

# Zestawienie charakterystyk częstotliwościowych czterech dolno-przepustowych filtrów cyfrowych IIR

## Specyfikacja wymagań

Filtr IIR o strukturze kaskadowej.

Rząd filtru  $N=6$ .

Częstotliwość próbkowania  $F_s = 48000$  Hz.

Filtr Butterwortha: częstotliwość odcięcia  $F_c = 10800$  Hz , tłumienie dla częstotliwości odcięcia wynosi 3 dB (połowa wzmocnienia w paśmie przepustowym).

Filtr Czebyszewa typu I: częstotliwość graniczna pasma przepustowego  $F_{\text{pass}} = 9600$  Hz , zafalowania w paśmie przepustowym  $A_{\text{pass}} = 1$  dB .

Filtr Czebyszewa typu II: częstotliwość graniczna pasma zaporowego  $F_{\text{stop}} = 12000$  Hz , tłumienie zaporowe  $A_{\text{stop}} = 80$  dB .

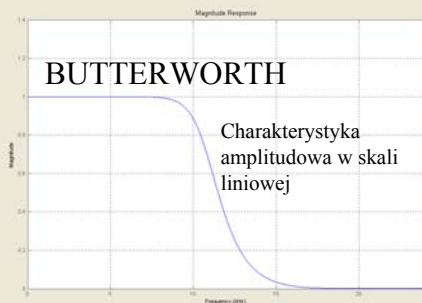
Filtr eliptyczny: częstotliwość graniczna pasma przepustowego  $F_{\text{pass}} = 9600$  Hz , zafalowania w paśmie przepustowym  $A_{\text{pass}} = 1$  dB , tłumienie zaporowe  $A_{\text{stop}} = 80$  dB .

Realizacja projektu w środowisku MATLAB za pomocą GUI: **fdatool** i **fvtool**, bez kwantyzacji (arytmetyka zmienne-przecinkowa) i z kwantyzacją polegającą na zastosowaniu arytmetyki stało-przecinkowej 16 – bitowej do współczynników mnożenia (skalerów) i arytmetyki stało-przecinkowej 32 – bitowej do reprezentacji wyników mnożenia i wyników dodawania.

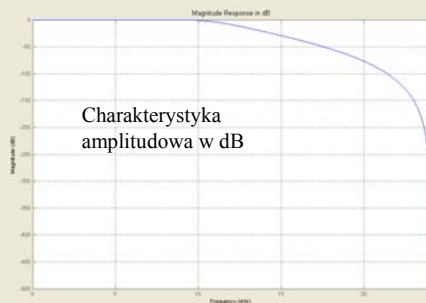
Wyniki projektu łatwo można adaptować do innej specyfikacji wymagań, również dla filtrów o innych typach przepustowości, np. filtry górno-przepustowe, środkowo-przepustowe lub środkowo-zaporowe.

# BUTTERWORTH

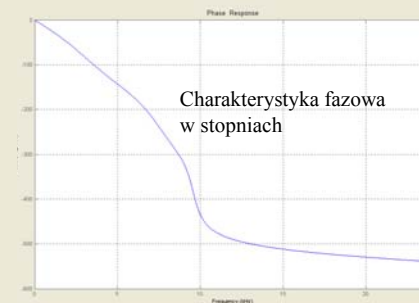
Charakterystyka  
amplitudowa w skali  
liniowej



