płytce z powodzeniem można realizować za pomocą zszywek.
- Nie należy stosować płytek stykowych do układów cyfrowych pracujących z dużymi częstotliwościami, ze względu na pojemności pasożytnicze.

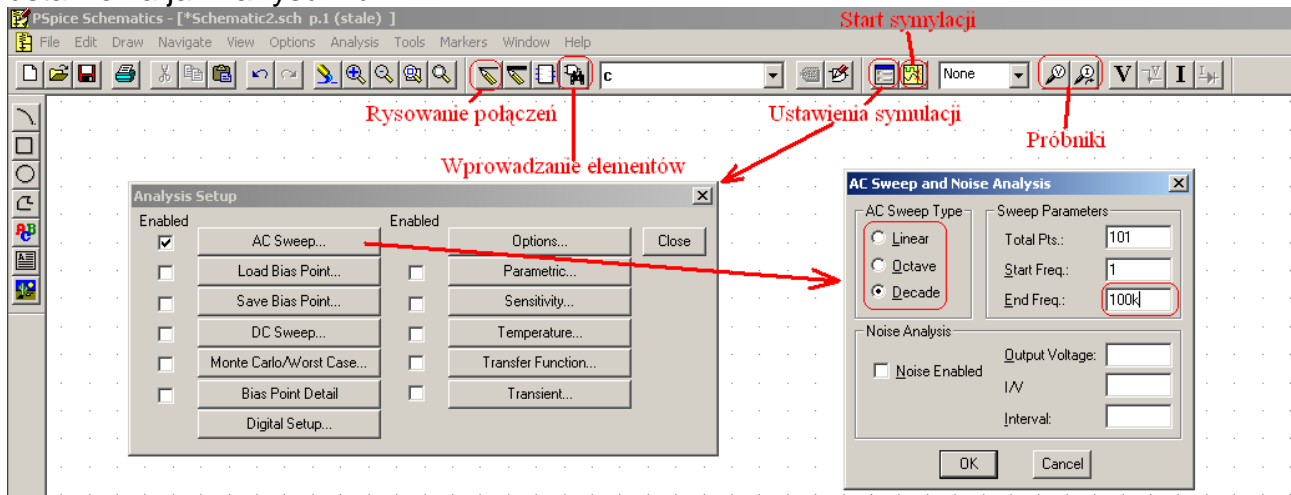
3.Ćwiczenia z filtrów pasywnych

Ćwiczenie 0


Zaprojektuj filtr HP o częstotliwości granicznej 1kHz

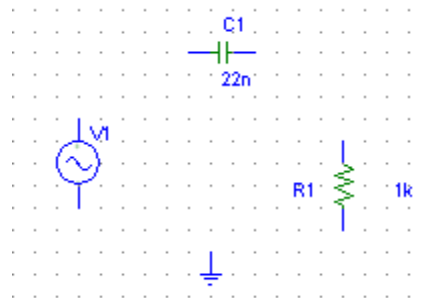
1.Zgodnie z wzorami na częstotliwości graniczne oblicz wartość rezystancji jakiej trzeba użyć w filtrze, wiedząc, że dostępne elementy to: kondensator 22nF, potencjometr 10kΩ.

2.1 Uruchom program pspice (start->programy->PSpice Student->Schematics) i wprowadź ustawienia jak na rysunku.



Rys.10

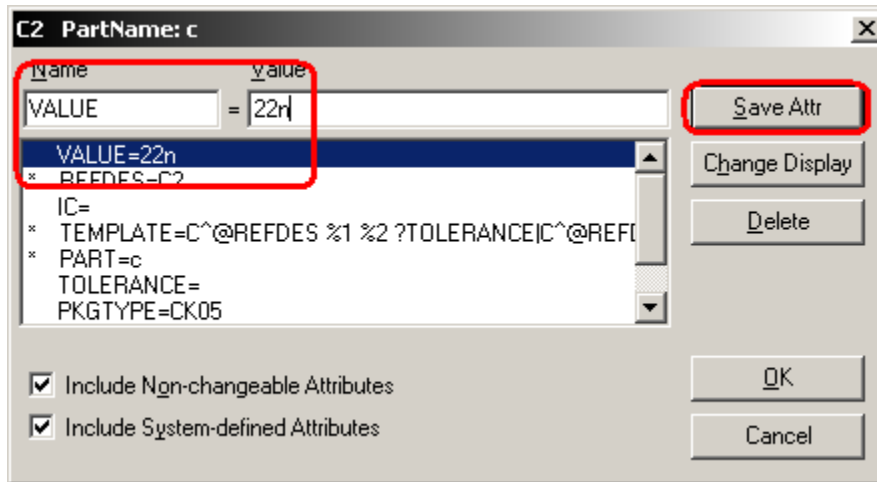
2.2 Wprowadź potrzebne elementy (przycisk: ):Kondensator (oznaczony jako 'C'), opornik (oznaczony jako 'R'), źródło sygnału(oznaczone jako „VSIN”), oraz masę(oznaczona jako „GND_EARTH”)(Elementy obraca się za pomocą Ctrl+r).



