

SPRAWOZDANIE Z ZAJĘĆ SYSY

Lab 4: Filtry cyfrowe

Kinga Konieczna

Tymon Zadara

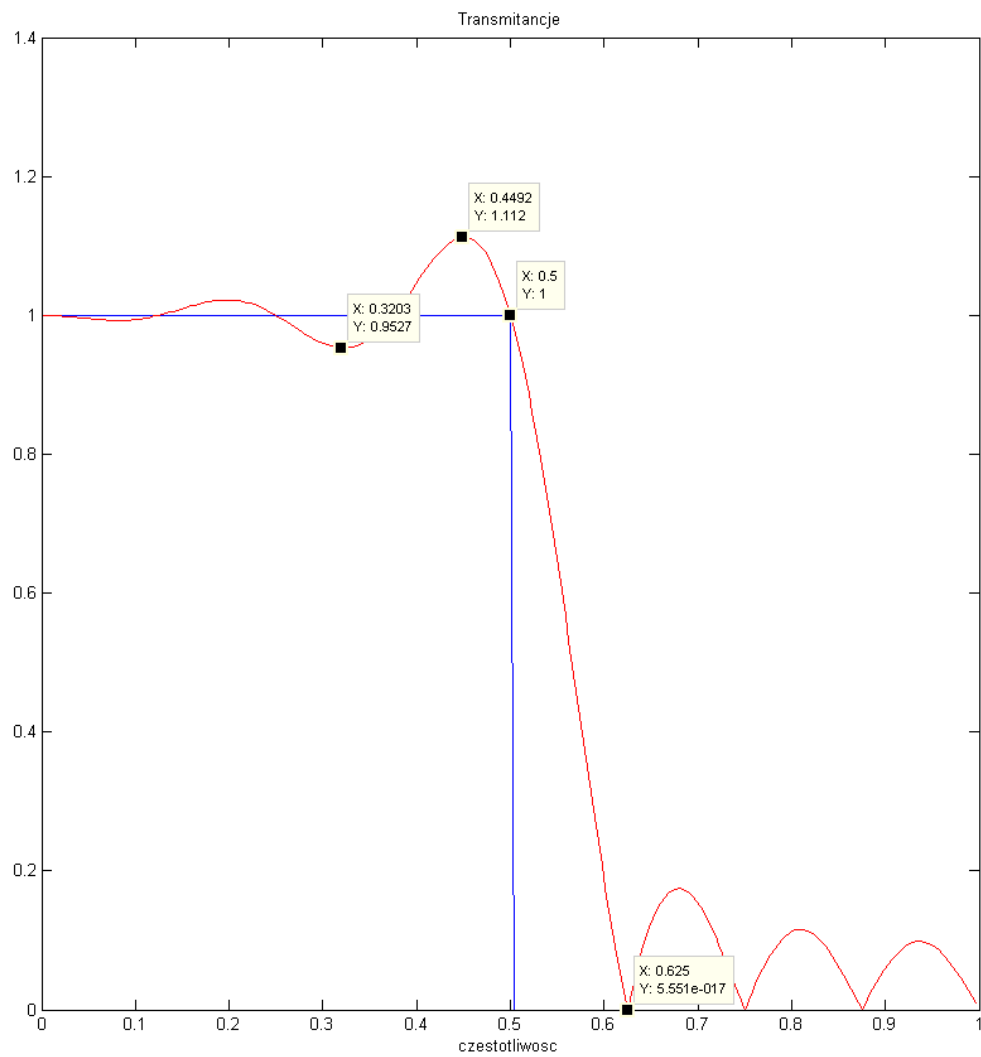
08.05.2025

Do całego laboratorium wybieramy częstotliwość graniczną filtru równą 0.5.

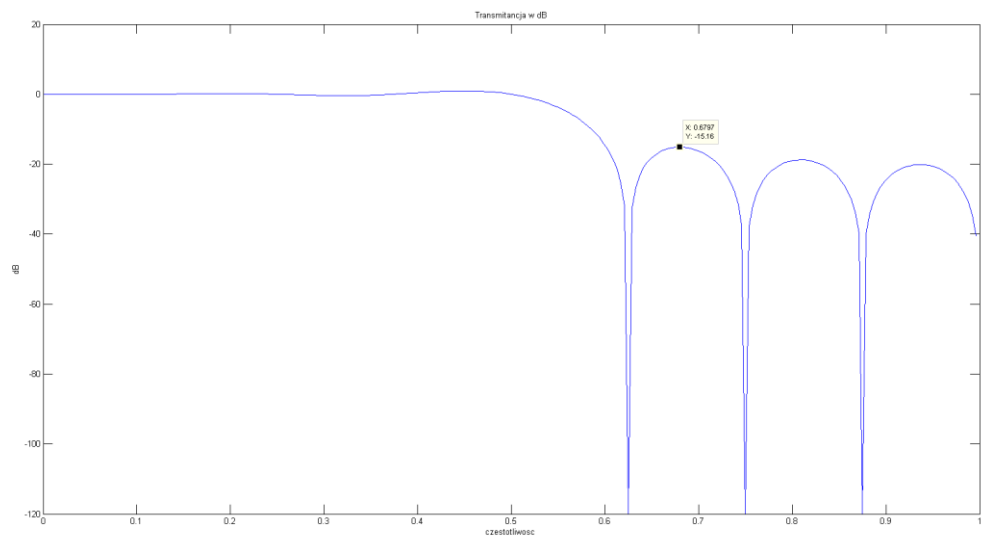
1. Zadanie:

a)

Dla $N = 16$:

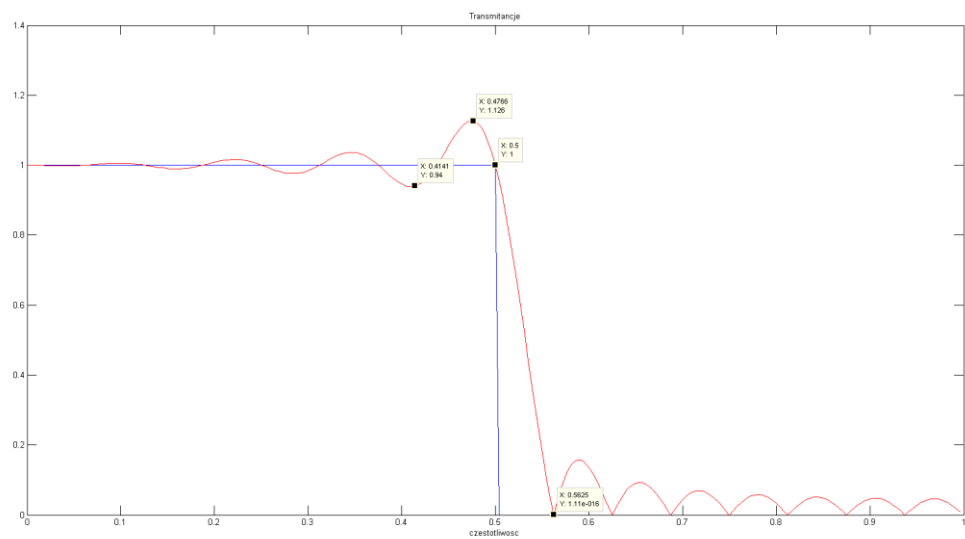


Rysunek 1. Transmitancje dla $N = 16$ (metoda próbkowania w dziedzinie częstotliwości).

