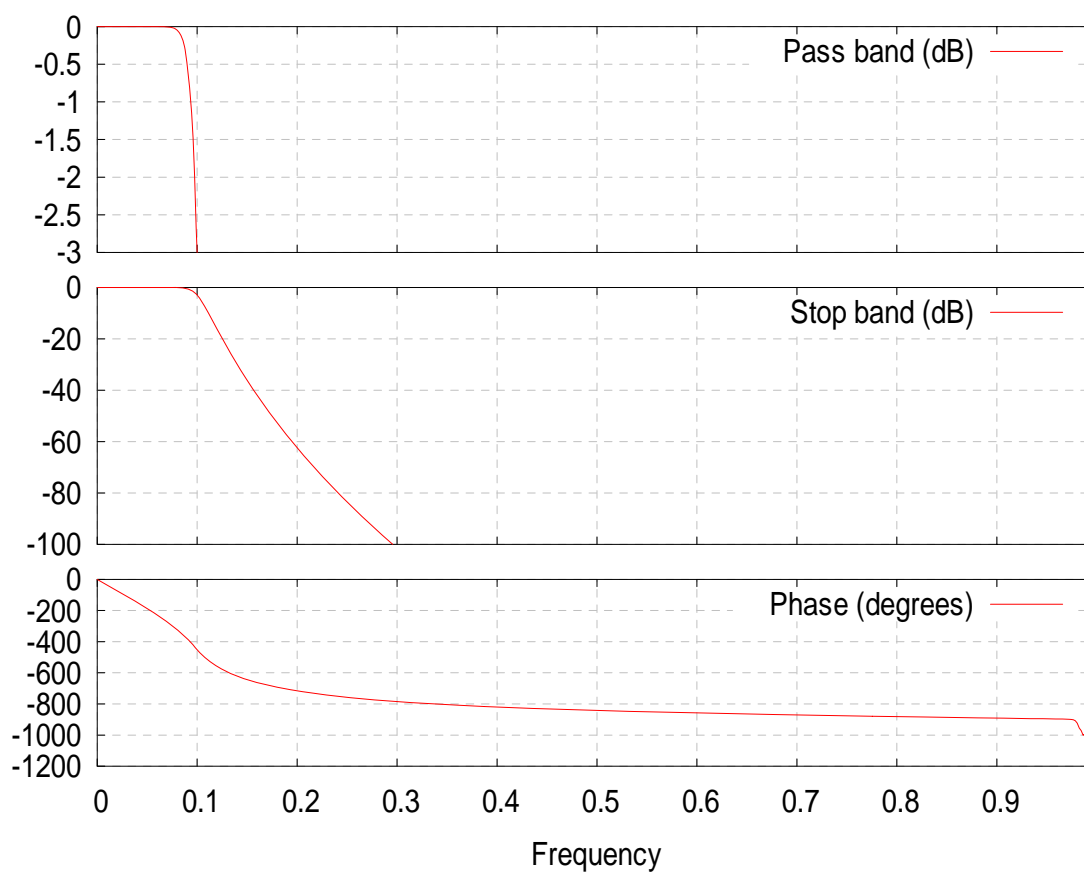


Porównanie filtrów typu FIR i IIR

1. Projekt Filtru IIR dolnoprzepustowego o częstotliwości

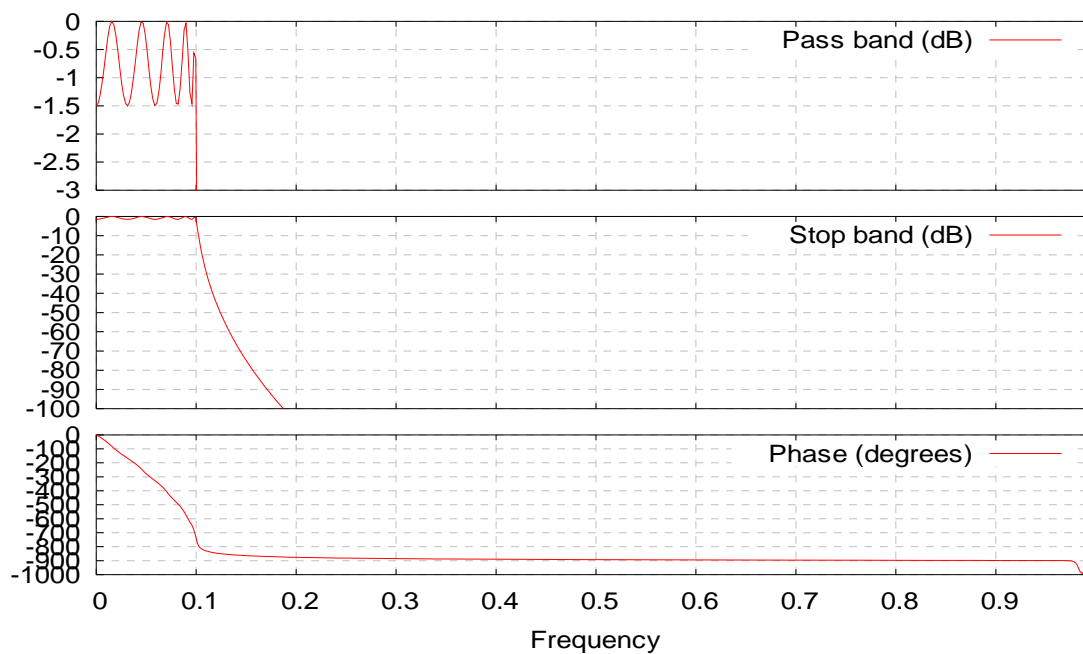
$$f_c = 0.1$$

a) Filtr Butterwortha rzędu 10



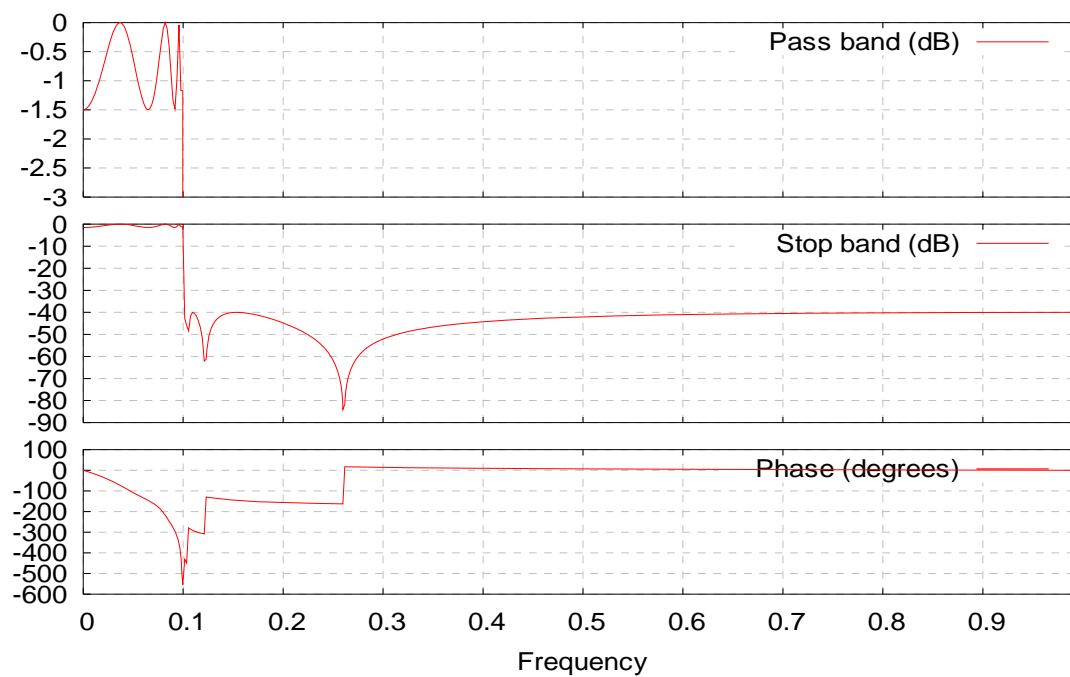
Rys. 1 Filtr Butterwortha rzędu 10

b) Filtr Czybyszewa rzędu 10 o zafalowaniu 1,5 [dB]



Rys. 2 Filtr Czybyszewa rzędu 10 i zafalowaniu 1,5[dB]

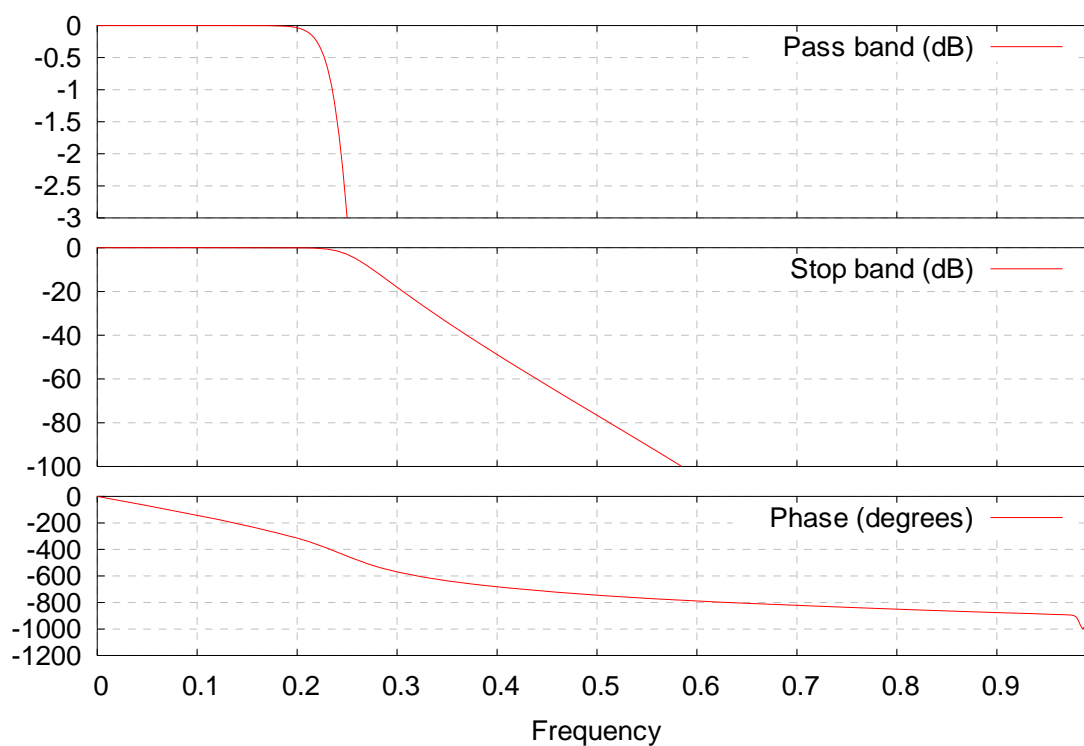
b) Filtr eliptyczny rzędu 10, o zafalowaniu 1,5 [dB] i tłumieniu 40 [dB]



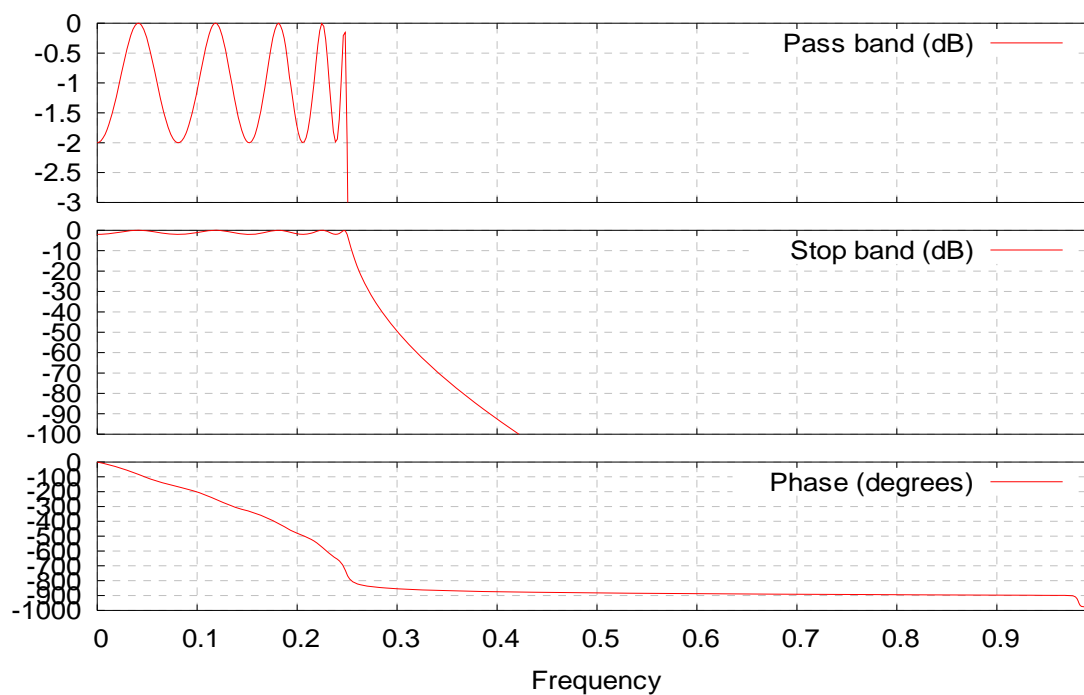
Rys. 3 Filtr eliptyczny rzędu 10 i zafalowaniu 1,5[dB] i tłumienia 40[dB]