Charakterystyka  
amplitudowa w dB



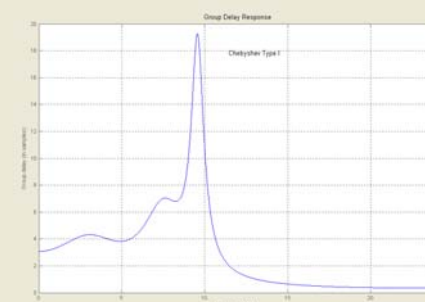
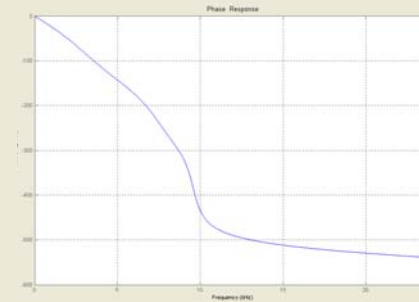
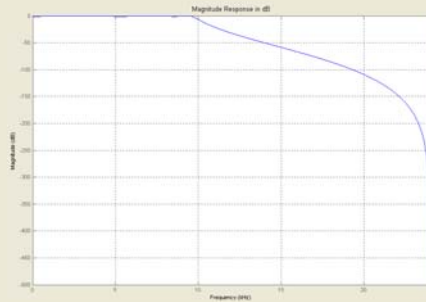
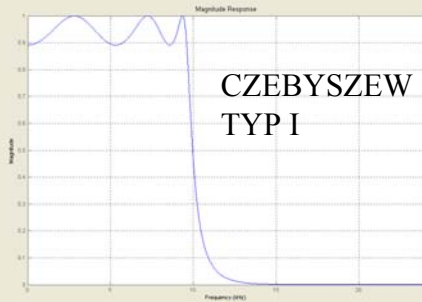
Charakterystyka fazowa  
w stopniach



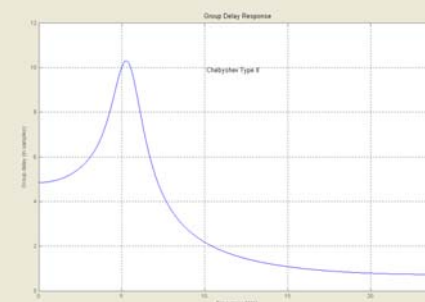
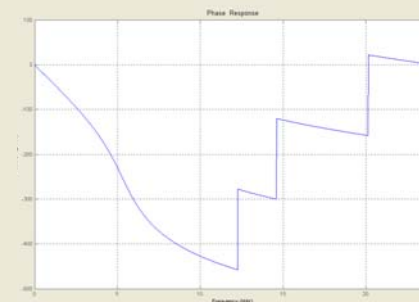
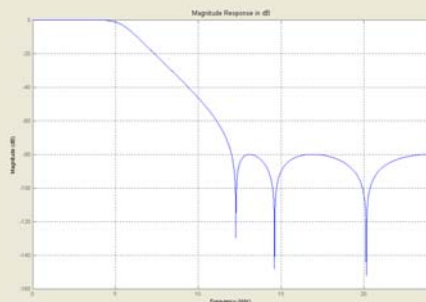
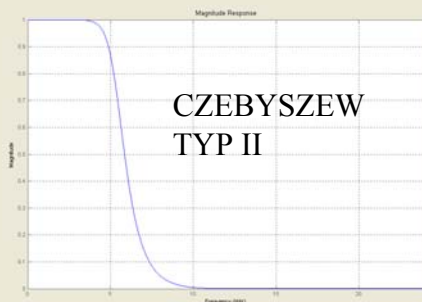
Opóźnienie  
grupowe w  
liczbie  
przedziałów  
próbkowania



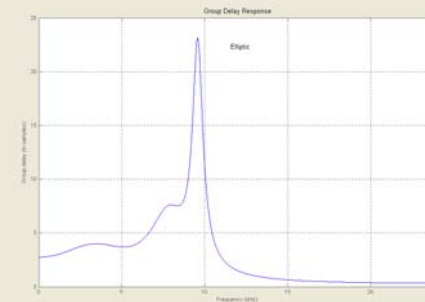
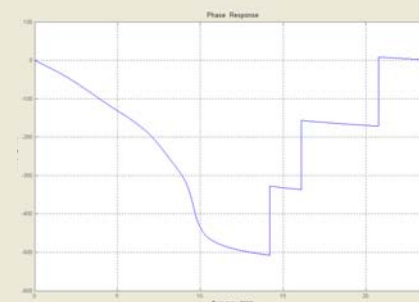
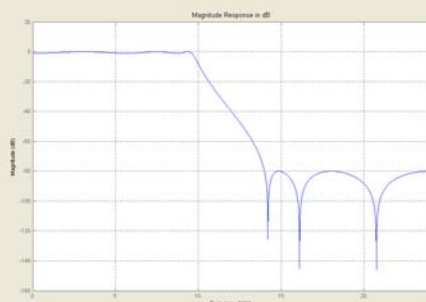
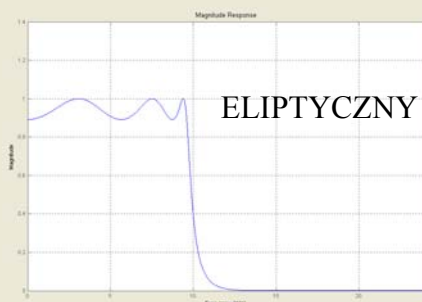
# CZEBYSZEW TYP I