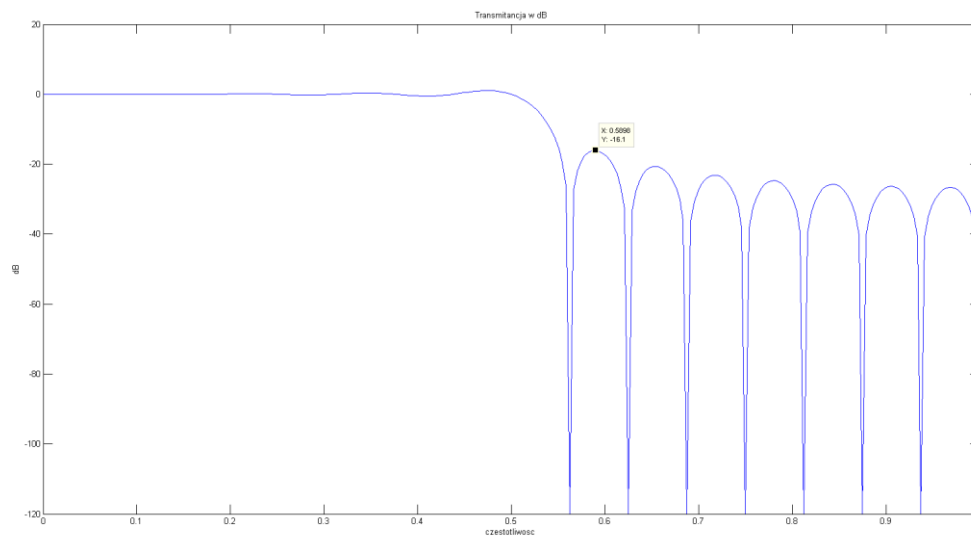


Rysunek 2. Transmitancje w dB dla $N = 16$ (metoda próbkowania w dziedzinie częstotliwości).

Dla $N = 32$:

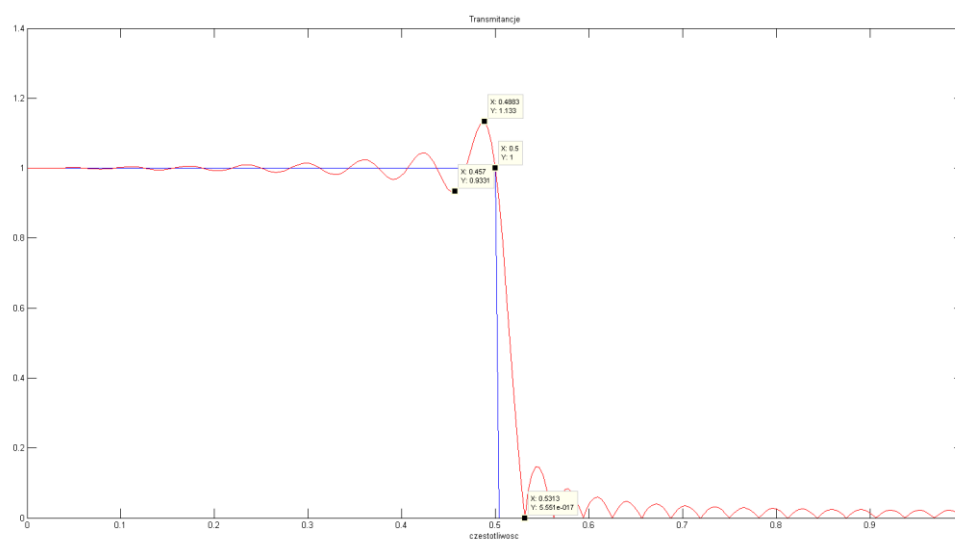


Rysunek 3. Transmitancje dla $N = 32$ (metoda próbkowania w dziedzinie częstotliwości).

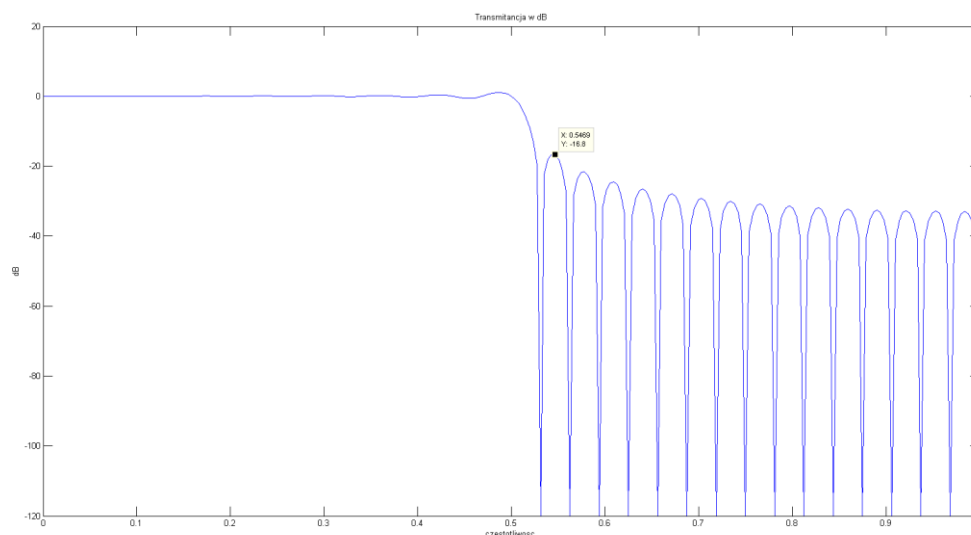


Rysunek 4. Transmitancje w dB dla $N = 32$ (metoda próbkowania w dziedzinie częstotliwości).

Dla $N = 64$:



Rysunek 5. Transmitancje dla $N = 64$ (metoda próbkowania w dziedzinie częstotliwości).



Rysunek 6. Transmitancje w dB dla $N = 64$ (metoda próbkowania w dziedzinie częstotliwości).

N	Pasmo przejściowe	Wahania w p. przepuszczania	Tłumienie w p. zaporowym [dB]
16	0,125	0,159	-15,1
32	0,0625	0,186	-16,1
64	0,0313	0,200	-16,8

Wraz ze wzrostem liczby N zmniejsza się pasmo przejściowe (z obserwacji danych, spadek pasma przejściowego jest przeciw proporcjonalny do wzrostu N – gdy N wzrasta dwukrotnie to pasmo przejściowe maleje dwukrotnie), wahania pasma przepuszczania rosną, a wartość bezwzględna tłumienia w paśmie zaporowym rośnie.

W największym stopniu od N zależy pasmo przejściowe, ponieważ zmiany tam są największe.

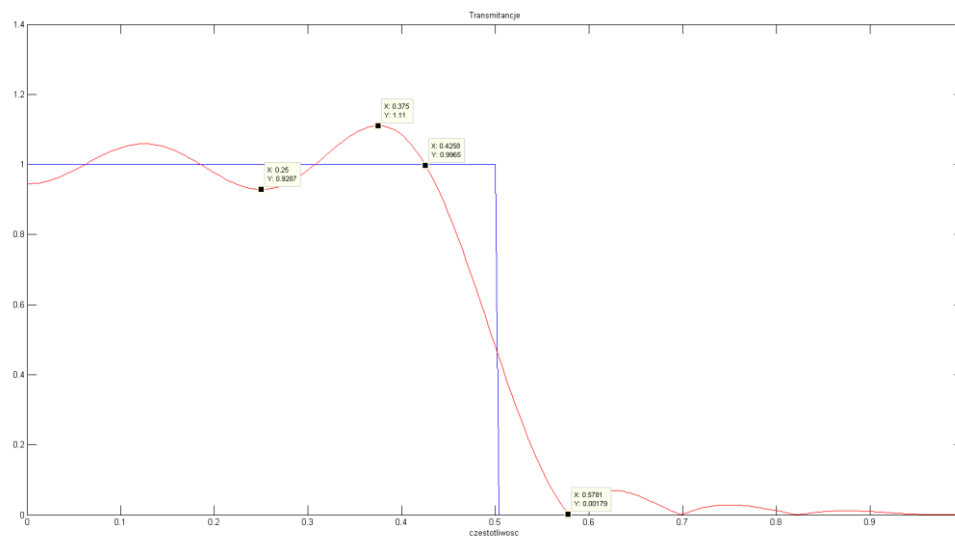
b) Z analizy obliczeń wynikających ze stosunku pasm przejściowych dla $N=16/32/64$ ($0,0625/0,5 = 1,25$; $32*1,25 = 40$) wyszło nam, że od $N = 41$ ($N=40 \Rightarrow$ pasmo przejściowe = $0,05$) możemy uzyskać pasmo przejściowe $< 0,05$. Te obliczenia poparliśmy sprawdzając dane wykresów dla $N=40$ oraz $N=41$.

Należy użyć co najmniej 41 punktów, aby uzyskać pasmo przejściowe mniejsze od $0,05$.