2. Porównanie filtrów IIR w dziedzinie czasu i częstotliwości

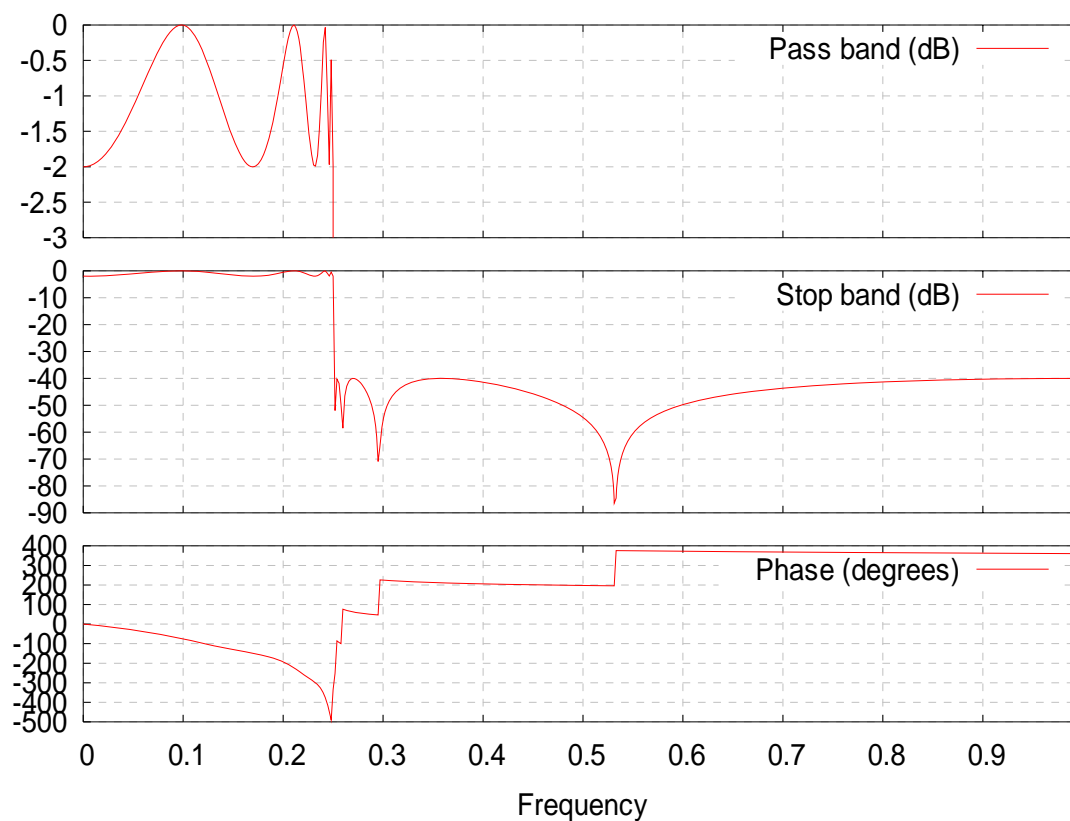
a) dziedzina częstotliwości



Rys. 4 Filtr Butterwortha rzędu 10, $f_c = 0,25$



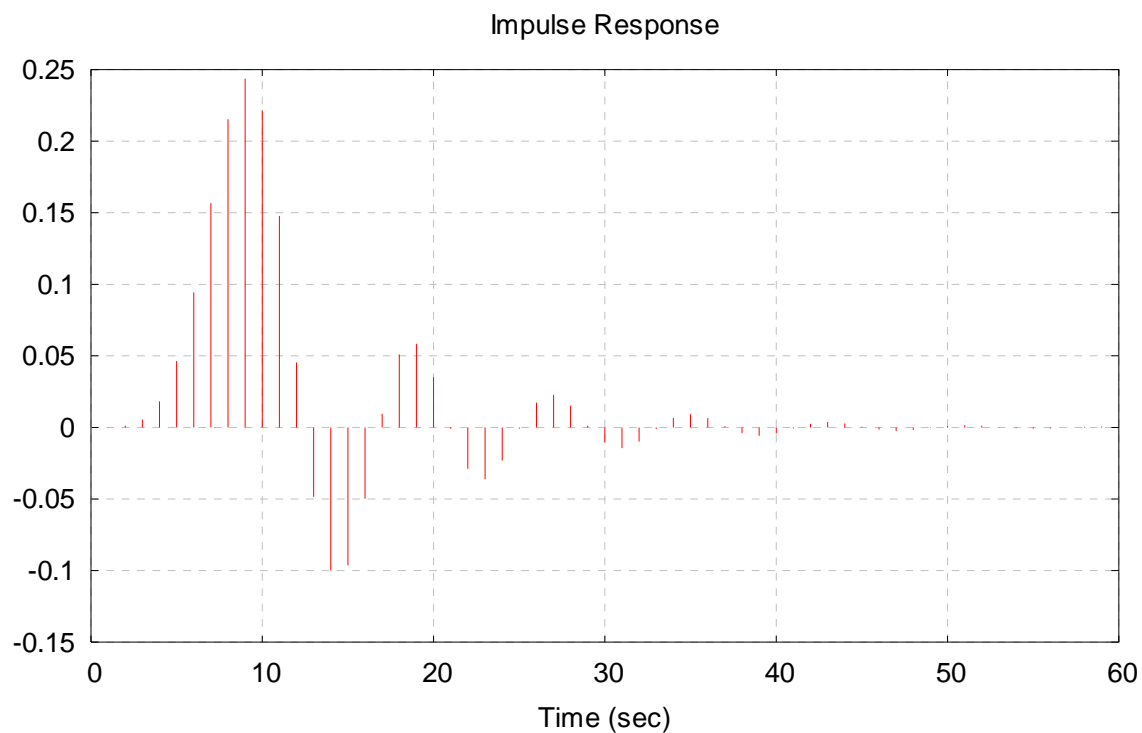
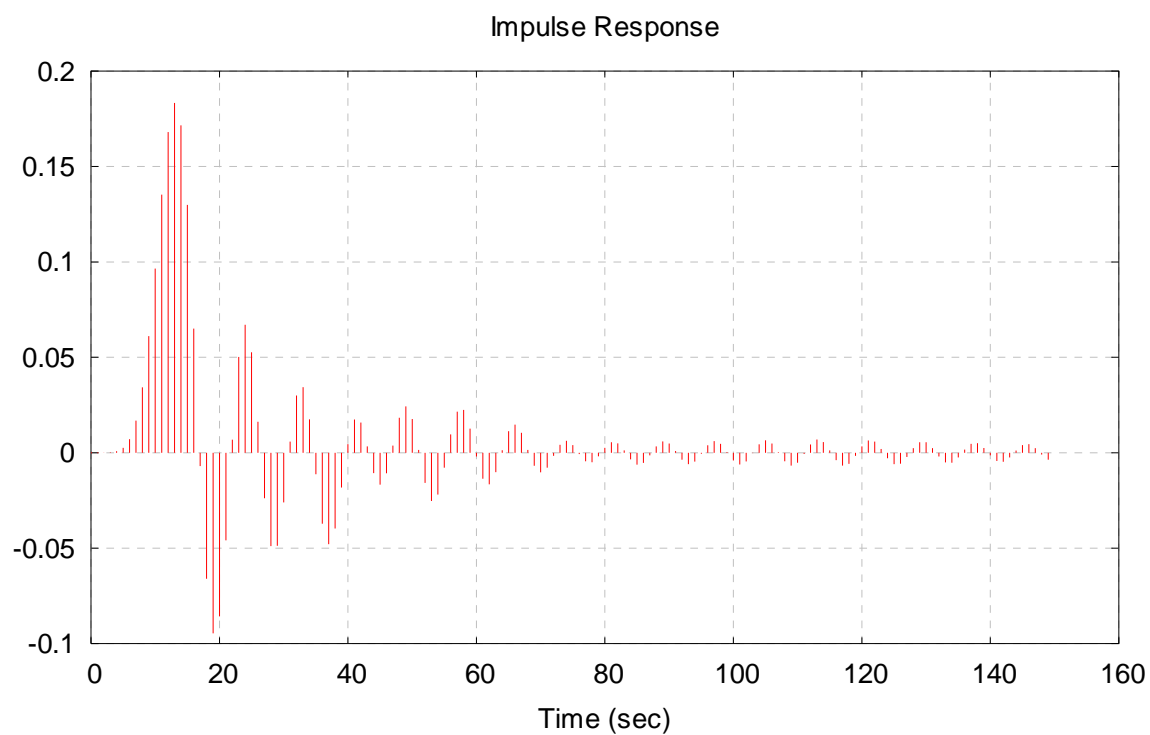
Rys. 5 Filtr Czebyszewa rzędu 10, $f_c = 0,25$ i zafalowaniu 2,0[dB]

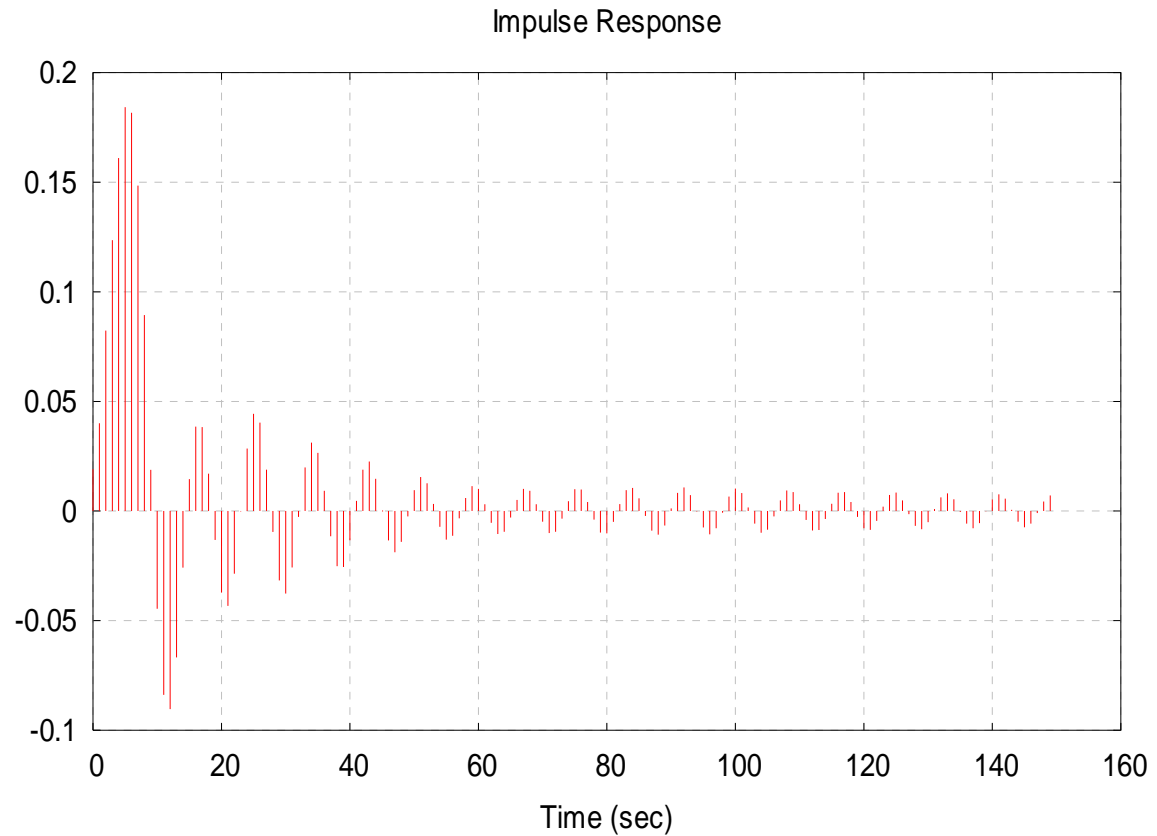


Rys. 6 Filtr eliptyczny rzędu 10, $f_c = 0,25$, zafalowaniu 2,0[dB] i tłumienia 40[dB]

Z powyższych rysunków widać jak filtry IIR różnych typów różnią się głównie szerokością pasma przejściowego. Najwęższe pasmo przejściowe ma filtr eliptyczny jednak odbywa się to kosztem zafalowania, zmniejszenia tłumienia oraz nieliniowości fazy. Najszerze pasmo przejściowe występuje w filtrze Butterwortha pomimo tej wady filtr ten ma liniową fazę oraz nie posiada zafalowania ani ograniczenia tłumienia. Filtr Czybyszewa ma węższe pasmo od filtru Butterwortha za cenę zafalowania.

b) dziedziną czasu

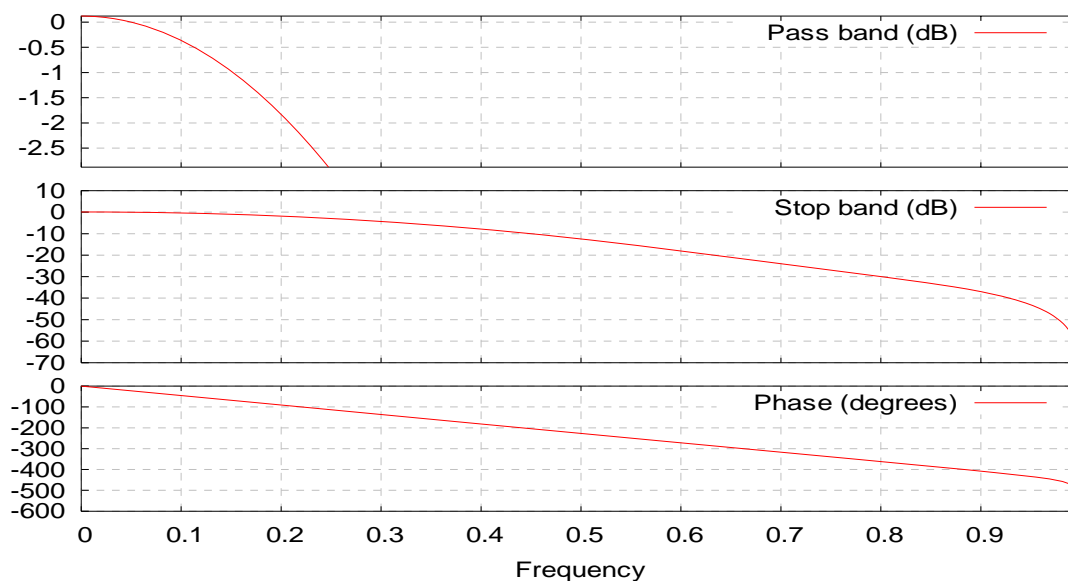
Rys. 7 Filtr Butterwortha rzędu 10, $f_c = 0,25$ Rys. 8 Filtr Czebyszewa rzędu 10, $f_c = 0,25$ i zafalowaniu 2,0[dB]



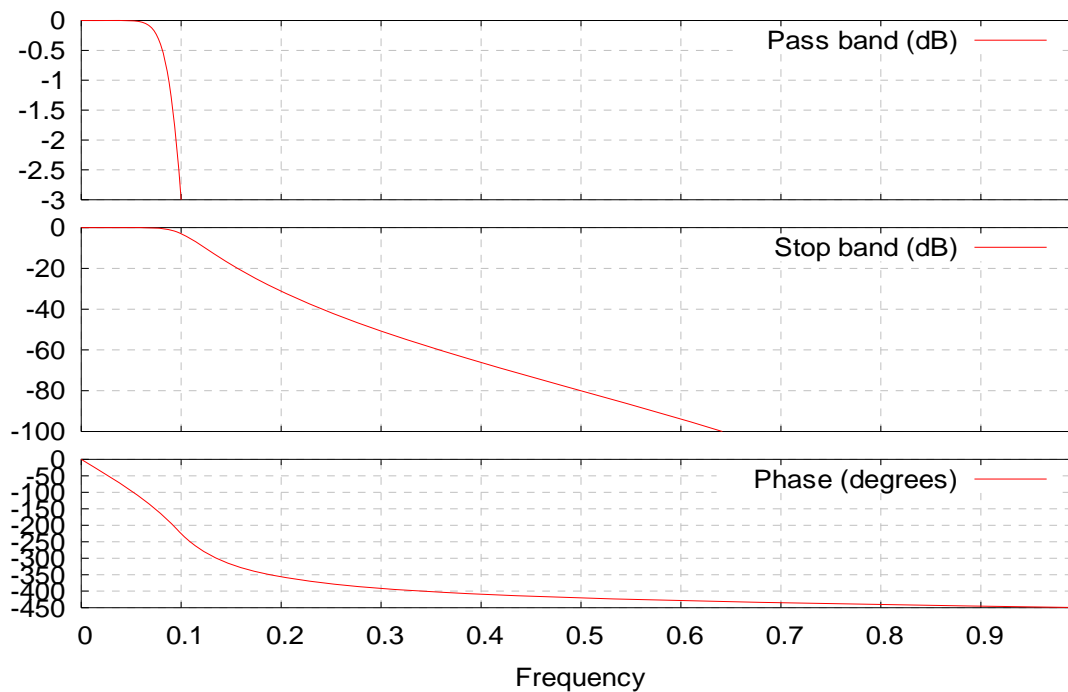
Rys. 9 Filtr eliptyczny rzędu 10, $f_c = 0,25$, zafalowaniu $2,0[dB]$ i tłumienia $40[dB]$

W dziedzinie czasu jak widać na przykładzie odpowiedzi impulsowej najszybszym filtrem jest filtr Butterwortha. Następne miejsce względem szybkości i poziomu tłumienia przypada filtrowi Czybyszewa. W przypadku filtru eliptycznego otrzymuje się szybszy spadek (do pewnego poziomu) w przypadku f. Czybyszewa jednak dalsze tłumienie bardzo małe.