# CZEBYSZEW TYP II

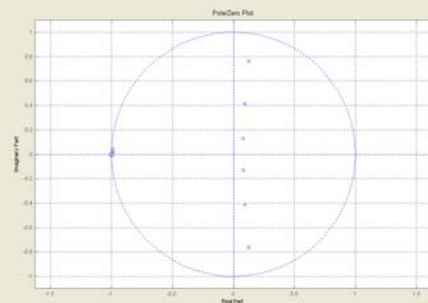
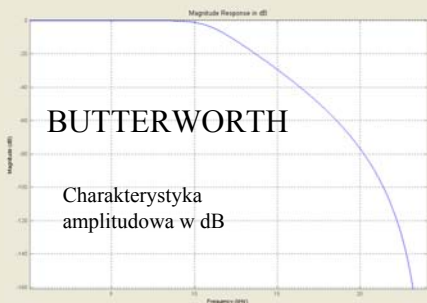


# ELIPTYCZNY



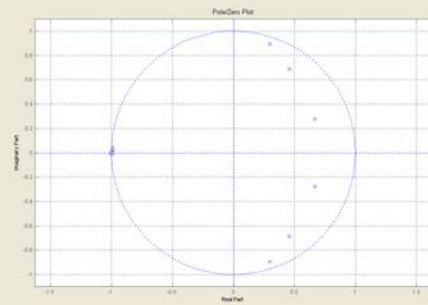
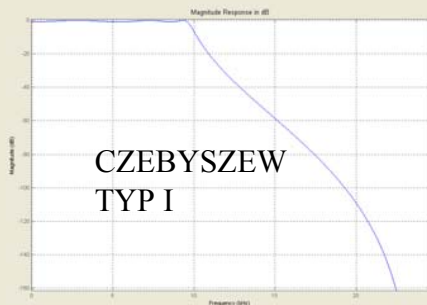
# BUTTERWORTH

Charakterystyka  
amplitudowa w dB

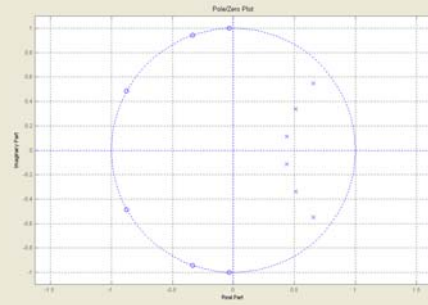
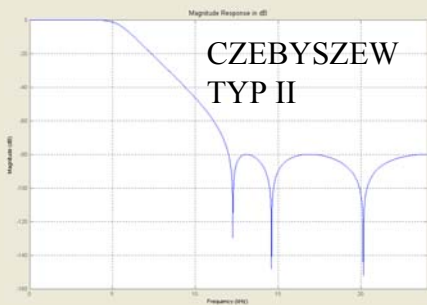