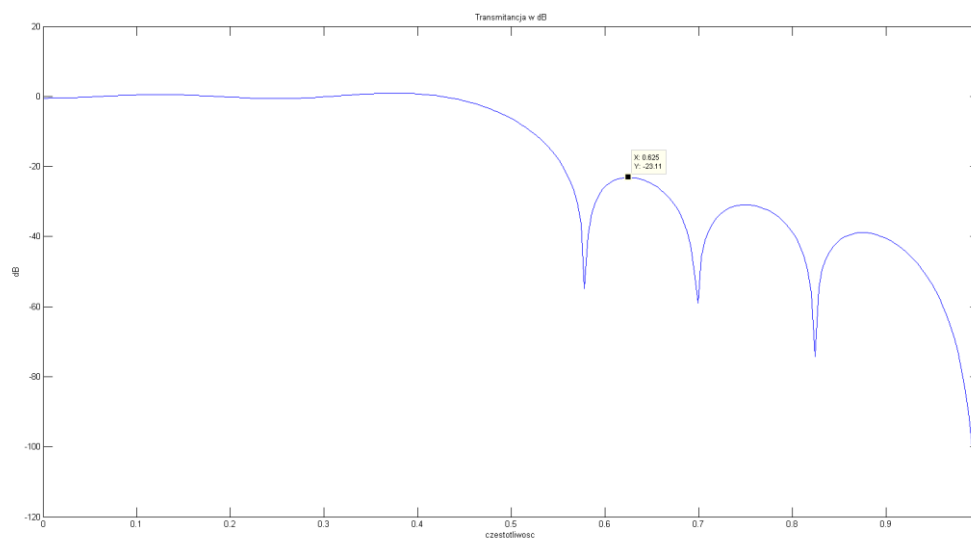
2. Zadanie:

a)

Dla $N = 16$:

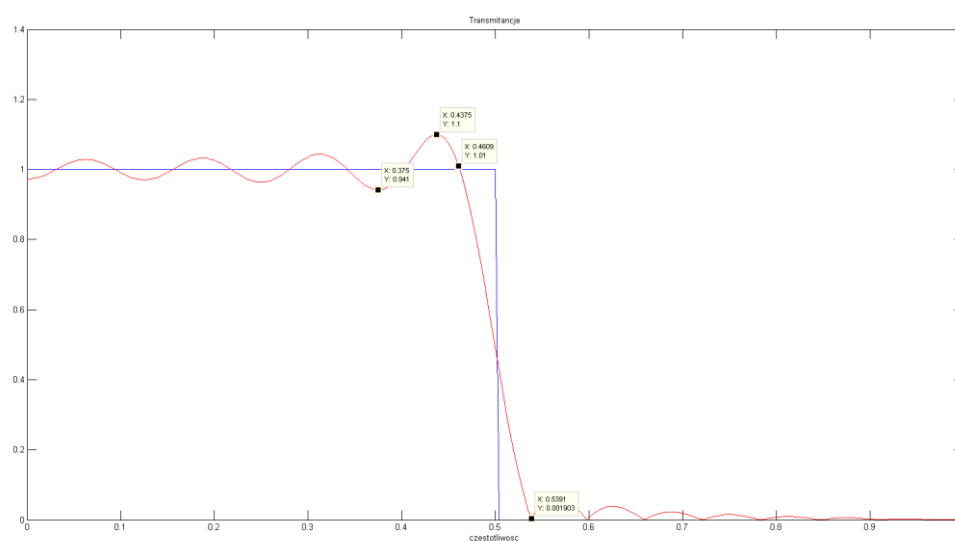


Rysunek 7. Transmitancje dla $N = 16$ (metoda okien czasowych).

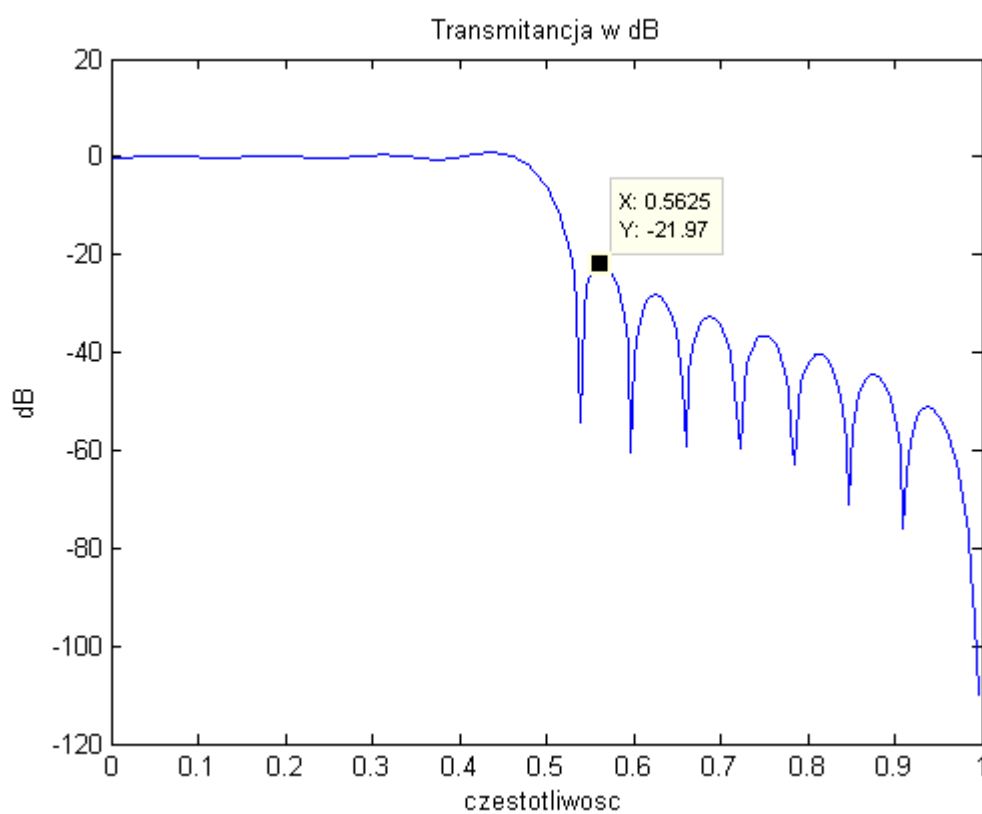


Rysunek 8. Transmitancje w dB dla $N = 16$ (metoda okien czasowych).

Dla $N = 32$:

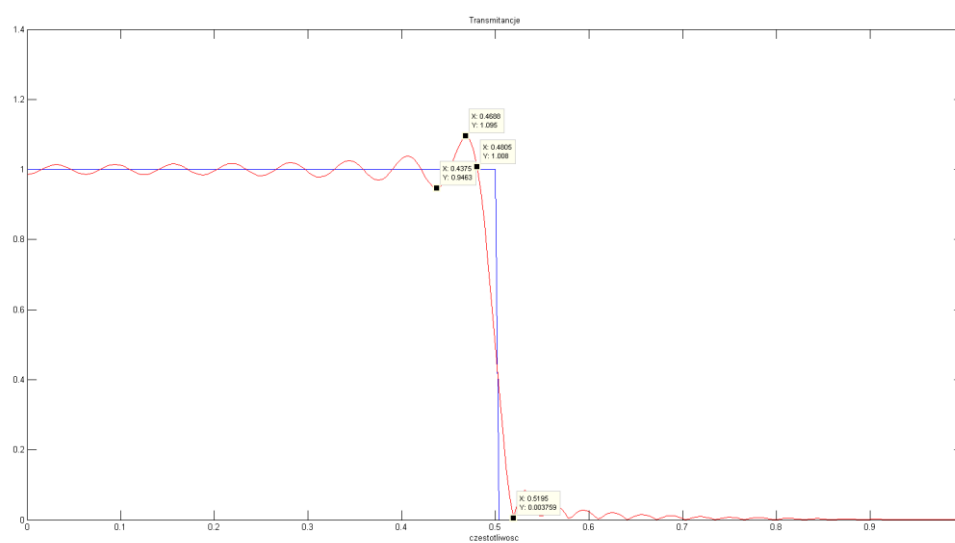


Rysunek 9. Transmitancje dla $N = 32$ (metoda okien czasowych).