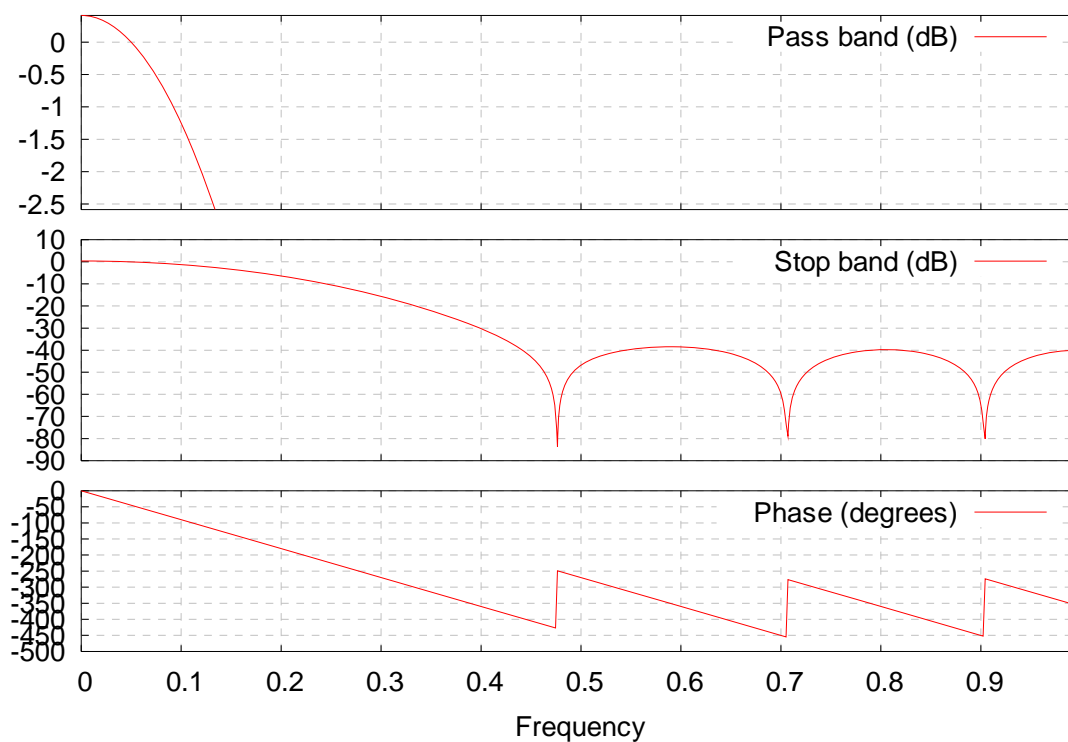
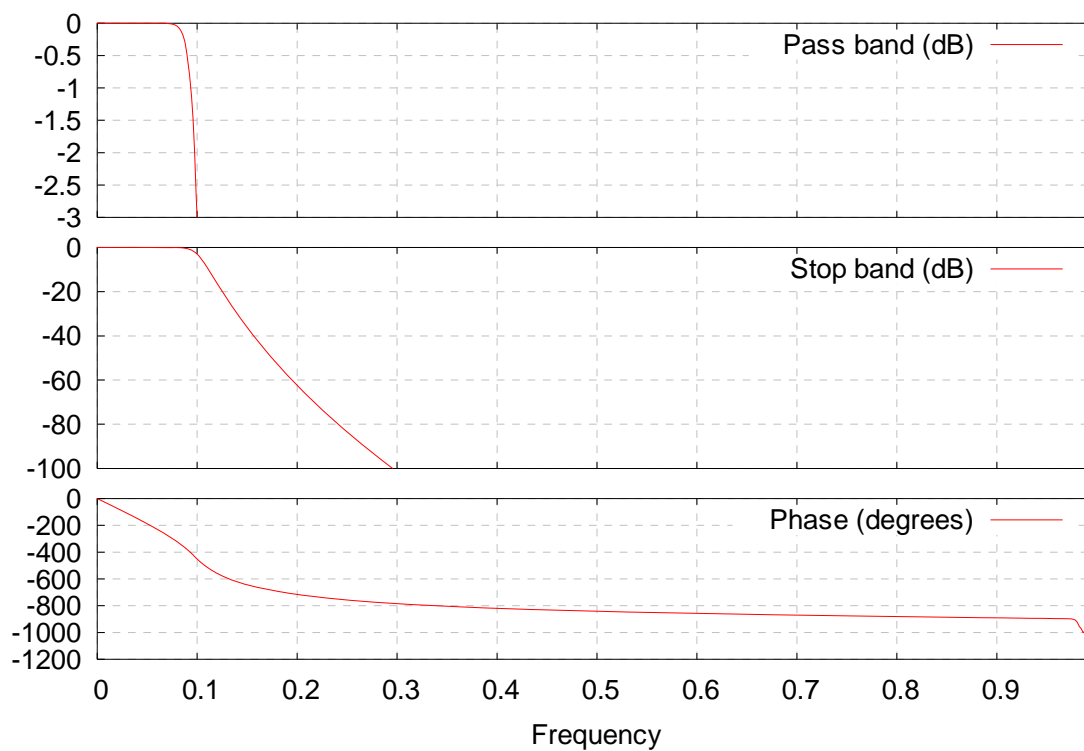
3. Projekt Filtru FIR dolnoprzepustowego o częstotliwości $f_c = 0.1$. Porównanie wpływu rzędów filtrów FIR i IIR

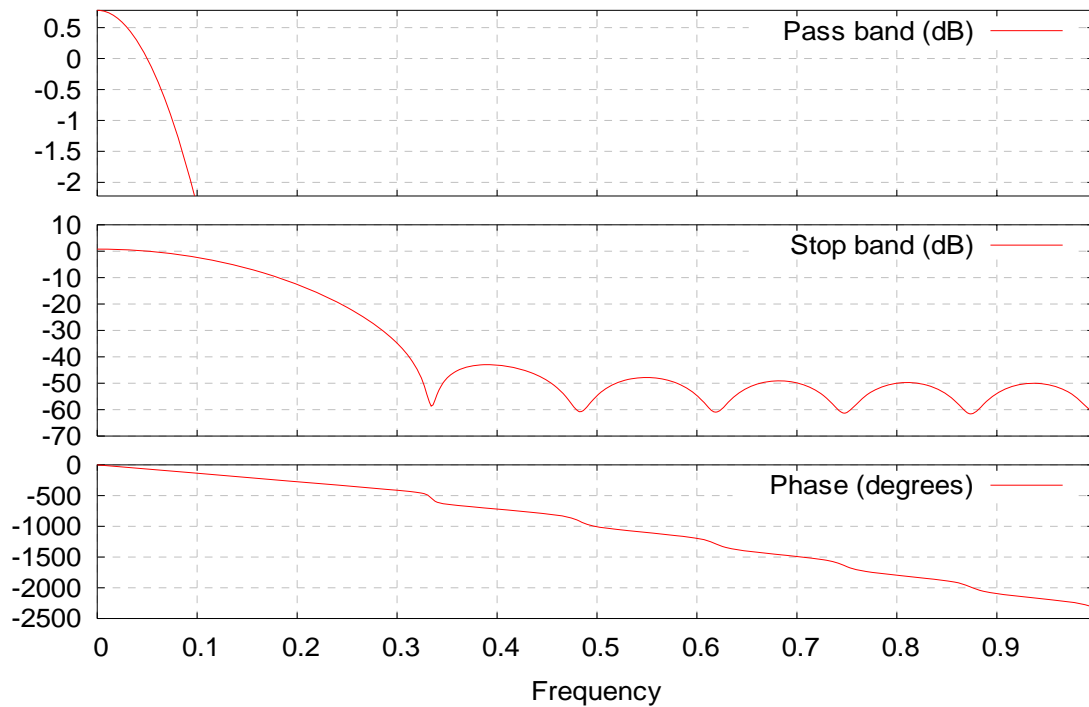
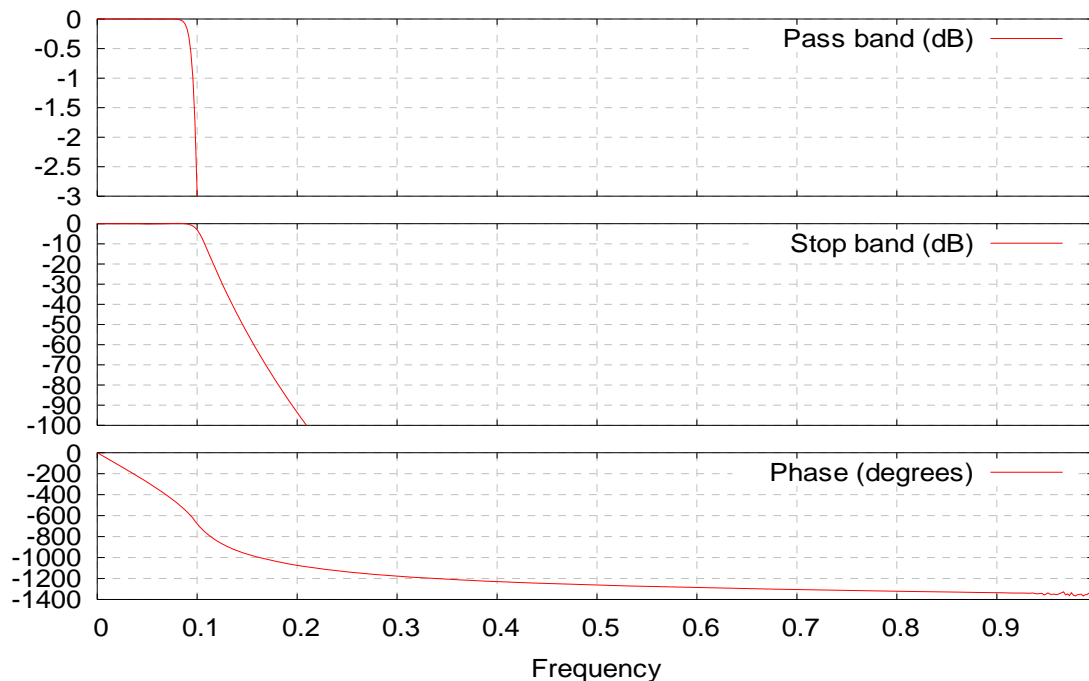


Rys. 10 Filtr FIR rzędu 5 i $f_c = 0.1$



Rys. 11 Filtr IIR (filtr Butterwortha) rzędu 5 i $f_c = 0.1$

Rys. 12 Filtr FIR rzędu 10 i $f_c = 0.1$ Rys. 13 Filtr IIR (filtr Butterwortha) rzędu 10 i $f_c = 0.1$

Rys. 14 Filtr FIR rzędu 15 i $f_c = 0.1$ Rys. 15 Filtr IIR (filtr Butterwortha) rzędu 15 i $f_c = 0.1$

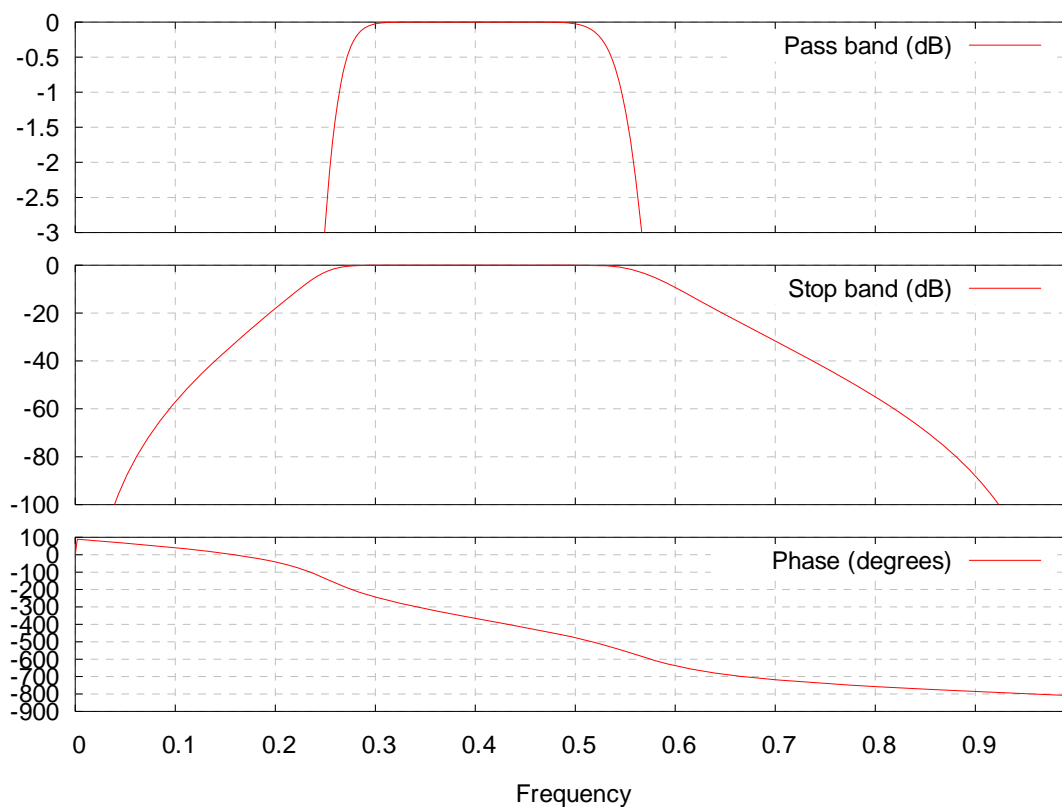
Wraz ze zwiększaniem rzędu filtra (dowolnie IIR czy FIR) maleje szerokość pasma przejściowego. Ciekawe jest to, że zasadniczo tłumienie filtra prawie się nie zmienia wraz ze wzrostem rzędu. Filtry IIR przy tym samym rzędzie mniej więcej dwa razy więcej operacji mnożenia i dodawania niż filtry FIR. Zasadniczą cechą odróżniającą filtry FIR i IIR jest faza. Filtry FIR umożliwiają łatwą i dokładną realizację liniowej fazy, a więc stałego czasu

opóźnienia grupowego, nie powodują zniekształceń fazy. Ze względu na fakt, iż filtry FIR nie mają gałęzi sprzężenia zwrotnego, są one stabilne dla dowolnych współczynników.