Wykres zer i  
biegunów na  
płaszczyźnie  
zespólonej

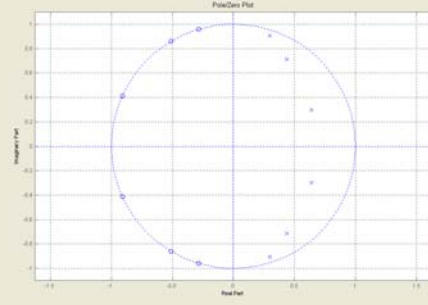
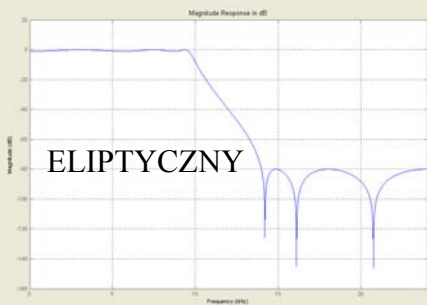
# CZEBYSZEW TYP I



# CZEBYSZEW TYP II



# ELIPTYCZNY



Współczynniki ogniw bikwadratowych kaskady (z zaokrągleniem do kilku miejsc po kropce dziesiętnej)

BUTTERWORTH G=0.018007

1	$a_{11} = 2$	$a_{21} = 1$	$b_{01} = 1$	$b_{11} = -0.16011$	$b_{21} = 0.023524$
1	$a_{12} = 2$	$a_{22} = 1$	$b_{02} = 1$	$b_{12} = -0.18421$	$b_{22} = 0.17758$
1	$a_{13} = 2$	$a_{23} = 1$	$b_{03} = 1$	$b_{13} = -0.24917$	$b_{23} = 0.59282$

CZEBYSZEW TYP I G=0.002589

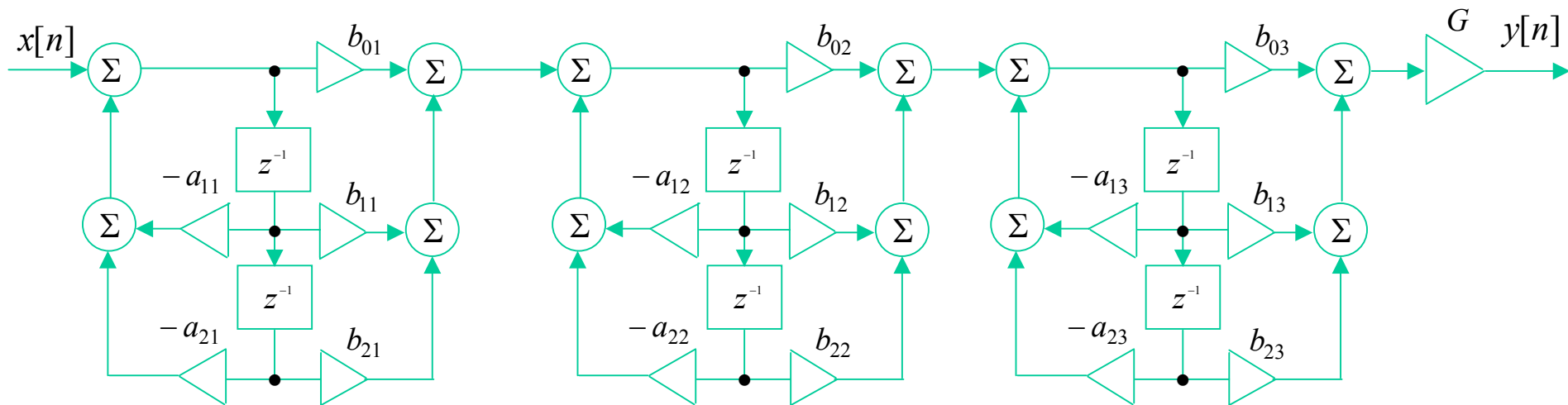
1	2	1	1	-1.3316	0.51932
1	2	1	1	-0.91562	0.67967
1	2	1	1	-0.59136	0.88799

CZEBYSZEW TYP II G=0.002344

1	1.7489	1	1	-0.87838	0.206
1	0.66667	1	1	-1.0218	0.37439
1	0.069309	1	1	-1.3075	0.72735