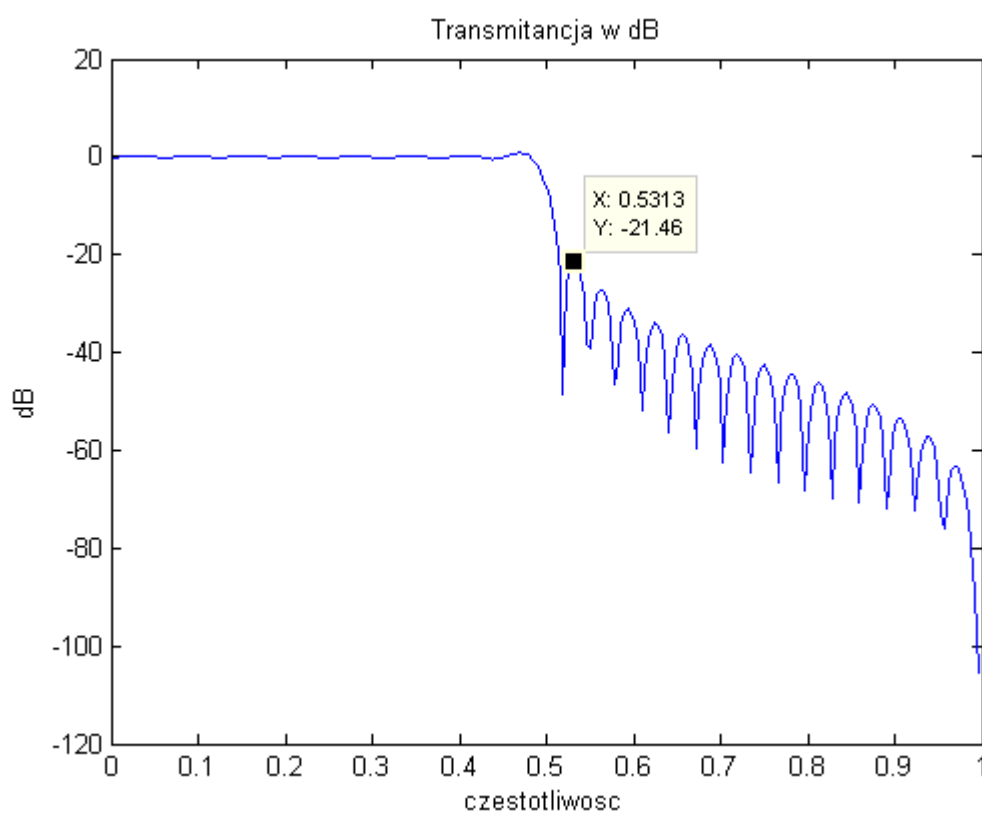


Rysunek 10. Transmitancje w dB dla $N = 32$ (metoda okien czasowych).

Dla $N = 64$:



Rysunek 11. Transmitancje dla $N = 64$ (metoda okien czasowych).



Rysunek 12. Transmitancje w dB dla $N = 16$ (metoda okien czasowych).

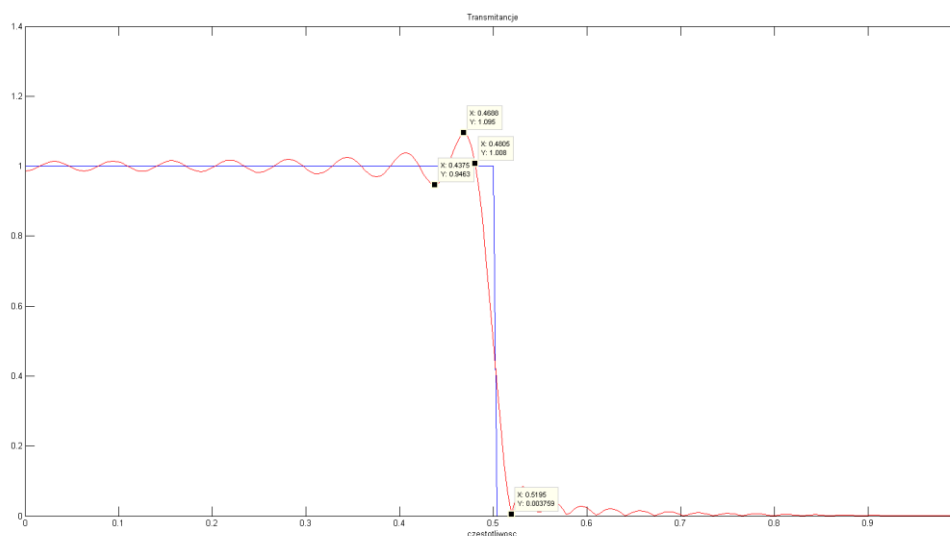
N	Pasmo przejściowe	Wahania w p. przepuszczania	Tłumienie w p. zaporowym [dB]
16	0,152	0,171	-23,1
32	0,0782	0,159	-22,0
64	0,0390	0,149	-21,5

Pasmo przejściowe jest większe dla każdego N dla filtru metodą okien czasowych (zależność wzrostu pasma przejściowego do N jest taka sama jak dla metody próbkowania w dziedzinie częstotliwości). Wahania w paśmie przepuszczania w metodzie okien czasowych maleją wraz ze wzrostem N (odwrotnie niż dla próbkowania w dziedzinie częstotliwości). Wartość bezwzględna tłumienia w paśmie zaporowym w metodzie okien czasowych maleje, a w metodzie próbkowania w dziedzinie częstotliwości rośnie. Wartości bezwzględne tłumienia dla okien czasowych są większe niż w metodzie próbkowania w dziedzinie częstotliwości.

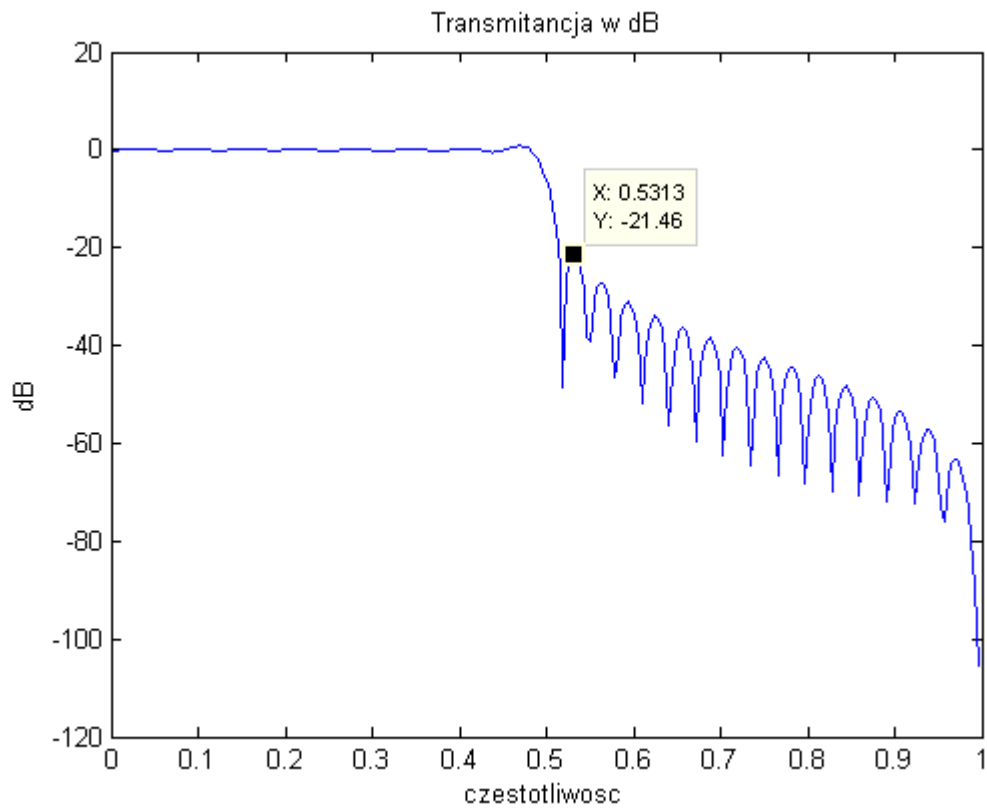
Nie da się uzyskać większego tłumienia w paśmie zaporowym niż 30 dB w długości odpowiedzi impulsowej $16 \leq N \leq 256$, ponieważ wraz ze wzrostem N, tłumienie maleje, a dla najmniejszego możliwego N, czyli $N = 16$ wartość tłumienia jest największa i równa 23,11 dB.