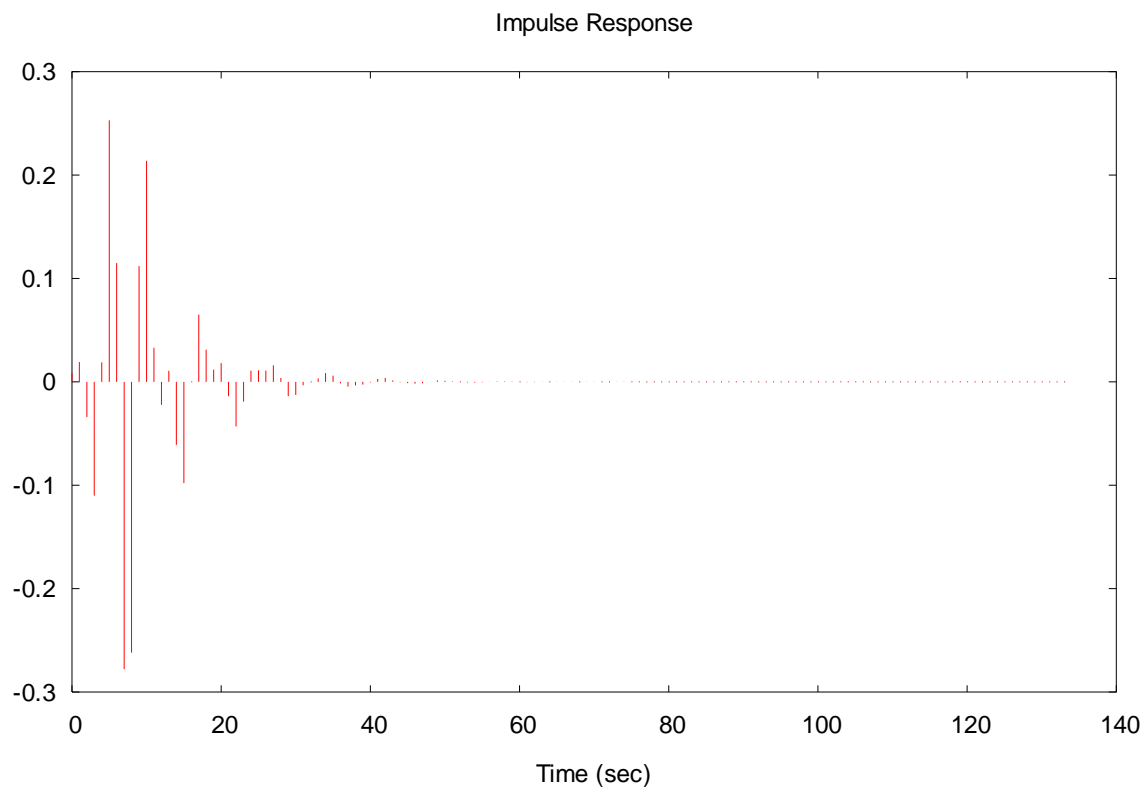
4. Projekt filtru IIR o podanych parametrach

- Nierównomierność ch-ki amp. w paśmie przep. $\leq 0.5\text{dB}$
- Szerokość pasma przejściowego = 0.8kHz ($1.2\text{kHz} \div 2\text{ kHz}$)
- tłumienie w paśmie zaporowym $\geq 40\text{ dB}$
- częstotliwość próbkowania = 8 kHz

Zaprojektowany filtr jest filtrem Butterwortha rzędu 5

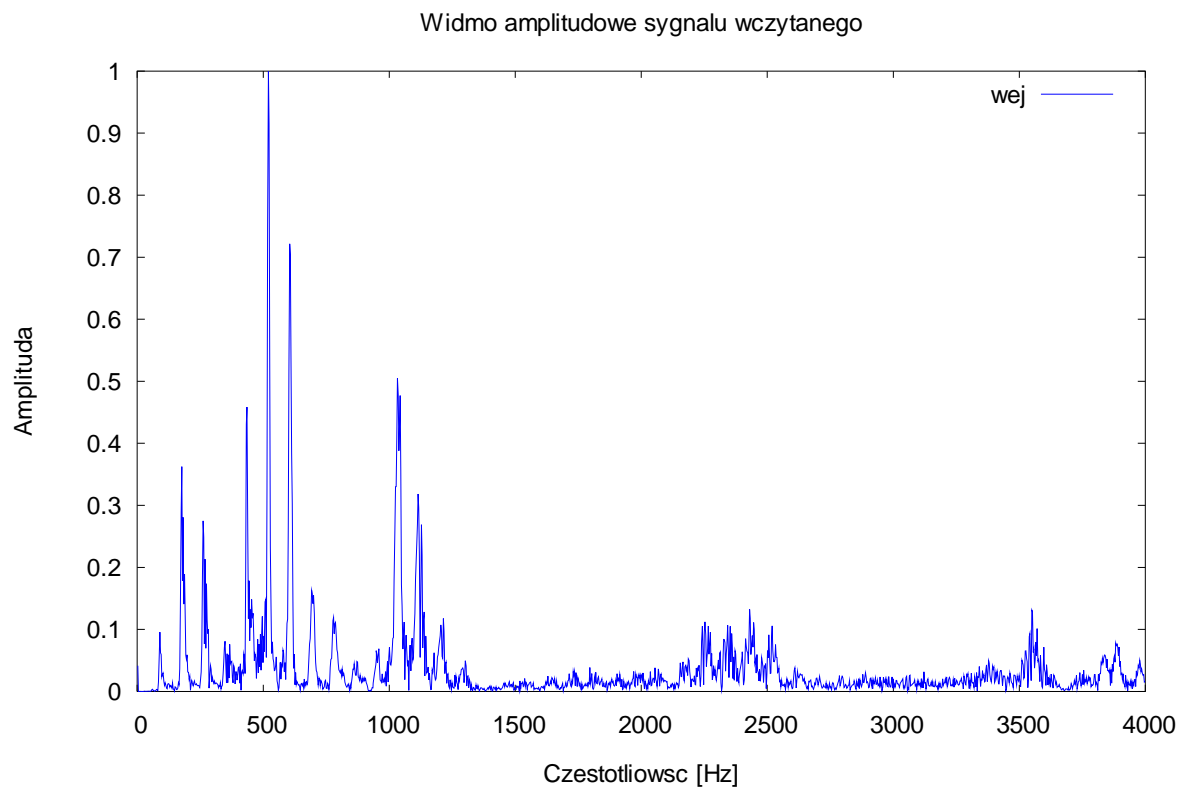


Rys. 16 Charakterystyki częstotliwościowe zaprojektowanego filtru

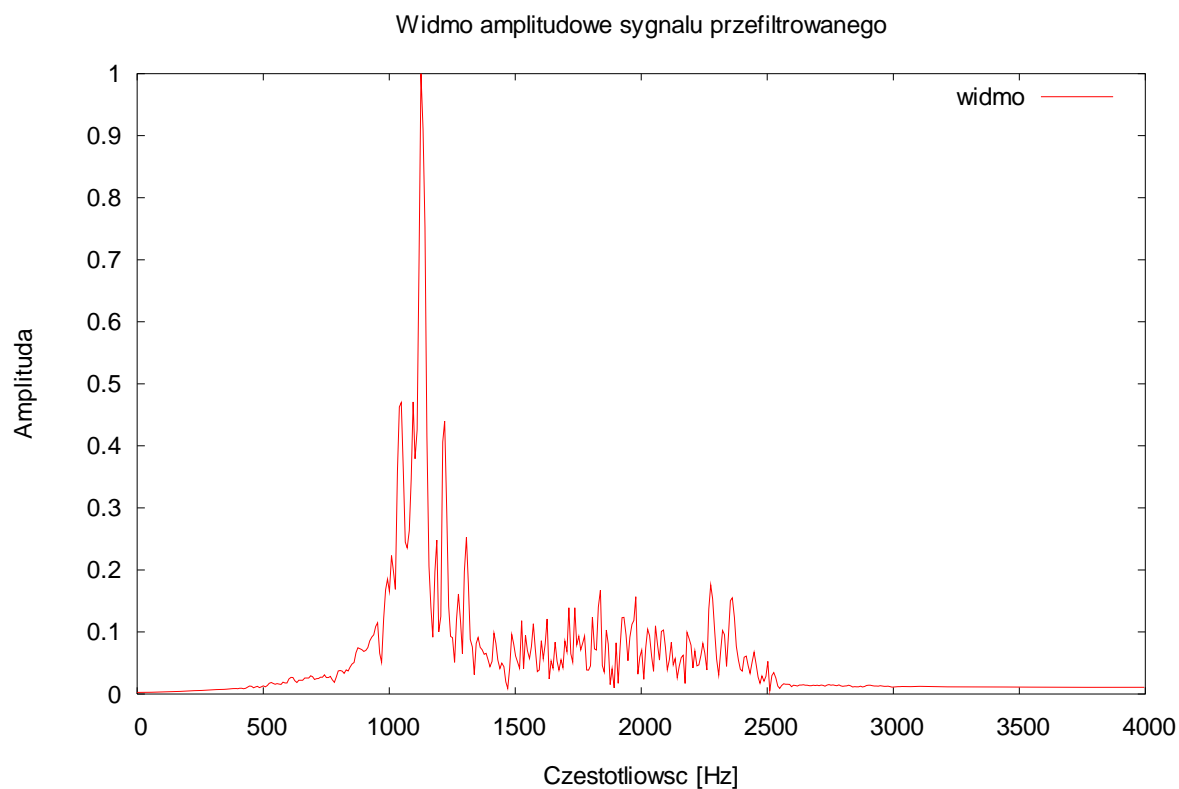


Rys. 17 Odpowiedź impulsowa zaprojektowanego filtra

Dodatkowo przez filtr został przepuszczony sygnał audio. Jego widmo znajduje się poniżej, łącznie z widmem sygnału na wyjściu filtra.



Rys. 18 Widmo amplitudowe sygnału „dzwon.wav”

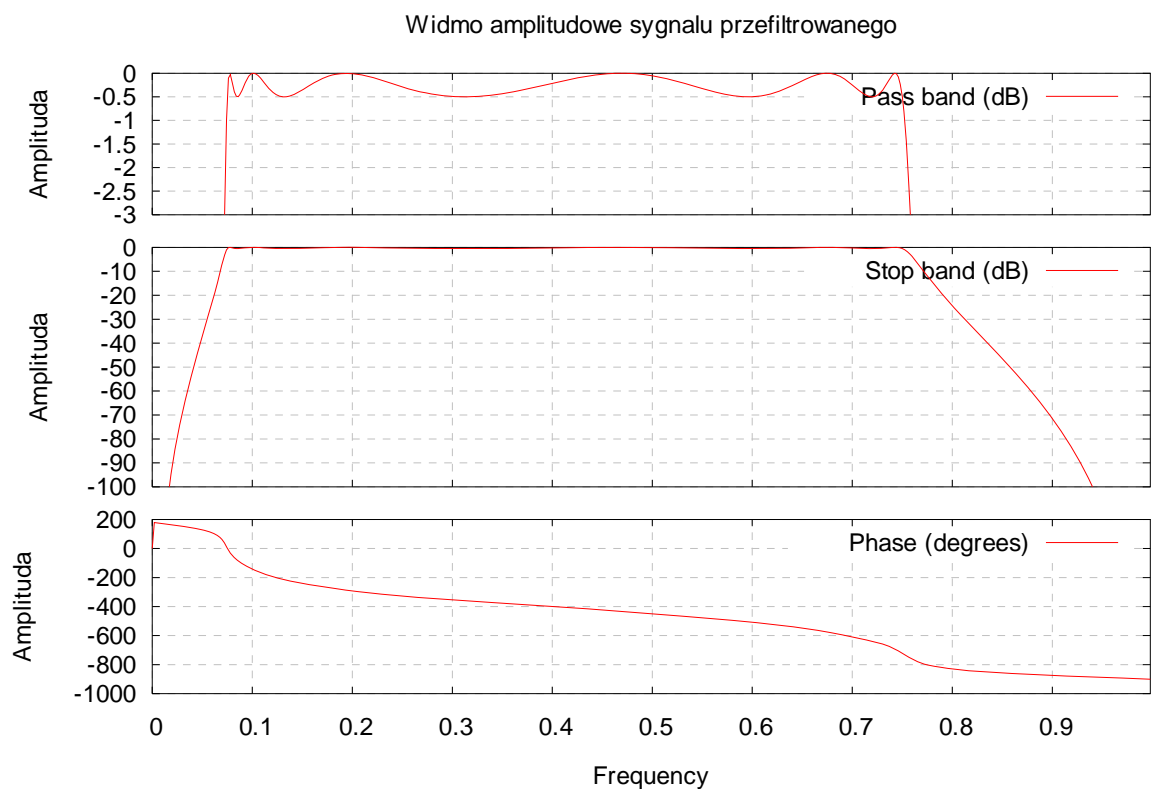


Rys. 19 Widmo amplitudowe sygnału odfiltrowanego

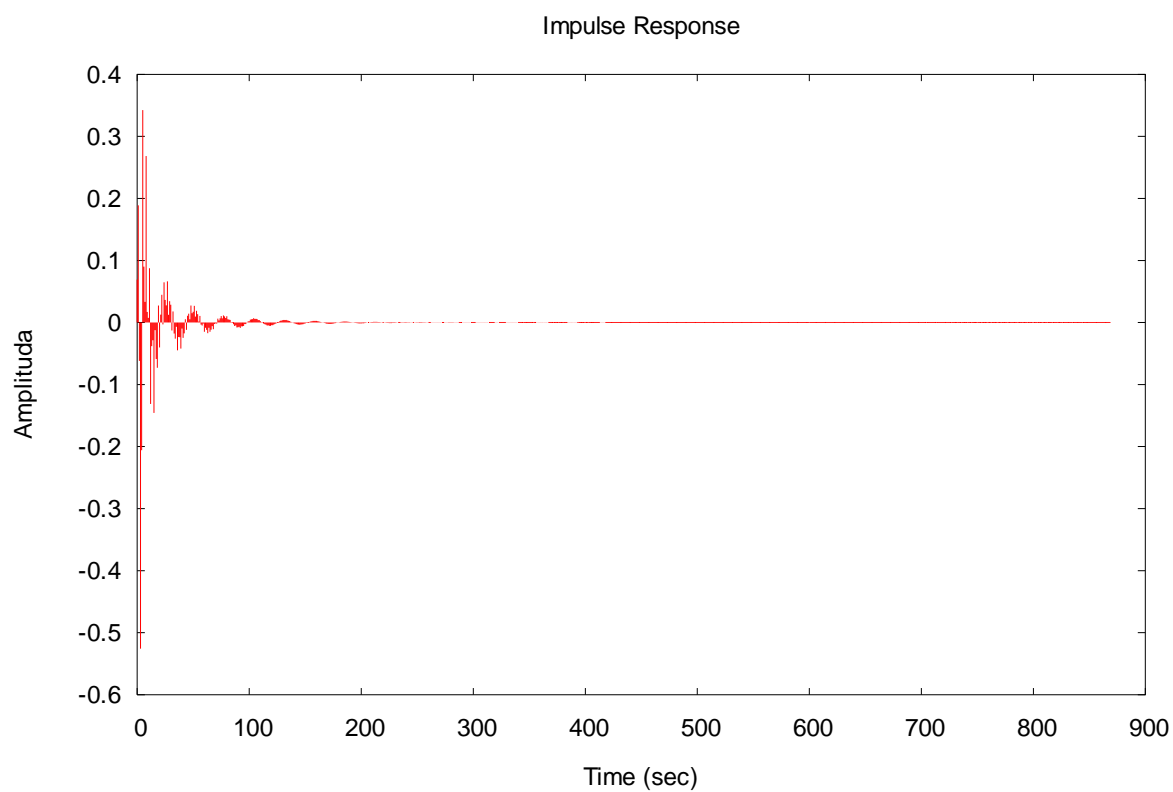
5. Projekt filtru pasmowo przepustowego

Filtr jest filtrem pasmowo przepustowym w zakresie $300 \div 3000$ Hz, przy częstotliwości próbkowania 8000 Hz. Zaprojektowany filtr to filtr typu IIR Czybyszewa, rzędu 15. Podczas badania właściwości filtru użyłem go do filtracji sygnału mowy i sygnału sumy trzech sinusoid o różnych częstotliwościach. Poniżej są przedstawione wykresy łącznie z widmami amplitudowymi sygnałów wejściowych i odfiltrowanych dla trzech wartości tłumienia w paśmie zaporowym.