Rys.11 Wartość opornika NIE jest dobrana.

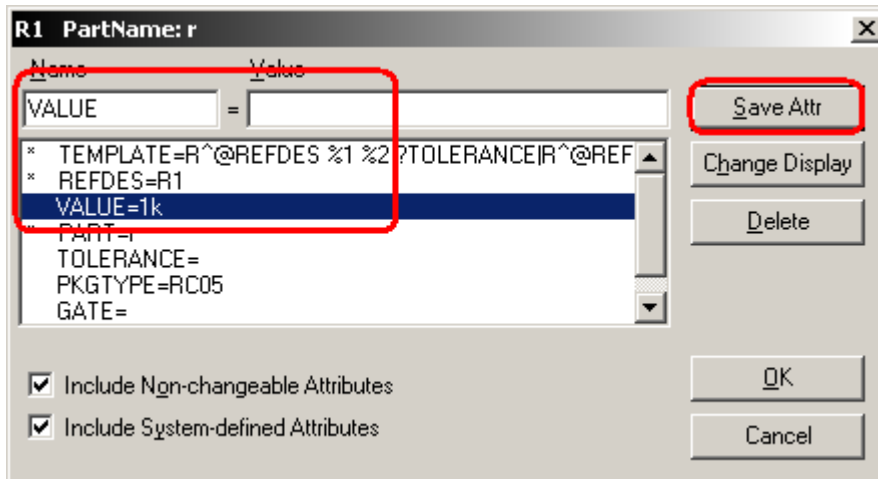
2.3 Wprowadź wartości(value) dla elementów poprzez dwukrotne szybkie kliknięcie na jego symbolu:

Dla kondensatora 22n(wprowadzenia każdej wartości należy potwierdzić przyciskiem Save Attr)



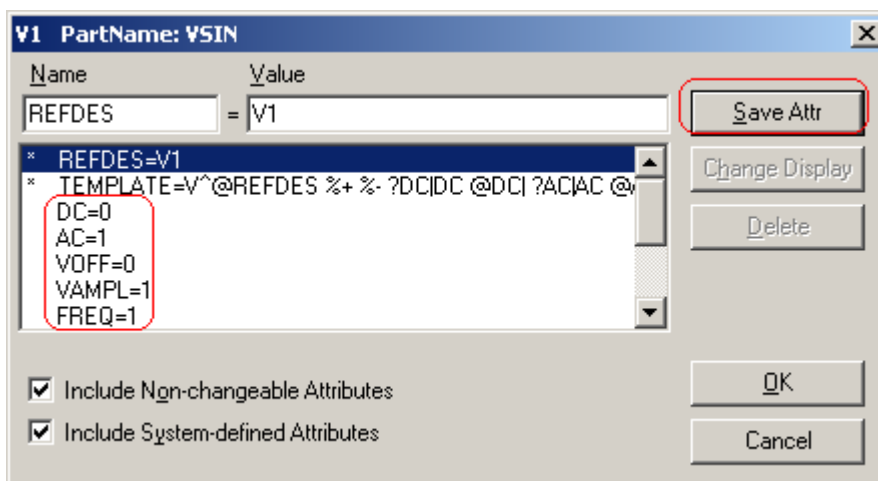
Rys.12

Dla opornika wyliczoną wartość:



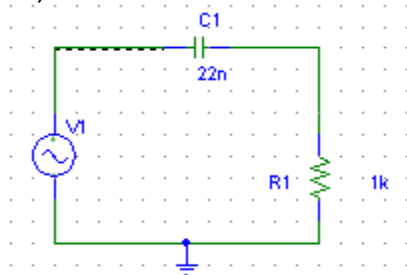
Rys.13

Dla źródła:



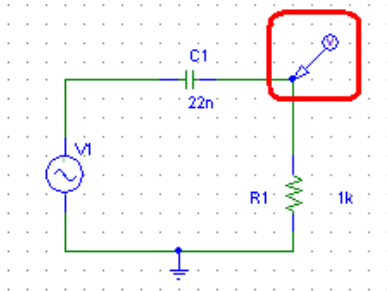
Rys.14

2.4 Połącz elementy (przycisk)



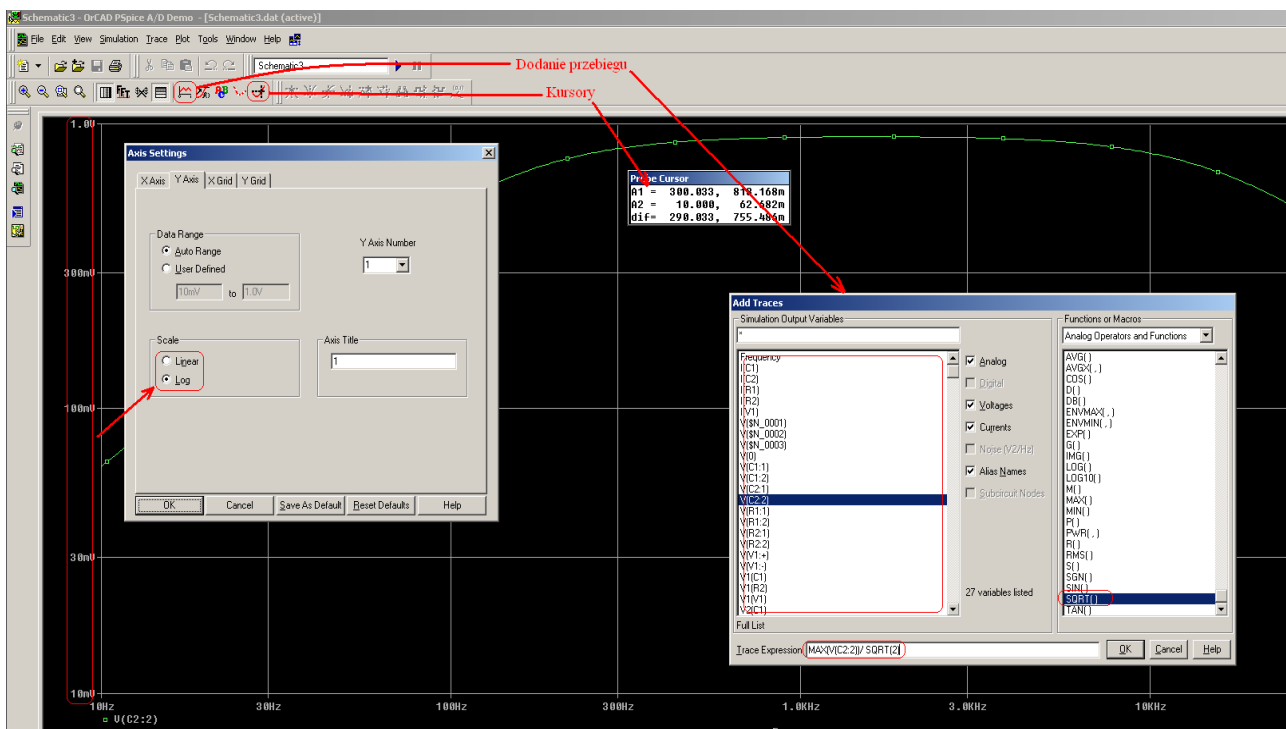
Rys.15 Wartość NIE jest dobrana

2.5 Dodaj próbnik napięciowy na wyjście układu (przycisk)



Rys.16 Wartość NIE jest dobrana

2.6 Rozpocznij symulacje (przycisk)



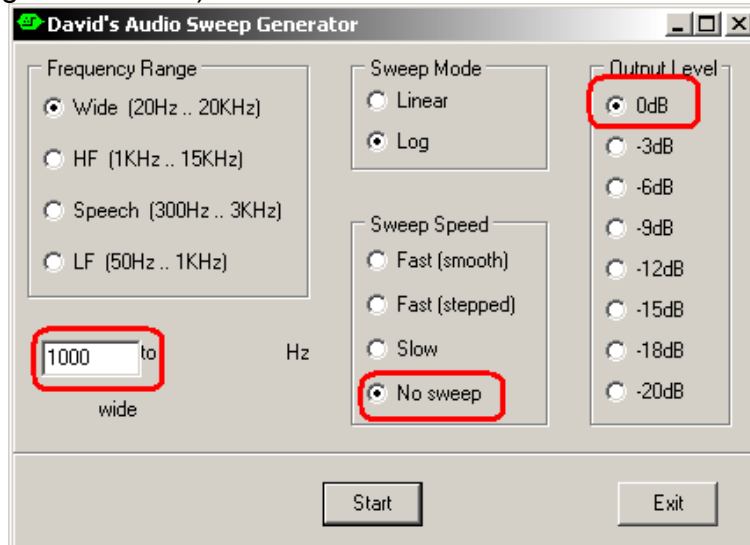
Rys.17

Po przeprowadzeniu symulacji przeanalizuj uzyskany wynik, dla poprawienia czytelności możesz zmienić skalę amplitudy na skalę logarytmiczną, poprzez dwukrotne kliknięcie na pionową oś wartości i ustawienie jak powyżej.

W tym samym celu, możesz dodać wykres o wartości 70% wartości sygnału w paśmie przepustowym, bądź, 70% wartości sygnału wejściowego (czym się różnią te wartości i z

czego to wynika, wyjaśnij)

2.7 Wykonaj układ na płytce stykowej zgodnie ze schematem oraz instrukcją łączenia elementów w wejścia układu $U(C1:2) \diamond \text{MAX}(U(C1:2))/\text{SQRT}(2)$ wstępnie teoretycznym. Do komputera, oraz do generowania częstotliwości użyj programu generator: ($\dots/pulpit/akustyka/generator.exe$)



Rys.18 Ustawienia jak na rysunku

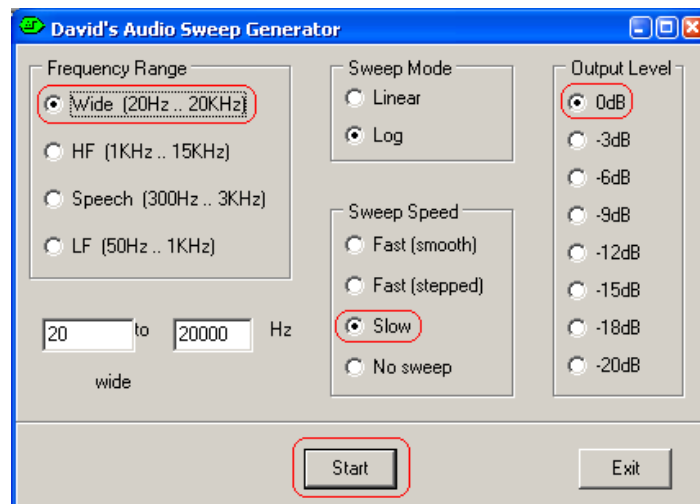
Przy podłączonym oscyloskopie reguluj potencjometr do uzyskania wymaganej wartości sygnału w częstotliwości odcięcia. Zmierz wartość na jaką został ustawiony opornik, porównaj ją z tą jaką wyszła w symulacji.

Zdj.3 Układ z podłączoną sondą oscyloskopu

2.8 Zbadaj pasmo przenoszenia filtru za pomocą oscyloskopu.



2.9 Podłącz głośniki/słuchawki do wyjścia, odsłuchaj sweep częstotliwościowy z programu generator.

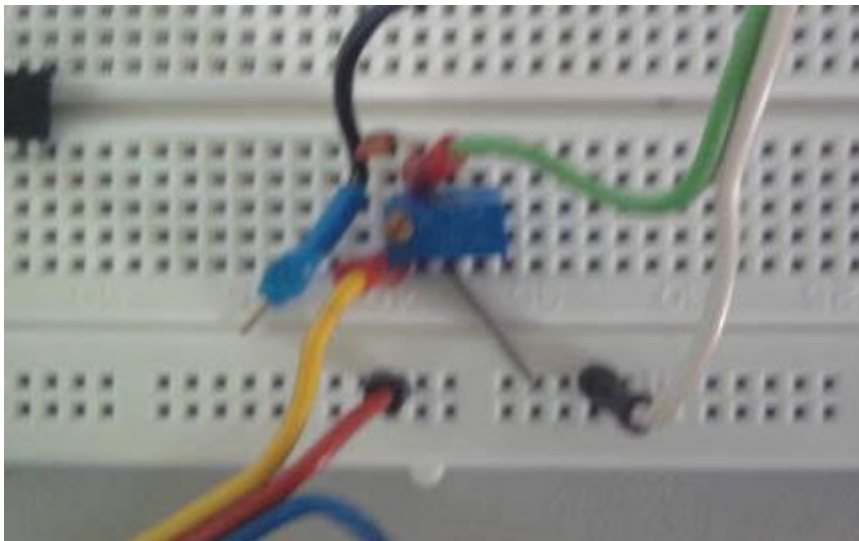


Rys.19

Oraz dowolnie wybraną muzykę z youtube lub innego serwisu tego typu.(Pamiętaj, że nie znajdujesz się w sali sam, nie przesadzaj z głośnością)

Sprawdź jak zmienia się dźwięk przy zmianie nastawy potencjometru.