b)

Dla prostokątnego:

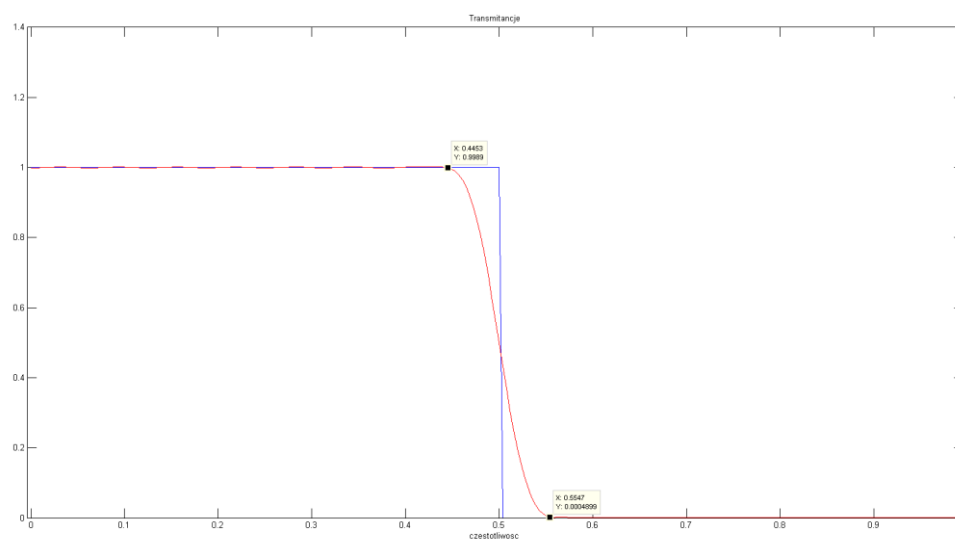


Rysunek 13. Transmitancja dla $N = 64$ metodą nakładania okien prostokątnych.

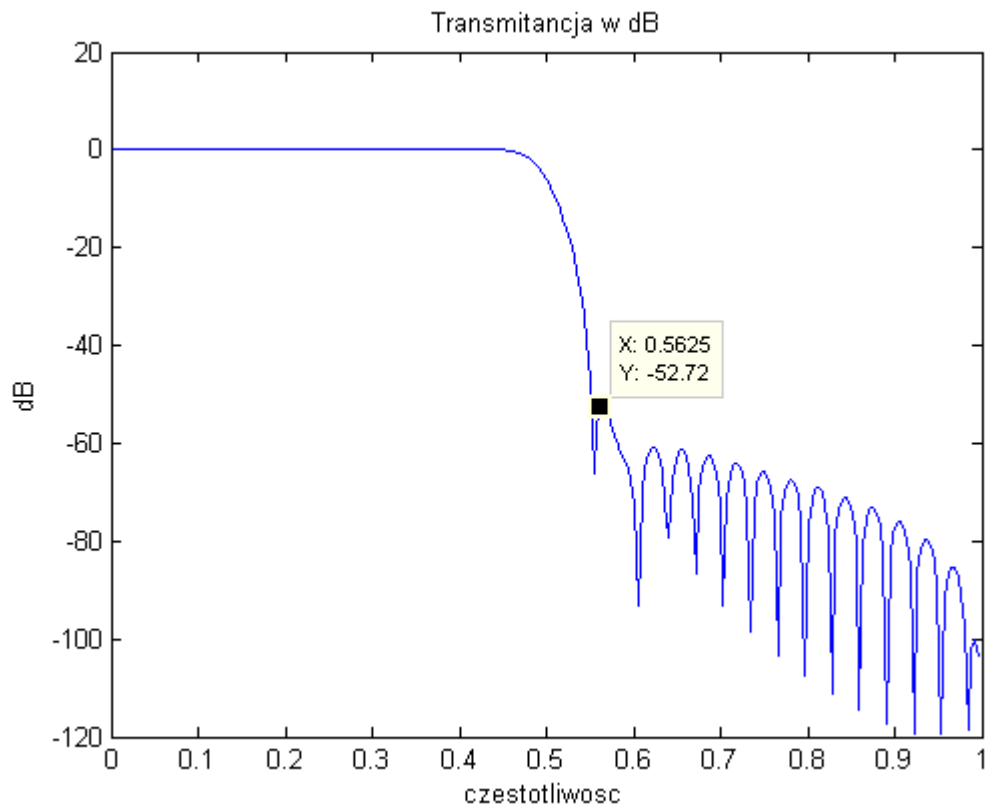


Rysunek 14. Transmitancja w dB dla $N = 64$ metodą nakładania okien prostokątnych.

Dla Hamminga:

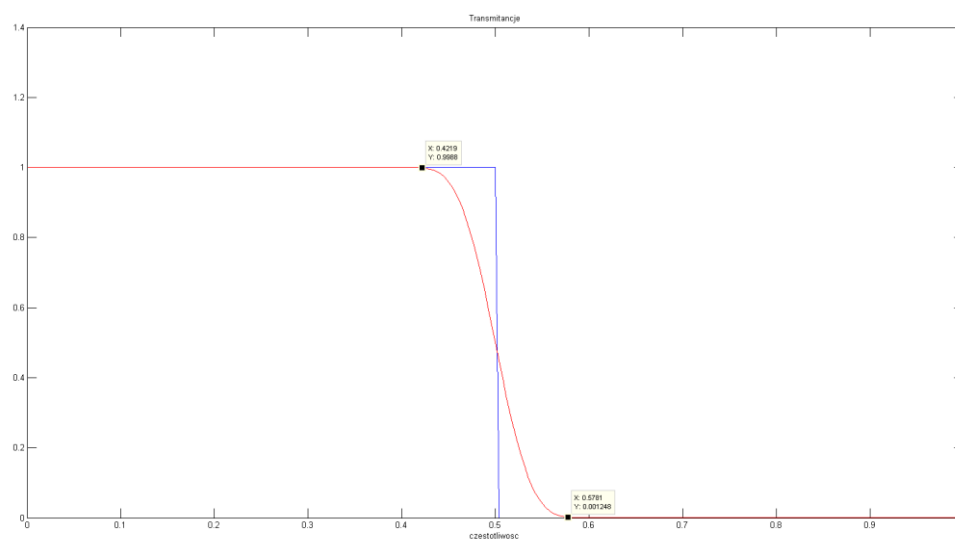


Rysunek 15. Transmitancja dla $N = 64$ metodą nakładania okien Hamminga.