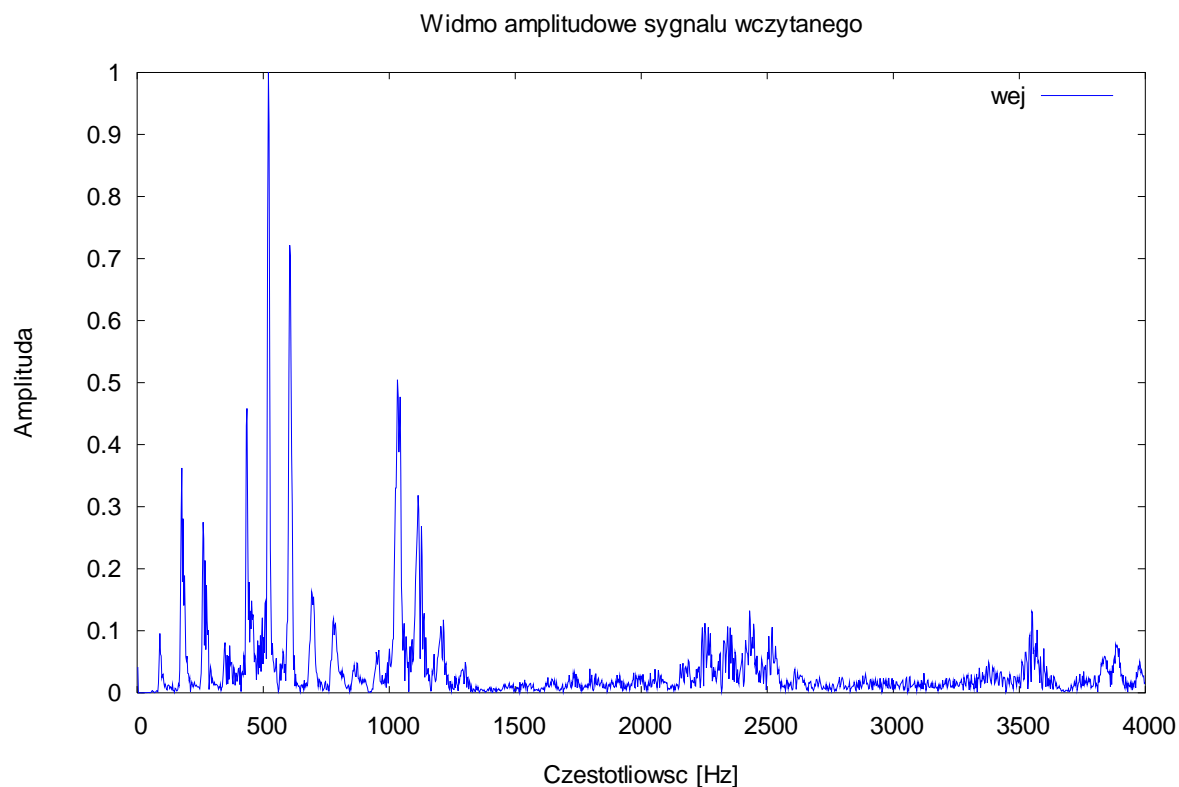
a) Tłumienie w paśmie zaporowym = 10dB



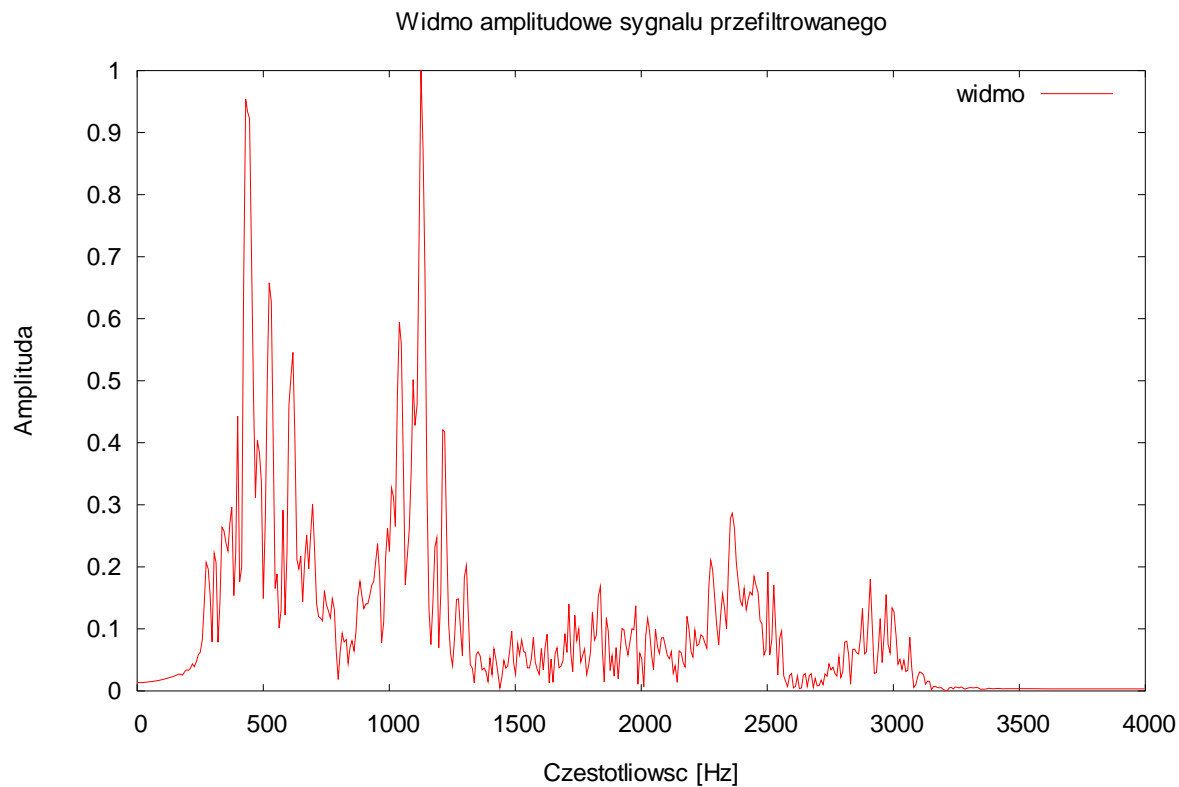
Rys. 20 Charakterystyki częstotliwościowe zaprojektowanego filtra



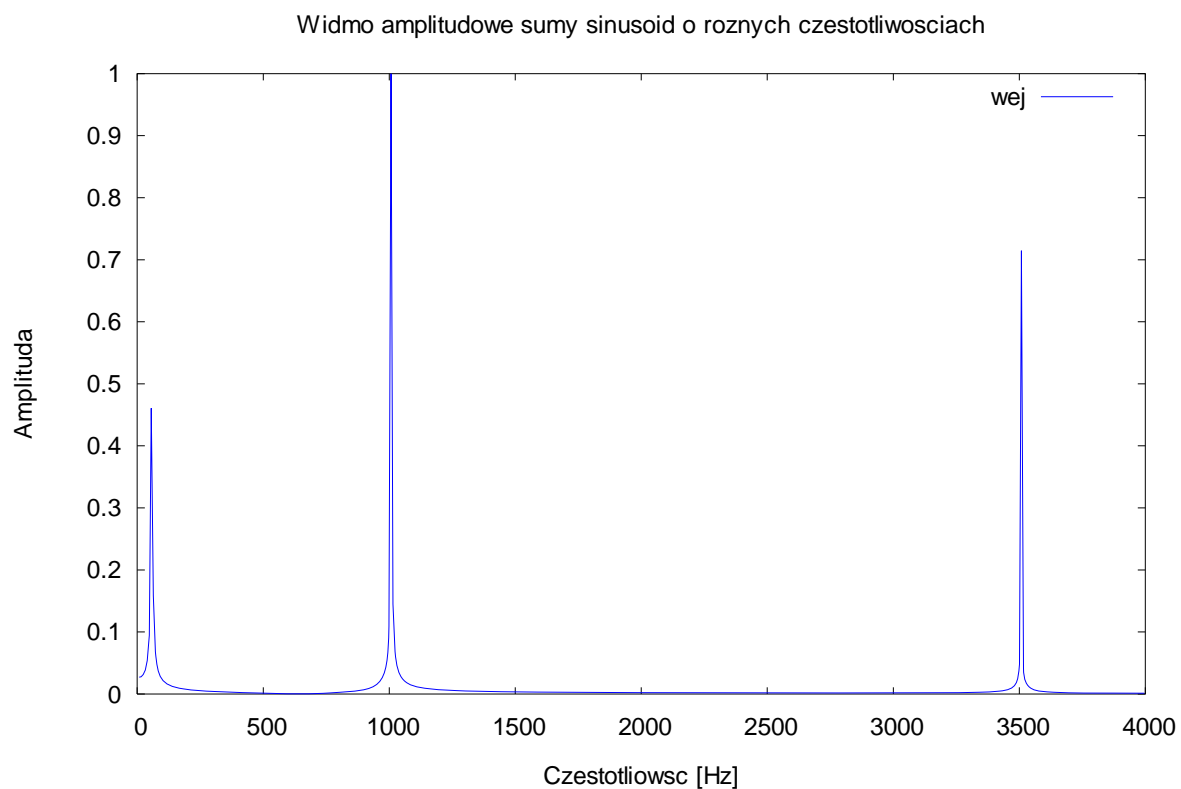
Rys. 21 Odpowiedź impulsowa zaprojektowanego filtra



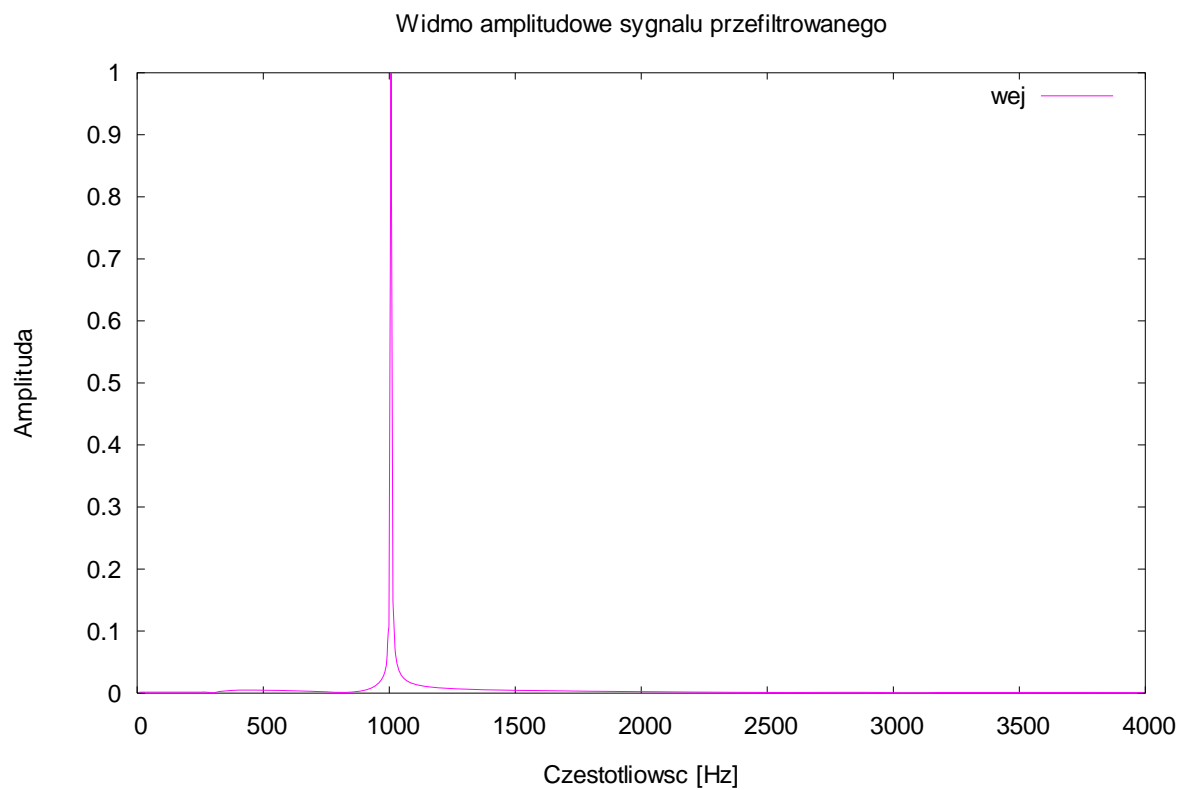
Rys. 22 Widmo amplitudowe sygnału „dzwon.wav”