Zdj.4 Układ podłączony do głośnika/słuchawek



Ćwiczenie 1

Zaprojektuj filtr pasywny, dolno przepustowy 5kHz

Dostępne elementy:

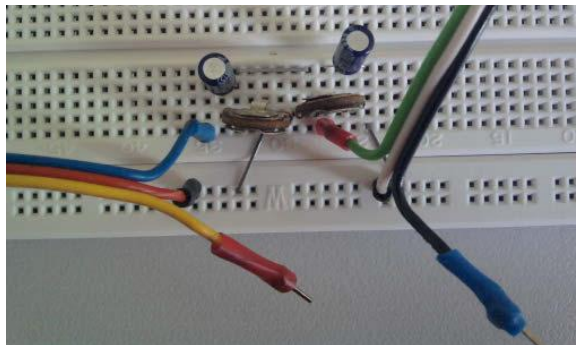
kondensatory: 100nF, 22nF, 22uF

potencjometry: 1k i 10k Ω

Wykonaj symulację a następnie zmierz rzeczywistą charakterystykę częstotliwościową.

Przykładowe wykonanie filtra, wartości na zdjęciu NIE są dobrane!

Zdj.4



Ćwiczenie 1a

Połącz dwa filtry z ćwiczenia 1 w szereg. Jak zmienia się charakterystyka?

Ćwiczenie 2

Zaprojektuj filtr pasywny, górno przepustowy 250Hz

Dostępne elementy:

kondensatory: 100nF, 22n, 22uF

potencjometry: 1k i 10k Ω

Ćwiczenie 3:

Spróbuj złożyć filtr pasmo przepustowy z dwóch powyższych. Jakie problemy zaobserwowaliście? Spróbuj połączyć wzmacniacz operacyjny jako wtórnik napięcia (voltage follower)

Sprawozdanie powinno zawierać:

- Schematy, zdjęcia układów, charakterystyki (symulacyjne i zmierzone) oraz własne wnioski.
- Oraz odpowiedzi na pytania:
 - Co różni symulację oraz rzeczywistą konstrukcję?
 - Czy symulacja jest dobrym narzędziem do wstępnego projektowania filtrów? Jakie są jej główne zalety i wady?
 - Czy częstotliwości z pasma zaporowego można uznać za 'całkowicie wycięte'?
 - Czy płytka stykowa jest dobrą metodą budowy układów których parametry zależą od użytych pojemności?
 - Na jaki problem można się natknąć przy projektowaniu filtrów pasywnych, zwłaszcza tych o wąskim paśmie?
 - Wnioski z odsłuchu utworów muzycznych

4. Ćwiczenia z filtrów aktywnych

Ćwiczenie 4

Zaprojektuj filtr aktywny HP(250Hz).

Zgodnie z wzorami podanymi w wstępie teoretycznym oblicz wartości i przeprowadź symulacje.

Należy użyć modelu wzmacniacza lm324.

Wykonaj filtr na płytce stykowej. Wzmacniacz zasil napięciem symetrycznym +/-5V, połącz wyjścia zasilacza zgodnie z instrukcją podłączenia zasilacza na str. 7.

Zbadaj charakterystyki

Zbadaj stromość charakterystyki filtra i porównaj ją z tą z filtrów pasywnych

Czy filtr ma częstotliwość odcięcia górną, dlaczego?

Ćwiczenie 5

Zbuduj aktywny filtr o takich samych parametrach jak w ćwiczenia 3

Porównaj go z wersją pasywną

Sprawozdanie powinno zawierać:

- Schematy, zdjęcia układów, charakterystyki(symulacyjne i zmierzone) oraz własne wnioski jak w ćwiczeniach 1 - 3.
- Oraz odpowiedzi na pytania:
 - Jaki jest efekt użycia takich samych oporności na wejściu filtra i w sprzężeniu, kiedy należy użyć różnych i w jakim stosunku, dlaczego?
 - Co zależy od poszczególnych wartości R1,R2, C?
 - Od czego zależy górna granica pasma przenoszenia aktywnego filtra hp