ELIPTYCZNY G=0.00721

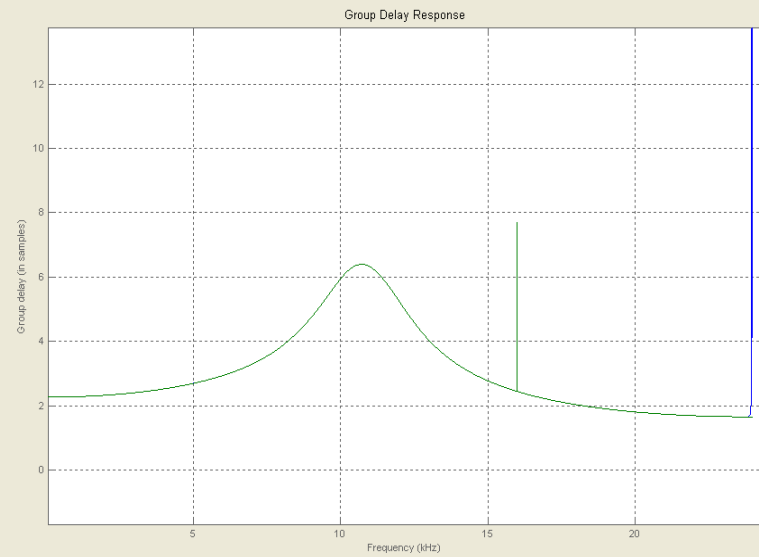
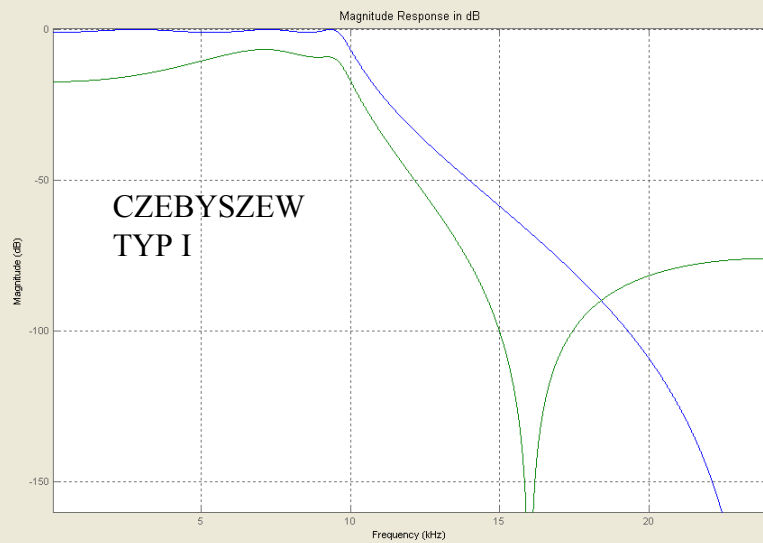
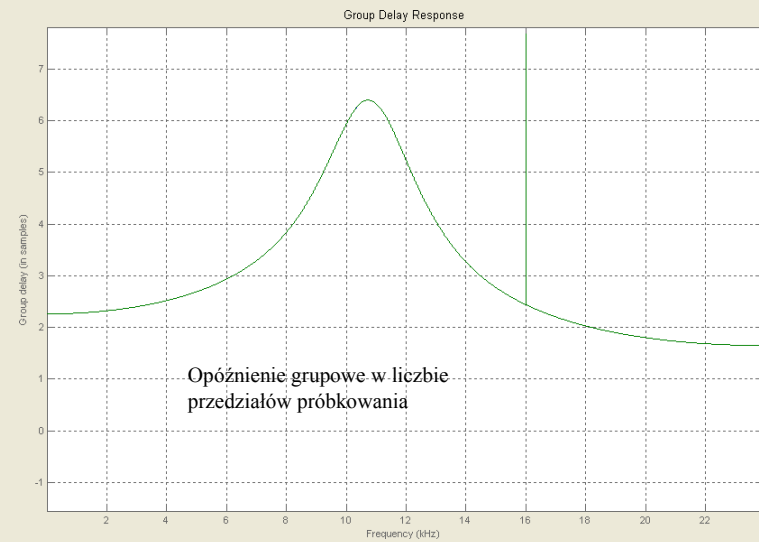
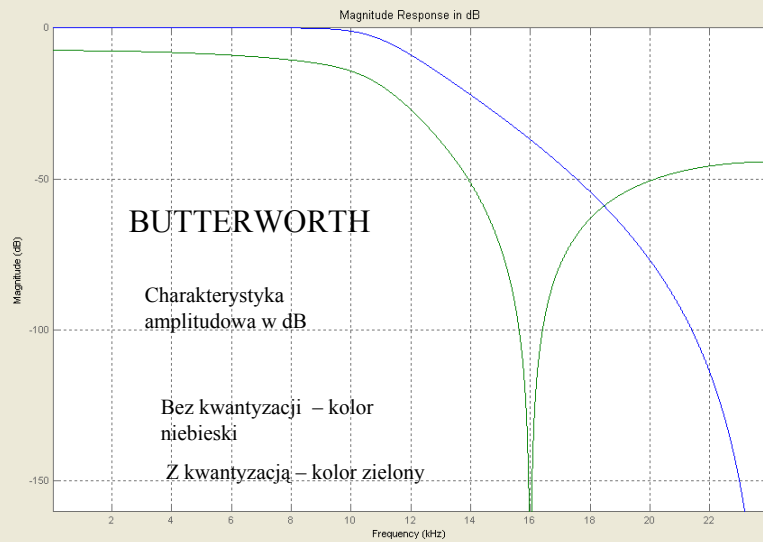
1	1.8208	1	1	-1.2773	0.49563
1	1.0235	1	1	-0.87261	0.70018
1	0.56772	1	1	-0.59466	0.90633