Rys. 23 Widmo amplitudowe sygnału odfiltrowanego

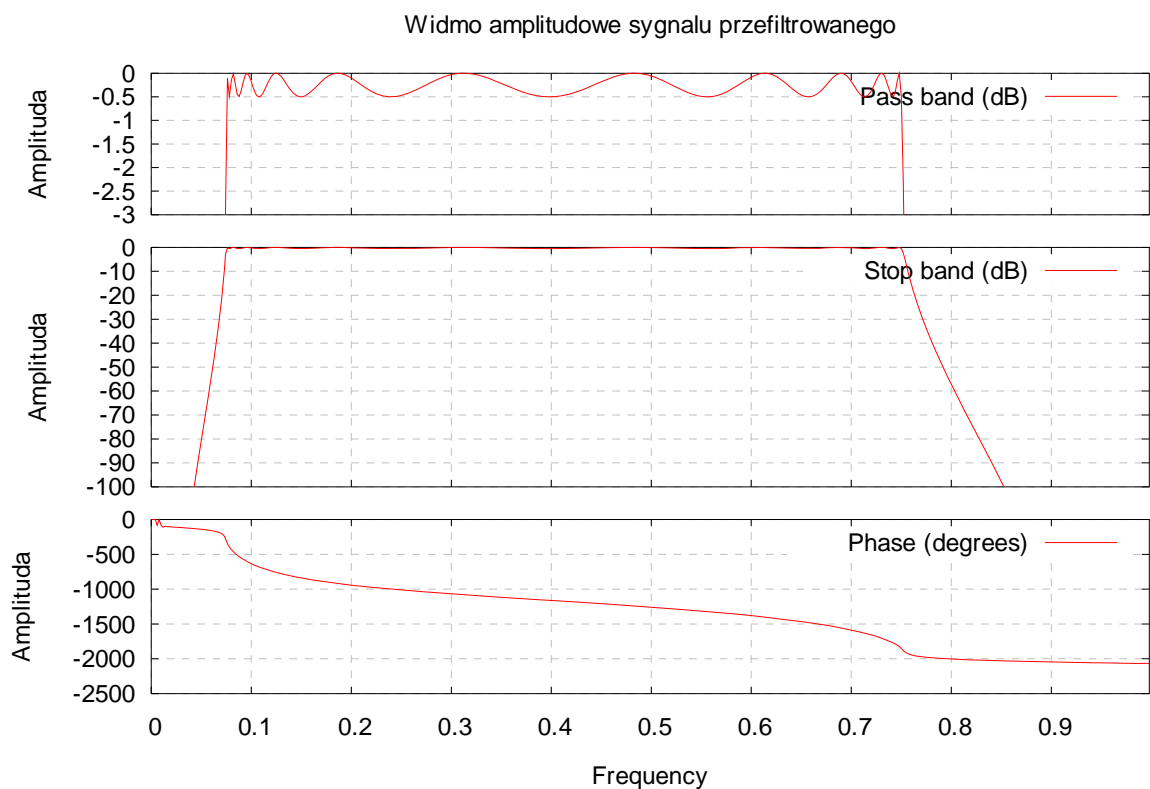


Rys. 24 Widmo amplitudowe sumy sinusoid o różnych częstotliwościach

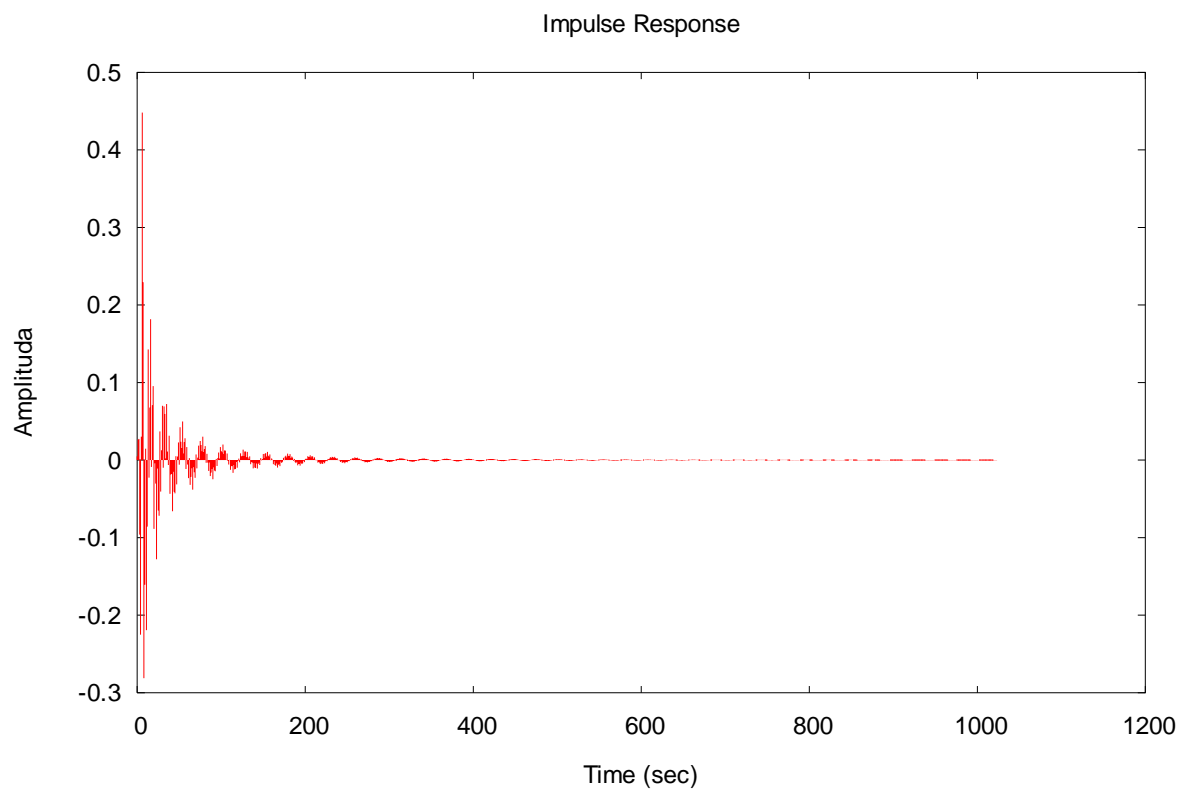


Rys. 25 Widmo amplitudowe sygnału odfiltrowanego

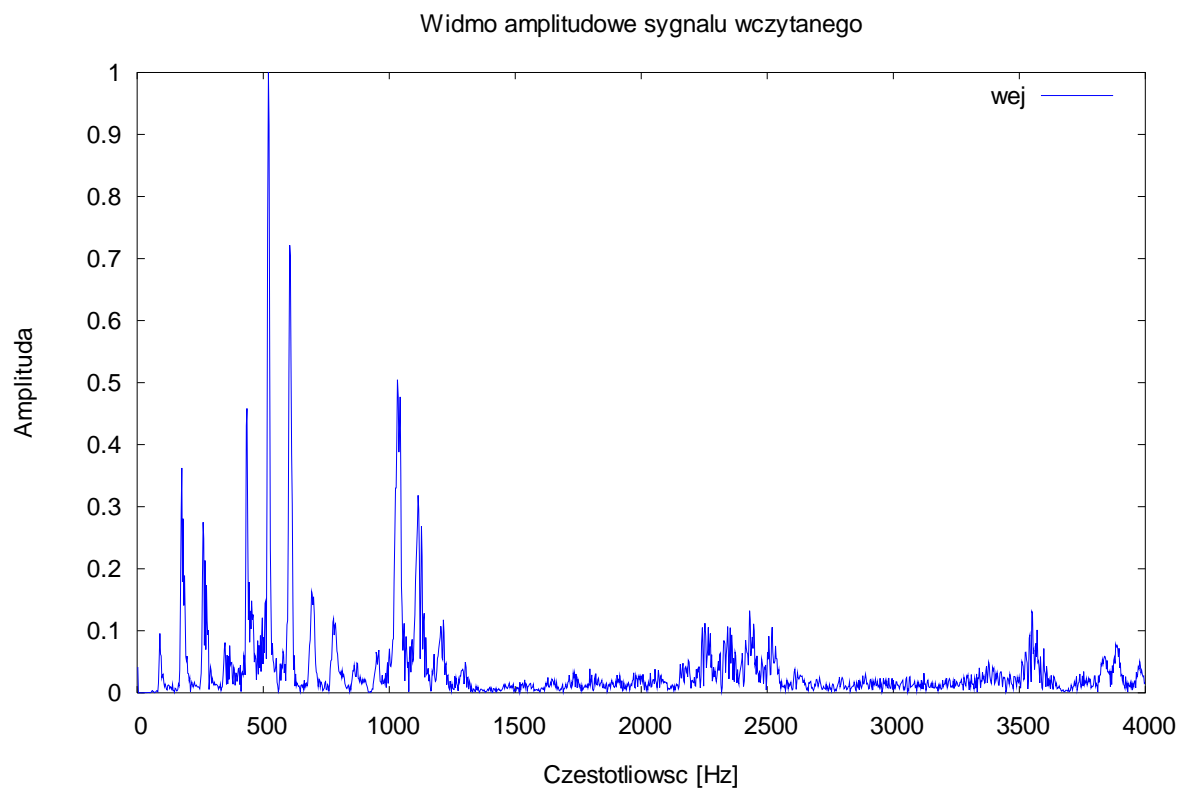
b) Tłumienie w paśmie zaporowym = 30dB



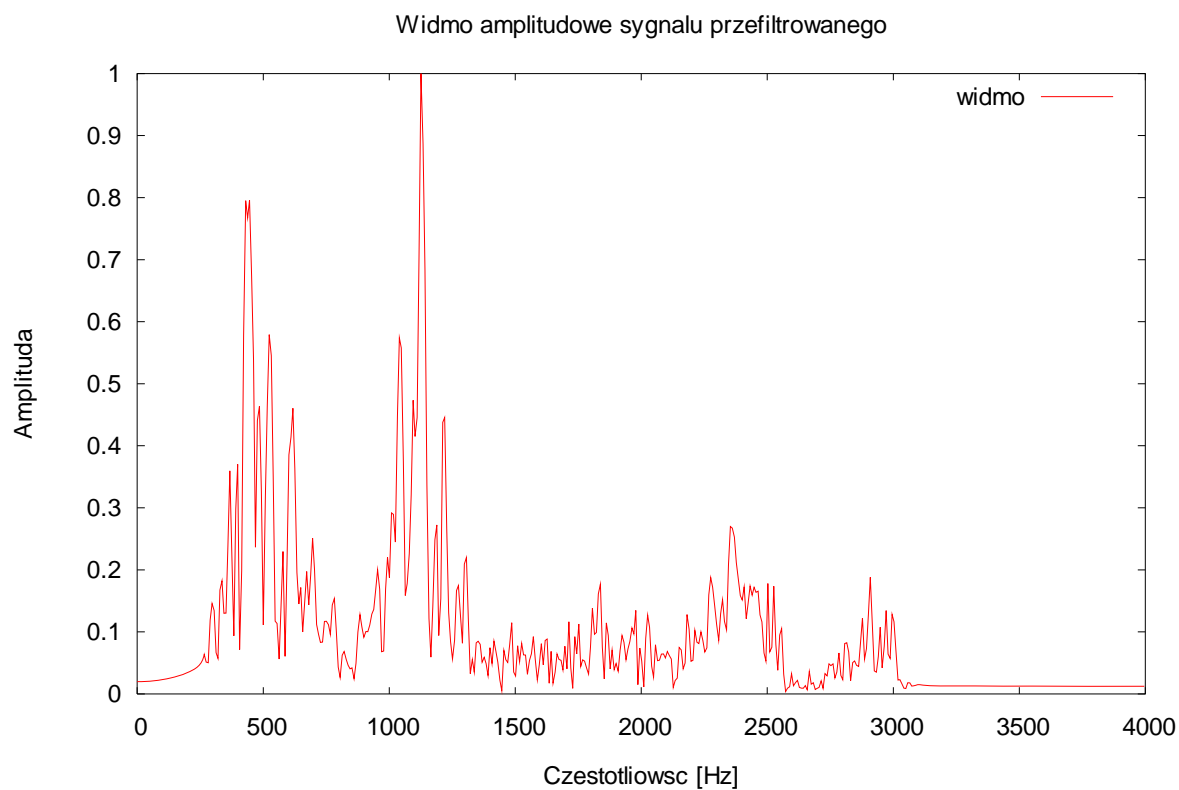
Rys. 26 Charakterystyki częstotliwościowe zaprojektowanego filtra



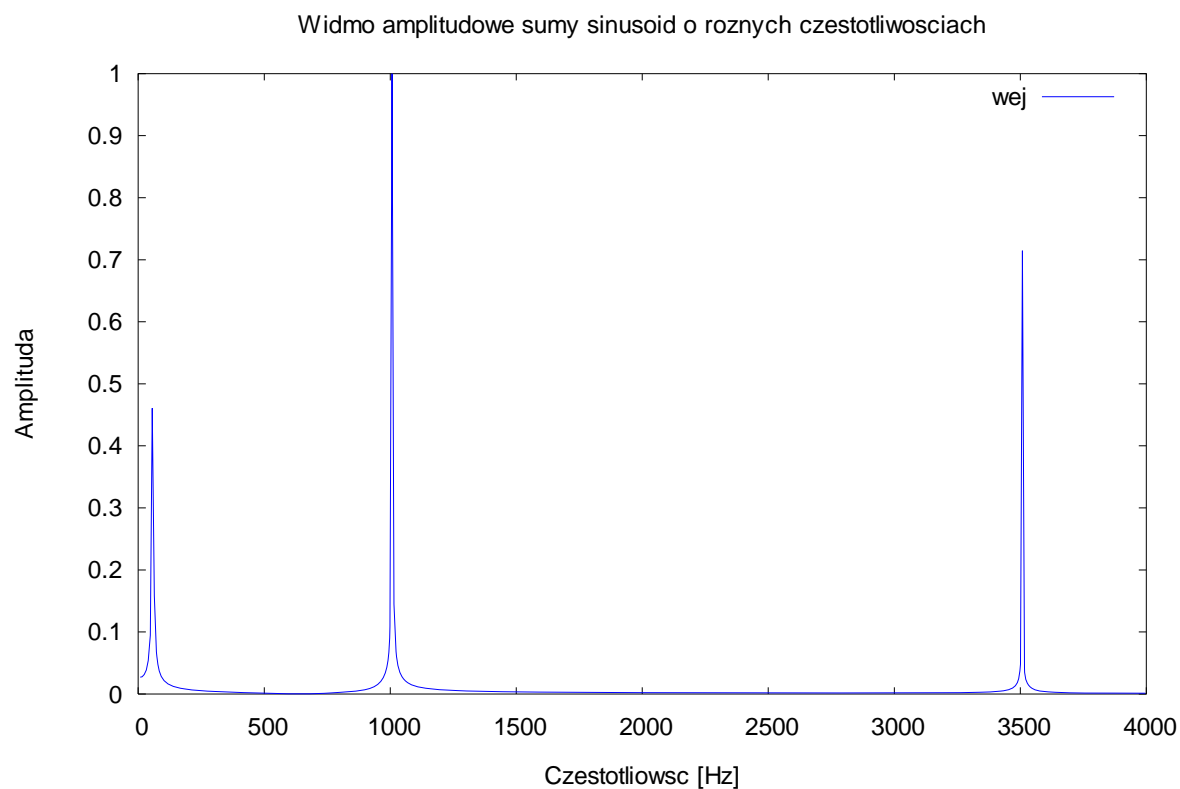
Rys. 27 Odpowiedź impulsowa zaprojektowanego filtra