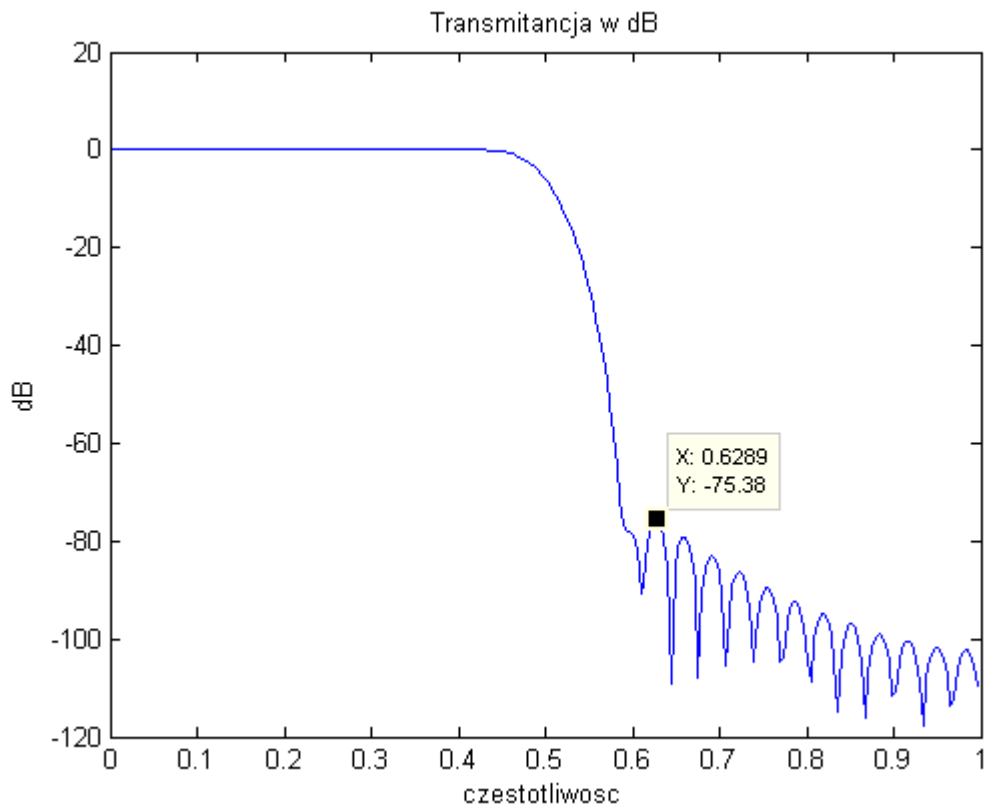


Rysunek 16. Transmitancja w dB dla $N = 64$ metodą nakładania okien Hamminga.

Dla Blackmana:



Rysunek 17. Transmitancja dla $N = 64$ metodą nakładania okien Blackmana.



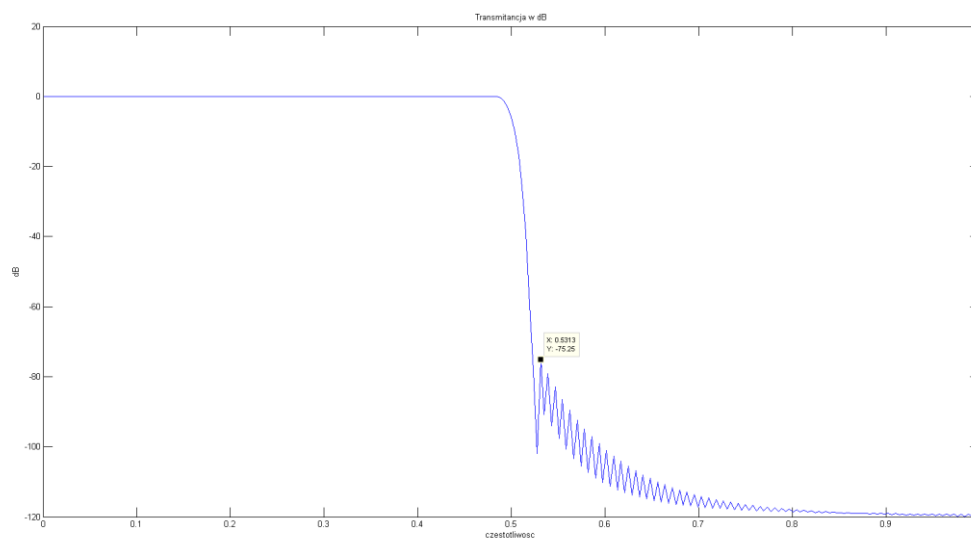
Rysunek 18. Transmitancja w dB dla $N = 64$ metodą nakładania okien Blackmana.

Okno	Pasma przejściowe	Tłumienie w p. zaporowym [dB]
Prostokątne	0,0390	-21,5
Hamming	0,109	-52,7
Blackman	0,156	-75,4

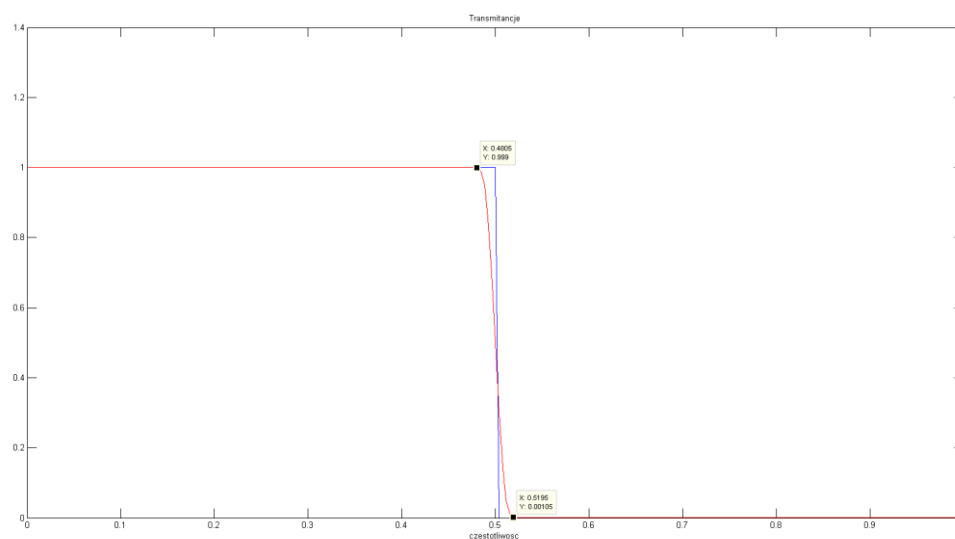
Od rodzaju okna bardziej zależy pasmo przejściowe - przy porównaniu stosunków tłumienia dla różnych okien do stosunków pasma przejściowego dla różnych okien zaobserwowaliśmy większe zmiany dla pasma przejściowego (stosunek, a nie surowa wartość).

Za zwiększenie tłumienia w paśmie zaporowym płaci się zwiększeniem wartości pasma przejściowego.

c)



Rysunek 19. Transmitancje w dB dla okna Blackmana, $N = 256$, tłumienie w paśmie zaporowym >70 dB, pasmo przejściowe <0.05 .

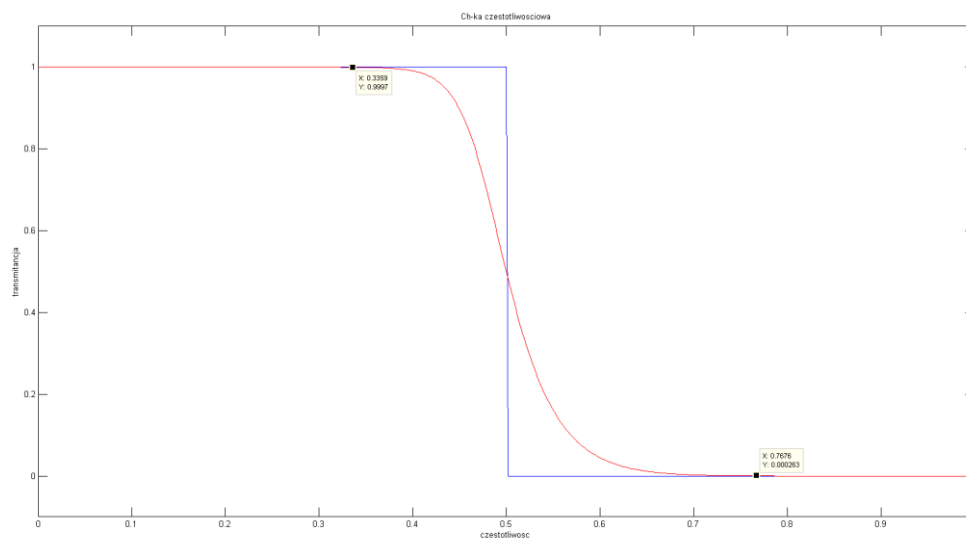


Rysunek 20. Transmitancje dla okna Blackmana, $N = 256$, tłumienie w paśmie zaporowym >70 dB, pasmo przejściowe <0.05 .

Dla okna Blackmana i $N = 256$ uzyskaliśmy tłumienie równe 75,25 (> 70 dB), a pasmo przejściowe około 0,04 ($<0,05$).