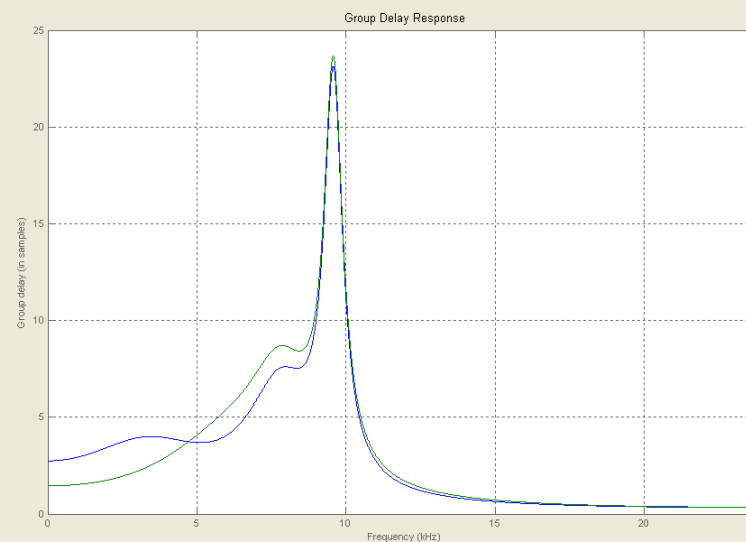
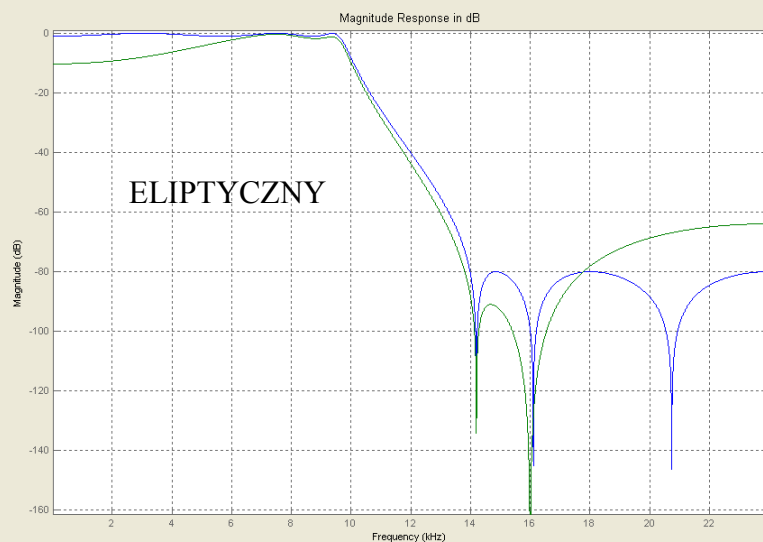
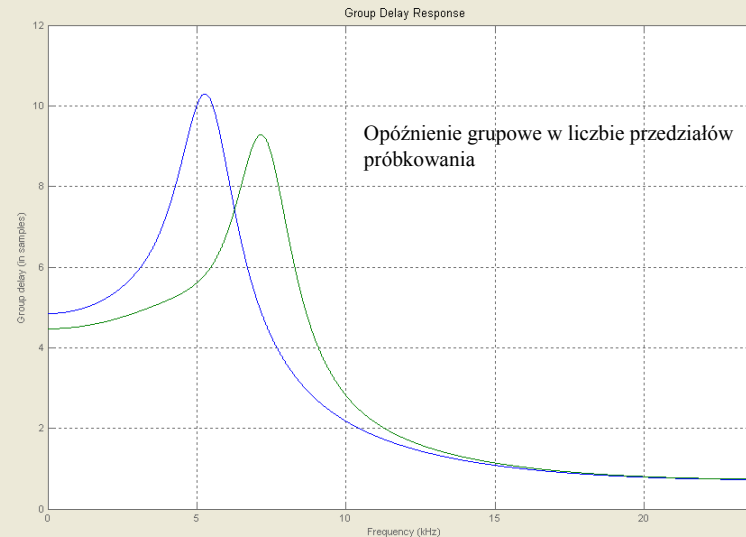
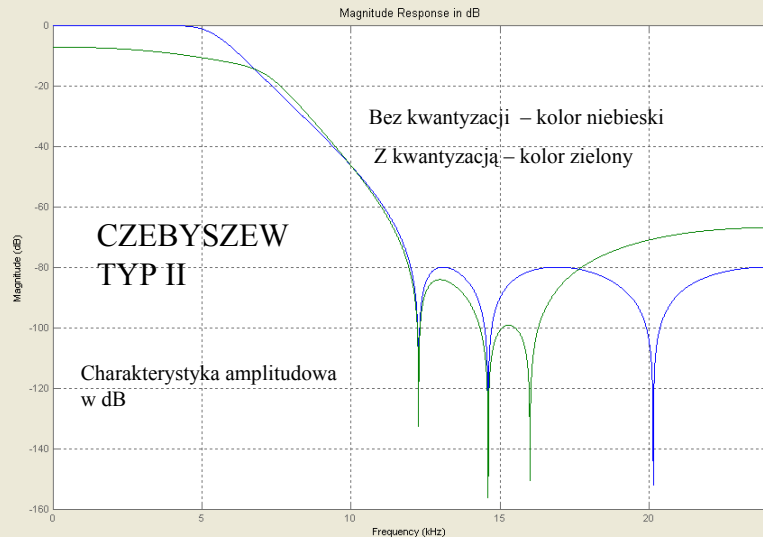


$$H(z) = \prod_{k=1}^{N_s} \frac{b_{0k} + b_{1k}z^{-1} + b_{2k}z^{-2}}{1 + a_{1k}z^{-1} + a_{2k}z^{-2}}$$

Liczba ogniów bikwadratowych  $N_s = 3$

Rząd filtru  $N = 6$





## Komentarz.

Charakterystyka amplitudowa filtru eliptycznego (oglądana zwłaszcza w dB) opada najszybciej wokół częstotliwości granicznej pasma przepustowego, ale charakterystyka fazowa jest tu najsilniej nieliniowa. To ostatnie odzwierciedla charakterystyka opóźnieniowa czyli pochodna charakterystyki fazowej ze znakiem minus. Zastosowana kwantyzacja w istotny sposób wpływa na charakterystyki amplitudowe zaprojektowanych filtrów. Należałoby tu zastosować większą liczbę bitów. Natomiast jej wpływ na charakterystyki opóźnienia grupowego jest znacznie mniejszy.