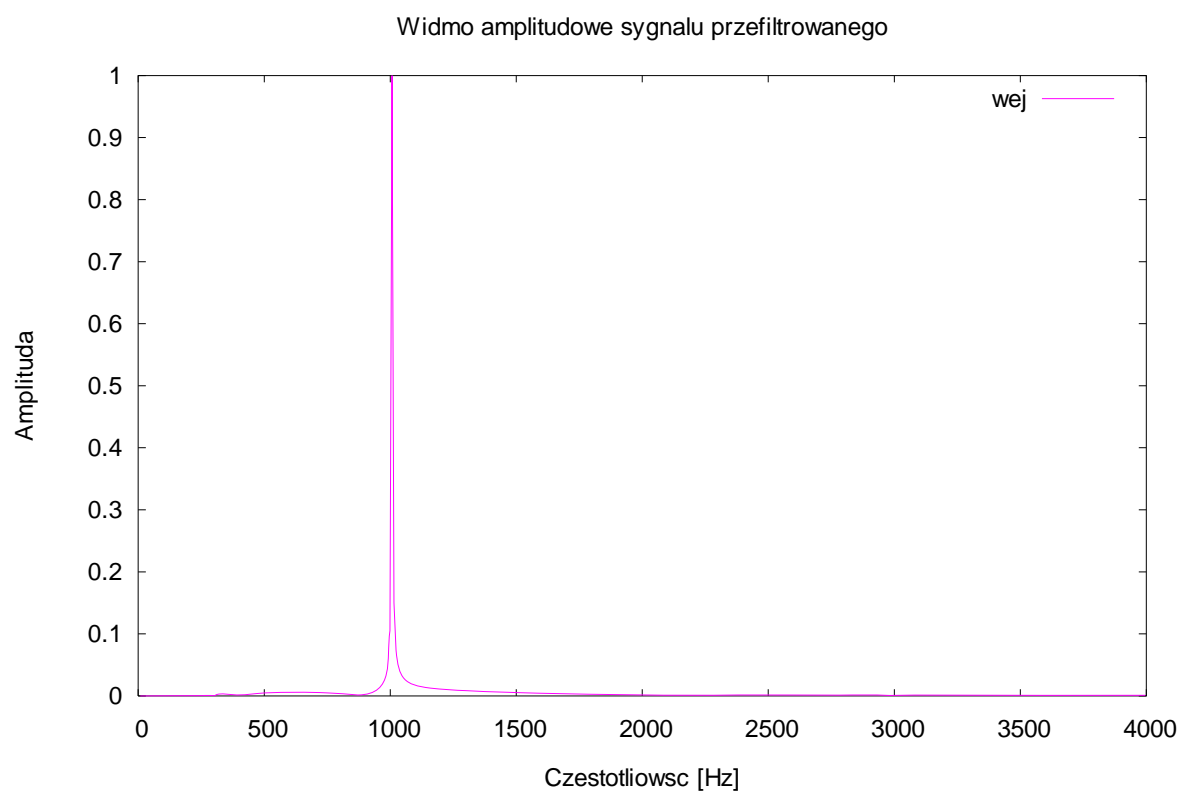
Rys. 28 Widmo amplitudowe sygnału „dzwon.wav”



Rys. 29 Widmo amplitudowe sygnału odfiltrowanego

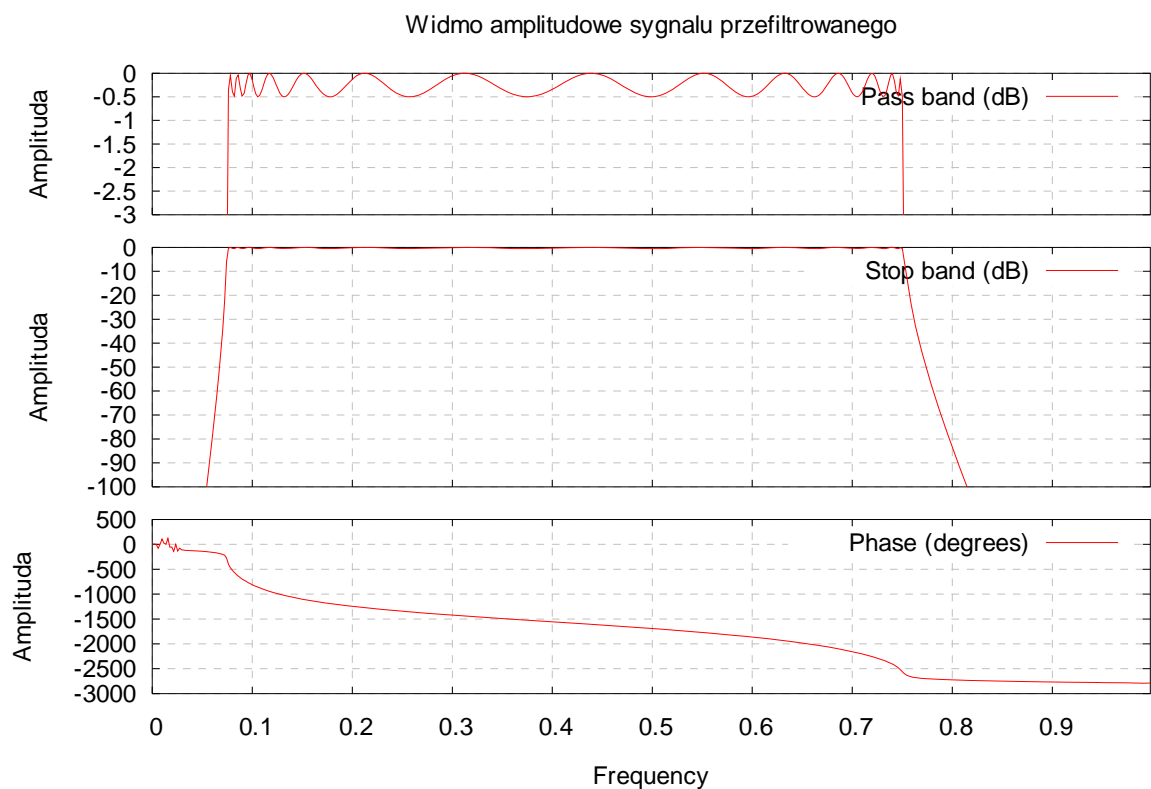


Rys. 30 Widmo amplitudowe sumy sinusoid o różnych częstotliwościach

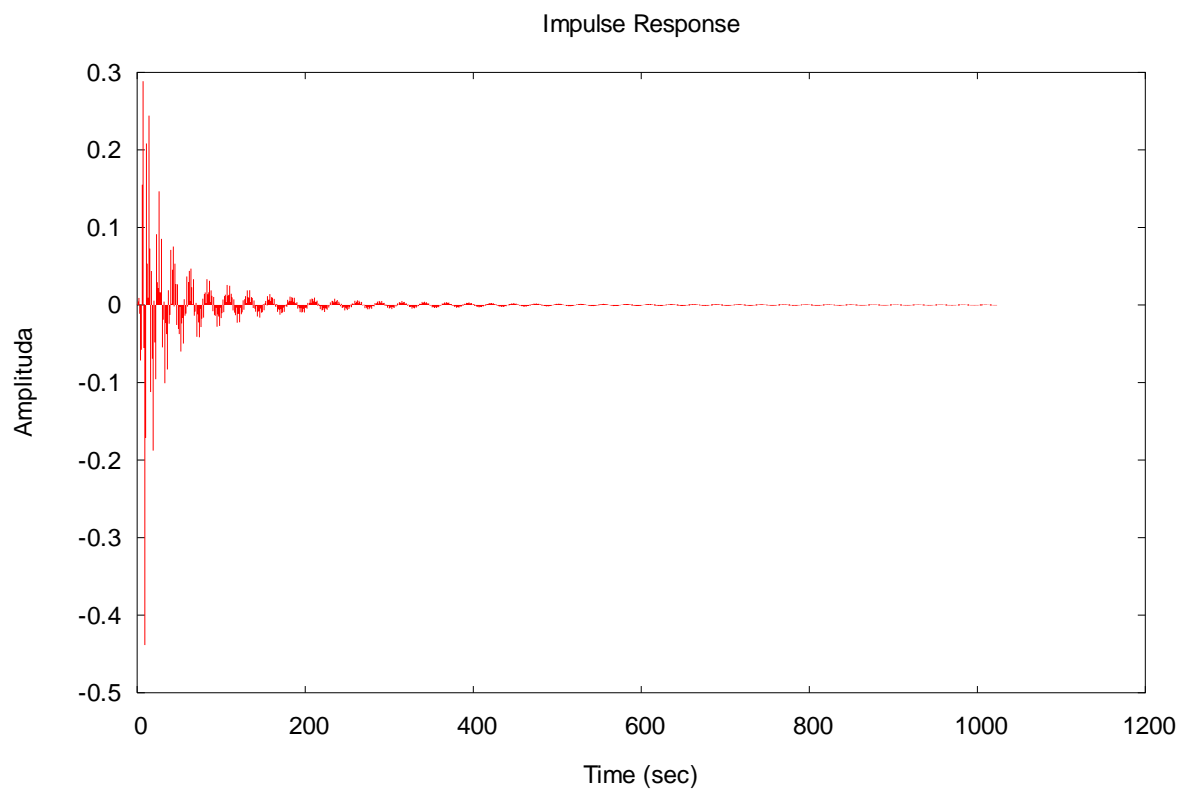


Rys. 31 Widmo amplitudowe sygnału odfiltrowanego

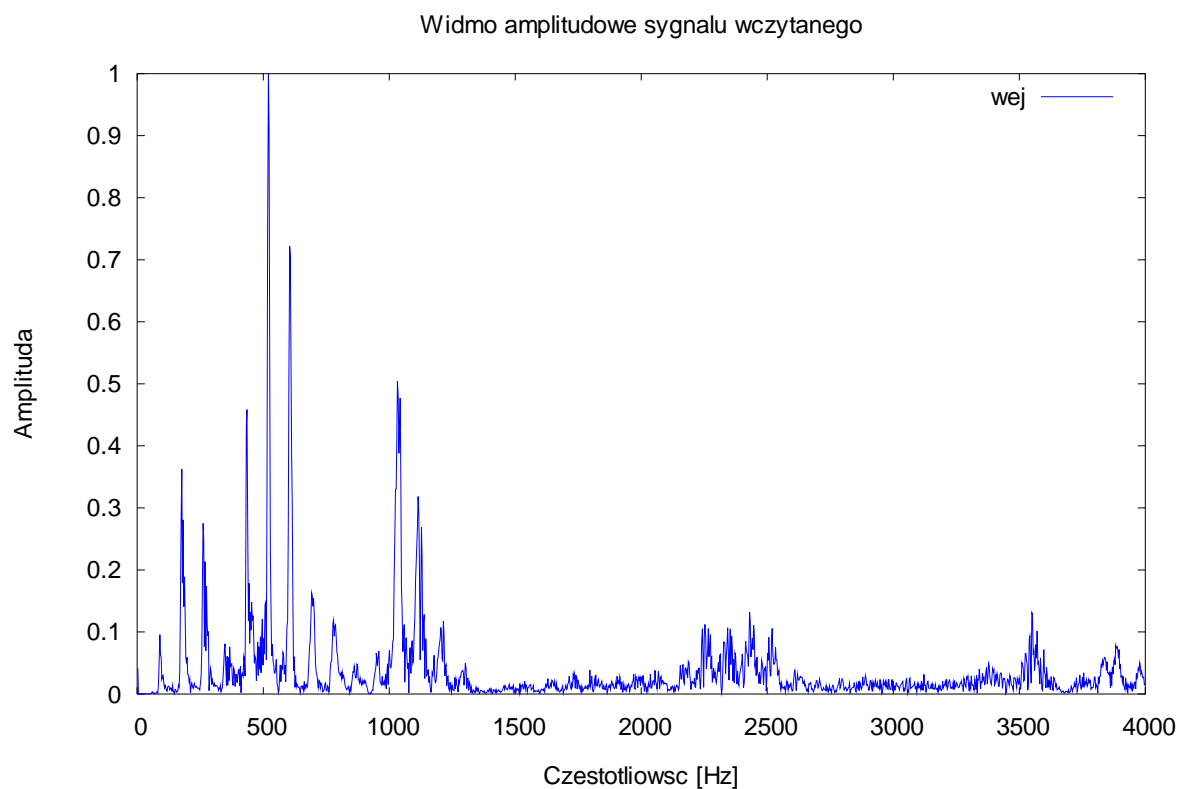
c) Tłumienie w paśmie zaporowym = 50dB



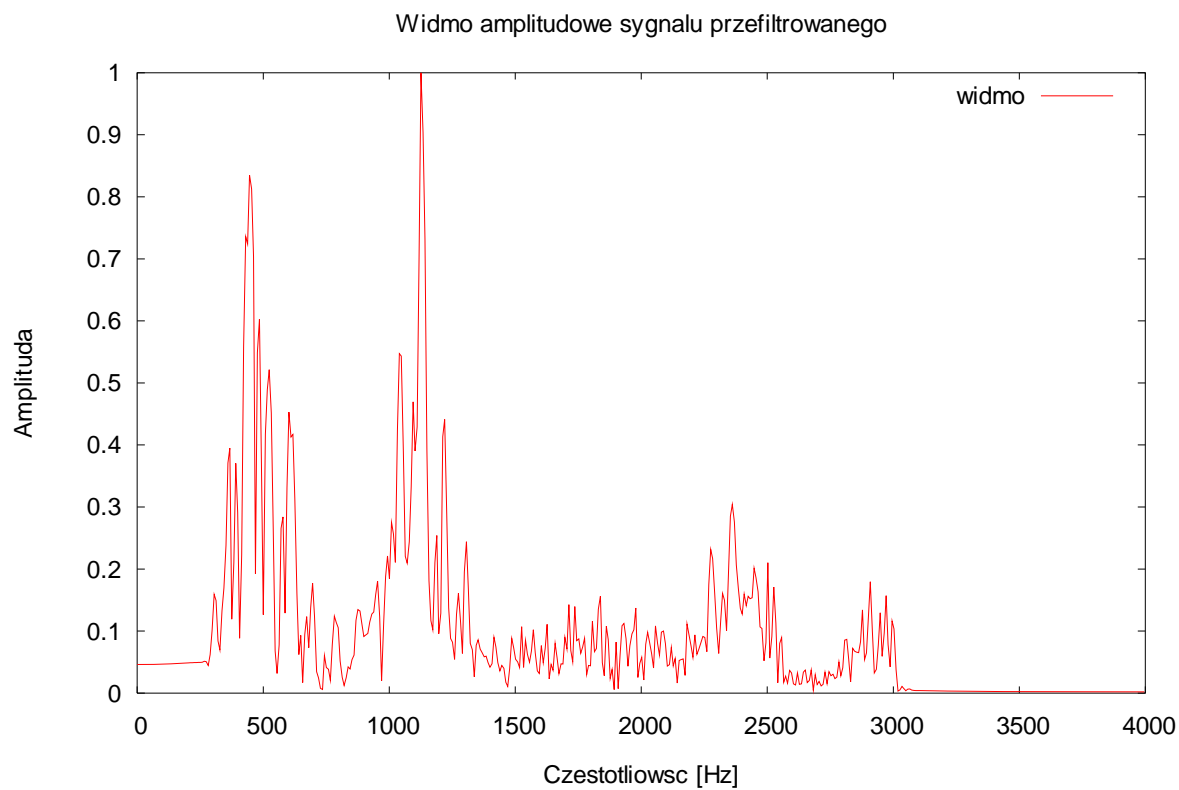
Rys. 32 Charakterystyki częstotliwościowe zaprojektowanego filtra