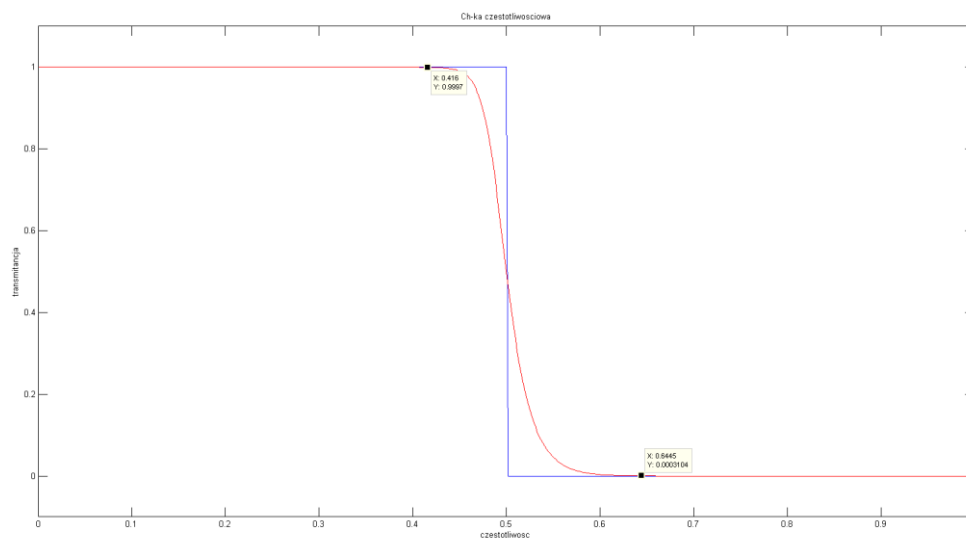
3. Zadanie:

Dla częstotliwości granicznej mające 8 zer i 8 biegunów:



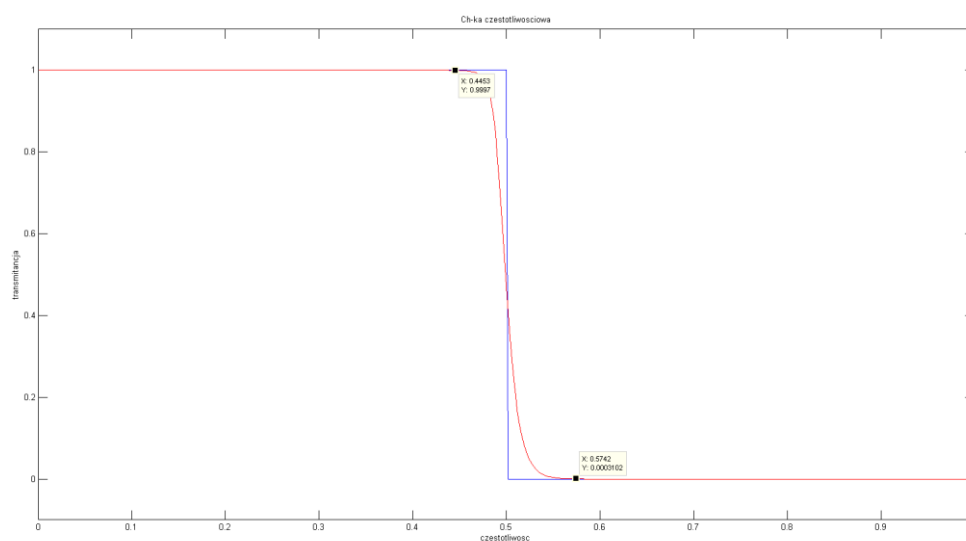
Rysunek 21. Ch-ka częstotliwościowa filtru dolnopasmowego IIR typu Butterwortha dla 8 zer i biegunów.

Dla częstotliwości granicznej mające 16 zer i 16 biegunów:



Rysunek 22. Ch-ka częstotliwościowa filtru dolnopasmowego IIR typu Butterwortha dla 16 zer i biegunów.

Dla częstotliwości granicznej mające 32 zer i 32 biegunów:



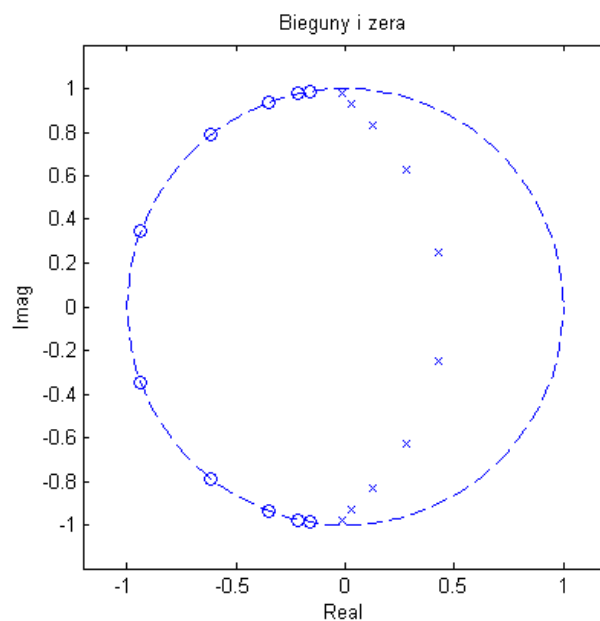
Rysunek 23. Ch-ka częstotliwościowa filtru dolnopasmowego IIR typu Butterwortha dla 32 zer i biegunów.

Liczba zer i biegunów	Pasmo przejściowe
8	0,432
16	0,249
32	0,129

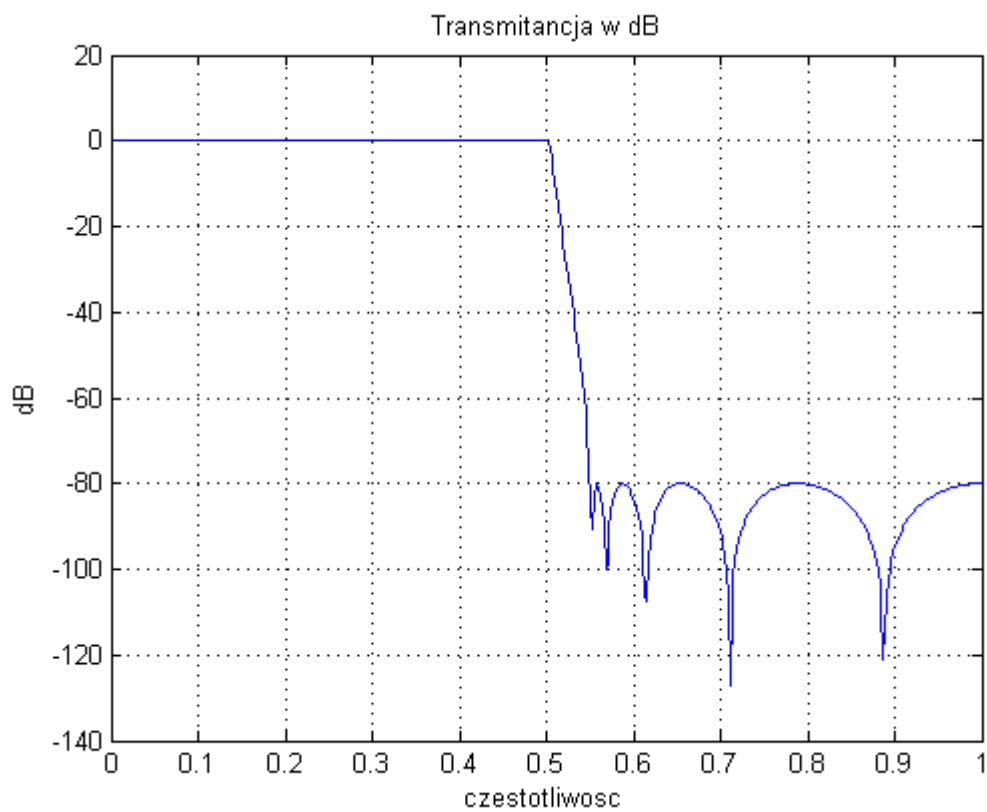
Wraz ze wzrostem liczby zer i biegunów maleje pasmo przejściowe.