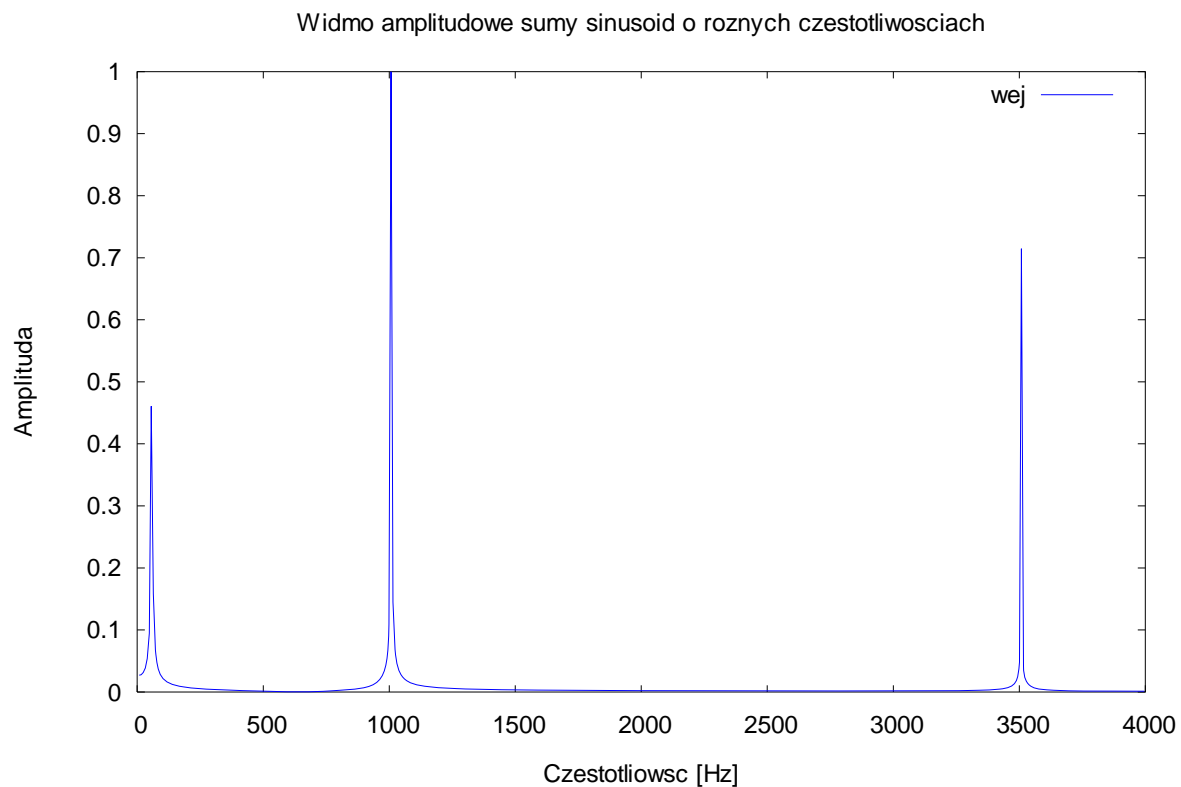
Rys. 33 Odpowiedź impulsowa zaprojektowanego filtra



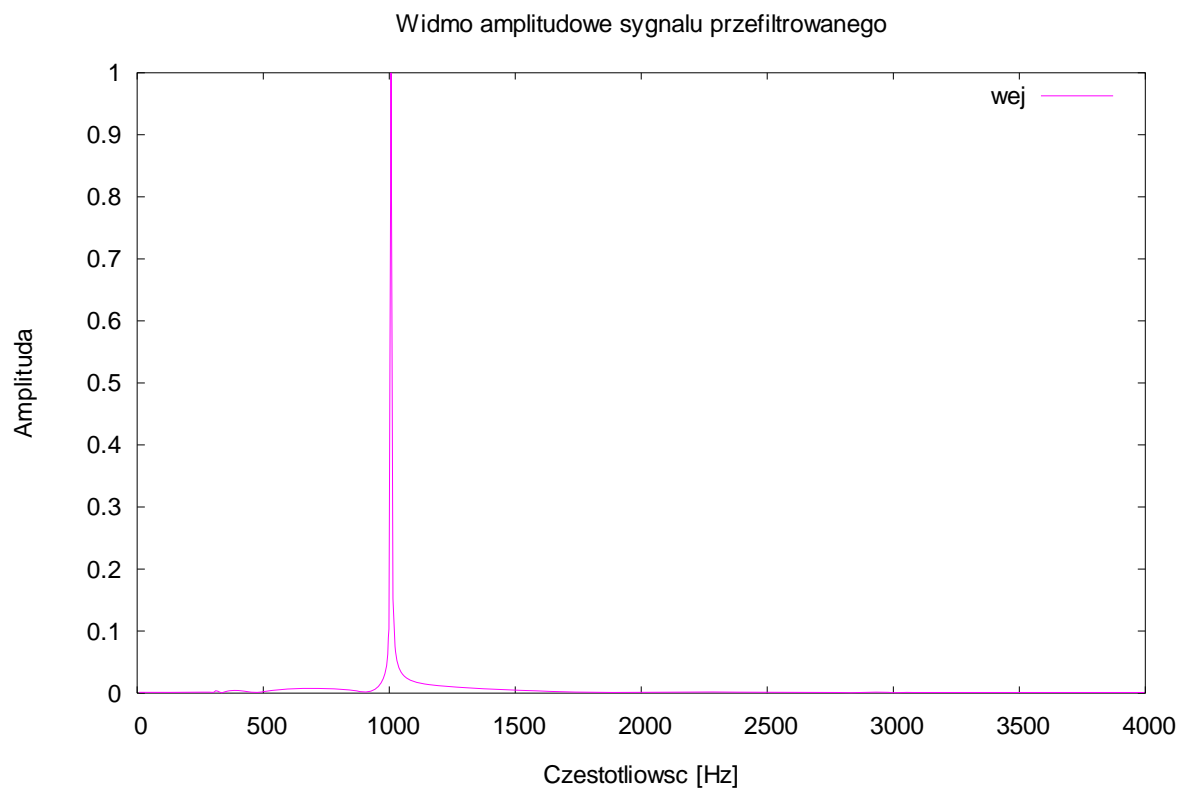
Rys. 34 Widmo amplitudowe sygnału „dzwon.wav”



Rys. 35 Widmo amplitudowe sygnału odfiltrowanego



Rys. 36 Widmo amplitudowe sumy sinusoid o różnych częstotliwościach



Rys. 37 Widmo amplitudowe sygnału odfiltrowanego

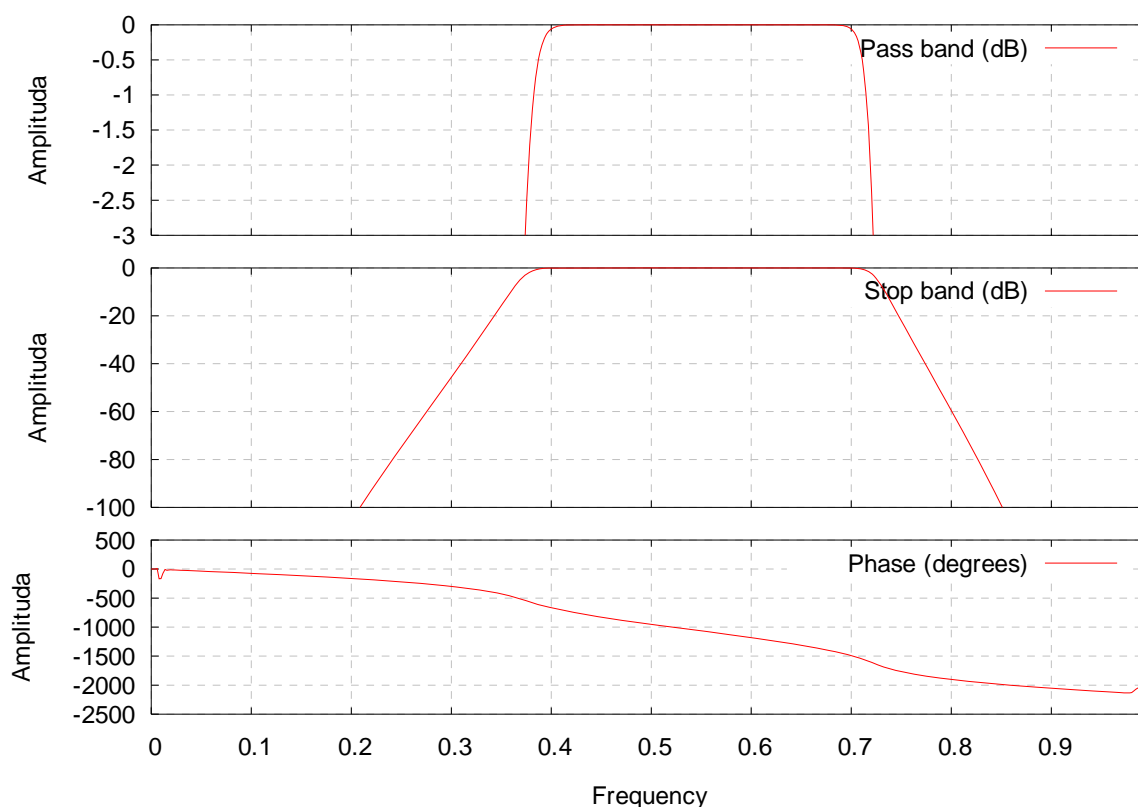
Jak widać na wykresach dla większego tłumienia w paśmie zaporowym mamy większą stromość zbocza, a amplituda sygnału poza pasmem przewodzenia drastycznie maleje do zera. Filtr dobrze tłumি częstotliwości poza pasmem. Jego charakterystyka fazowa jest liniowa w dużym zakresie obszaru przenoszenia, tylko dla większego tłumienia w paśmie zaporowym ulega lekkiemu odkształceniu. Jeżeli chodzi o odsłuchiwany dźwięk po przejściu przez ten filtr to dla większych wartości tłumienia w paśmie zaporowym wydaje się on jakby wydobywał się z puszki metalowej, można usłyszeć odcięcie pewnych częstotliwości.

6. Filtr o zadanych parametrach przez prowadzącego

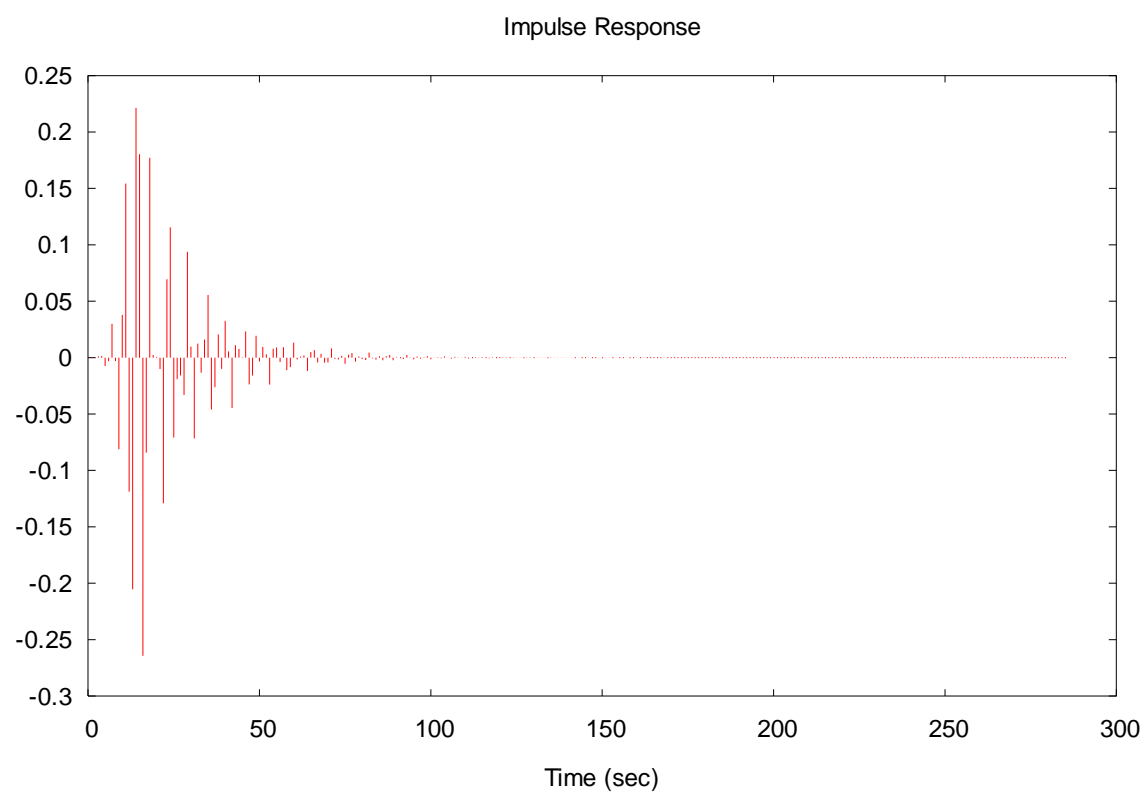
Parametry filtru:

- częstotliwość próbkowania = 200 Hz
- częstotliwość dolna = 40 Hz
- częstotliwość górna = 70 Hz
- uchyb częstotliwości przepustowej = 5 Hz
- amplituda zafalowań w paśmie przepustowym = 0,5 dB
- tłumienie w paśmie zaporowym = 25 dB

Zaprojektowany filtr to filtr typu IIR, Butterwortha rzędu 12



Rys. 38 Charakterystyki częstotliwościowe zaprojektowanego filtru



Rys. 38 Charakterystyka impulsowa zaprojektowanego filtru