4. Zadanie:

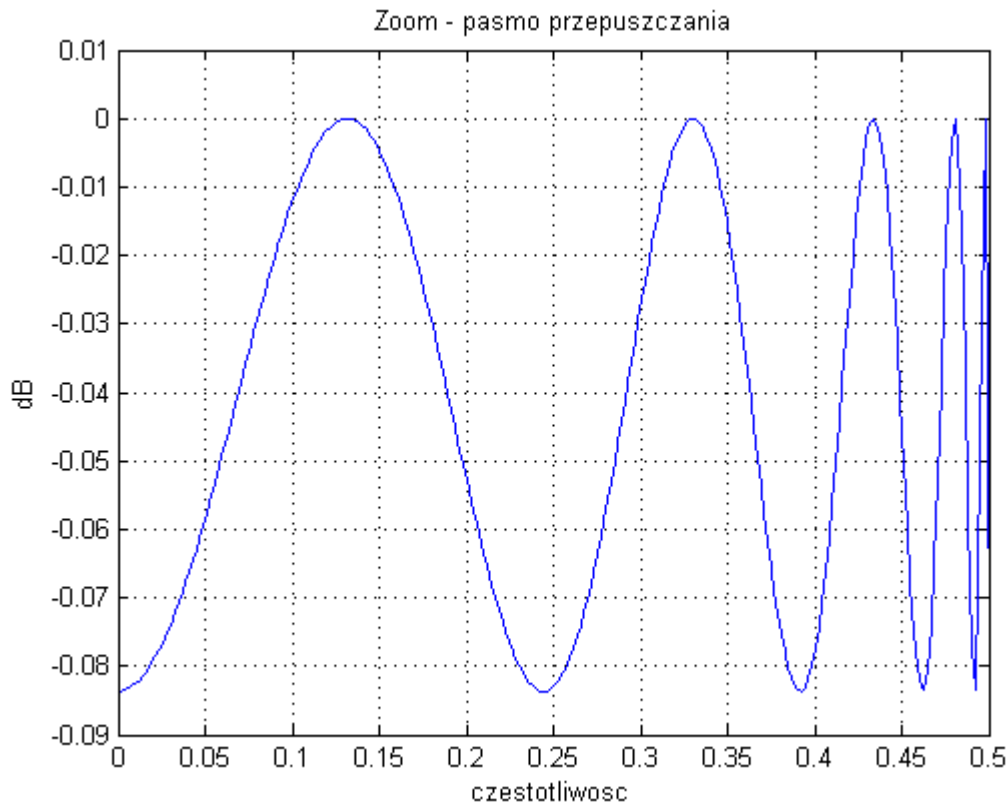
a)



Rysunek 24. Wykres reprezentacji biegunów i zer na kole jednostkowym filtru dolnopasmowego IIR typu eliptycznego.



Rysunek 25. Wykres transmitancji w decybelach filtru dolnopasmowego IIR typu eliptycznego.



Rysunek 26. Wykres pasma przepuszczania filtra dolnopasmowego IIR typu eliptycznego.

Wahania charakterystyki w paśmie przepuszczania są bardzo niewielkie (około 0,085 dB), a w paśmie zaporowym występują duże wahania.

Zera znajdują się na okręgu na przedziale $<-1,0>$ osi części rzeczywistej liczb zespolonych. Wpływają na pasmo zaporowe - gwałtownie wygaszają sygnał w tym paśmie.

Bieguny znajdują się wewnątrz koła jednostkowego. Są rozmieszczone tak, aby wzmocnić pasmo przepuszczania (wprowadzając dopuszczalne wahania) i kontrolować stromość zbocza w paśmie przejściowym. Kształtują charakterystykę częstotliwości w zakresie niskich częstotliwości.

Wąskie pasmo przejściowe jest zapewnione w filtrach eliptycznych dzięki obecności zarówno zer, jak i biegunów (w przeciwieństwie np. do Butterwortha, który nie ma zer). Dzięki temu, filtr eliptyczny może gwałtownie przejść z pasma przepuszczania do zaporowego, tworząc bardzo strome zbocze - możliwe dzięki dokładnej optymalizacji położenia zer i biegunów.

b)

Wymagane pasmo przejściowe	0.05	0.005
Otrzymany rząd filtra	13	20
Zmierzone pasmo przejściowe	0,050	0,018
Zmierzone wahania w paśmie przepuszczania [dB]	0,0045	0,012
Otrzymane tłumienie w paśmie zaporowym [dB]	-100	-100

Rozważone zostały 2 przypadki:

Przypadek 1: Badanie charakterystyki dla wymaganego pasma przejściowego = 0,05

Przypadek 2: Badanie charakterystyki dla wymaganego pasma przejściowego = 0,005

Dla przypadku 1, wymagania zostały spełnione. Wymaganą wartością pasma przejściowego było 0,05 co pokrywa się ze zmierzoną wartością pasma przejściowego.

Dla przypadku 2, wymagania nie zostały spełnione. Wymaganą wartością pasma przejściowego było 0,005 co nie pokrywa się ze zmierzoną wartością pasma przejściowego które wyniosło 0,018.

Spis Rysunków:

Rysunek 1. Transmitancje dla $N = 16$ (metoda próbkowania w dziedzinie częstotliwości).	2
Rysunek 2. Transmitancje w dB dla $N = 16$ (metoda próbkowania w dziedzinie częstotliwości).	3
Rysunek 3. Transmitancje dla $N = 32$ (metoda próbkowania w dziedzinie częstotliwości).	3
Rysunek 4. Transmitancje w dB dla $N = 32$ (metoda próbkowania w dziedzinie częstotliwości).	4
Rysunek 5. Transmitancje dla $N = 64$ (metoda próbkowania w dziedzinie częstotliwości).	4
Rysunek 6. Transmitancje w dB dla $N = 64$ (metoda próbkowania w dziedzinie częstotliwości).	5
Rysunek 7. Transmitancje dla $N = 16$ (metoda okien czasowych).....	6
Rysunek 8. Transmitancje w dB dla $N = 16$ (metoda okien czasowych).	6
Rysunek 9. Transmitancje dla $N = 32$ (metoda okien czasowych).....	7
Rysunek 10. Transmitancje w dB dla $N = 32$ (metoda okien czasowych).	7
Rysunek 11. Transmitancje dla $N = 64$ (metoda okien czasowych).....	8
Rysunek 12. Transmitancje w dB dla $N = 16$ (metoda okien czasowych).	8
Rysunek 13. Transmitancja dla $N = 64$ metodą nakładania okien prostokątnych.....	9
Rysunek 14. Transmitancja w dB dla $N = 64$ metodą nakładania okien prostokątnych.	10
Rysunek 15. Transmitancja dla $N = 64$ metodą nakładania okien Hamminga.....	10
Rysunek 16. Transmitancja w dB dla $N = 64$ metodą nakładania okien Hamminga.	11
Rysunek 17. Transmitancja dla $N = 64$ metodą nakładania okien Blackmana.	11
Rysunek 18. Transmitancja w dB dla $N = 64$ metodą nakładania okien Blackmana.	12
Rysunek 19. Transmitancje w dB dla okna Blackmana, $N = 256$, tłumienie w paśmie zaporowym >70 dB, pasmo przejściowe <0.05	13
Rysunek 20. Transmitancje dla okna Blackmana, $N = 256$, tłumienie w paśmie zaporowym >70 dB, pasmo przejściowe <0.05	13
Rysunek 21. Ch-ka częstotliwościowa filtru dolnopasmowego IIR typu Butterwortha dla 8 zer i biegunów.	14
Rysunek 22. Ch-ka częstotliwościowa filtru dolnopasmowego IIR typu Butterwortha dla 16 zer i biegunów.	14
Rysunek 23. Ch-ka częstotliwościowa filtru dolnopasmowego IIR typu Butterwortha dla 32 zer i biegunów.	15
Rysunek 24. Wykres reprezentacji biegunów i zer na kole jednostkowym filtru dolnopasmowego IIR typu eliptycznego.	16
Rysunek 25. Wykres transmitancji w decybelach filtru dolnopasmowego IIR typu eliptycznego.	16
Rysunek 26. Wykres pasma przepuszczania filtru dolnopasmowego IIR typu eliptycznego.	17