

SPRAWOZDANIE SYSY

Laboratorium 4

Jan Czechowski 337066

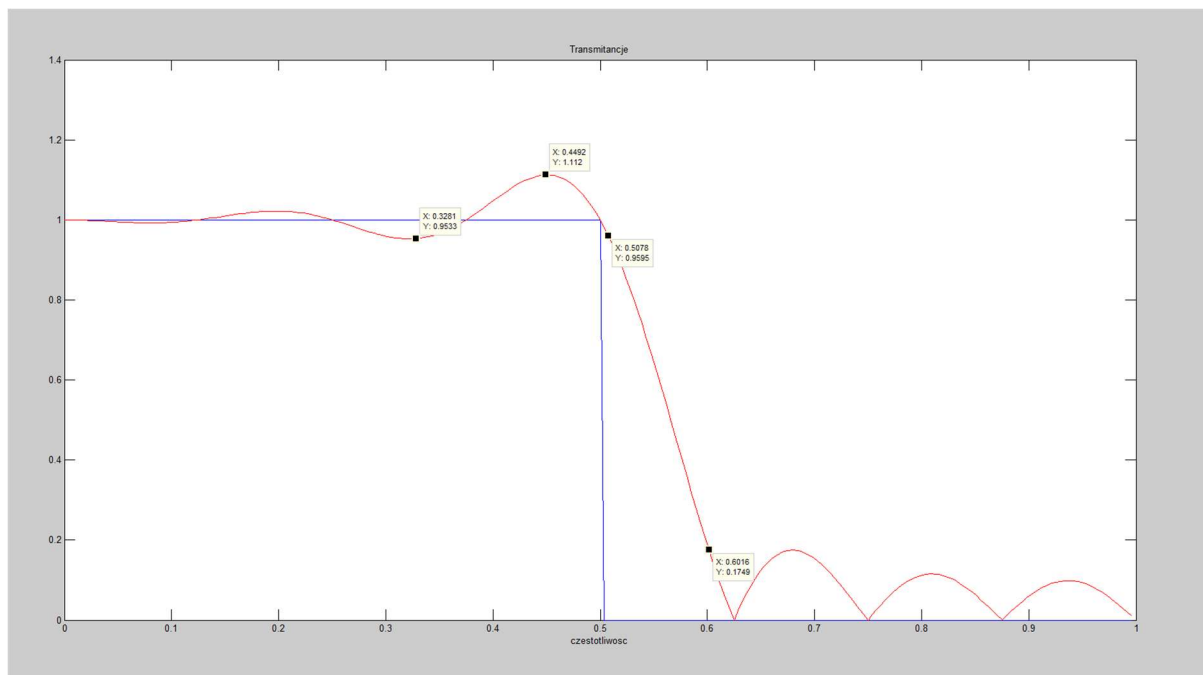
Bartłomiej Gromulski 331475

15.05.2025

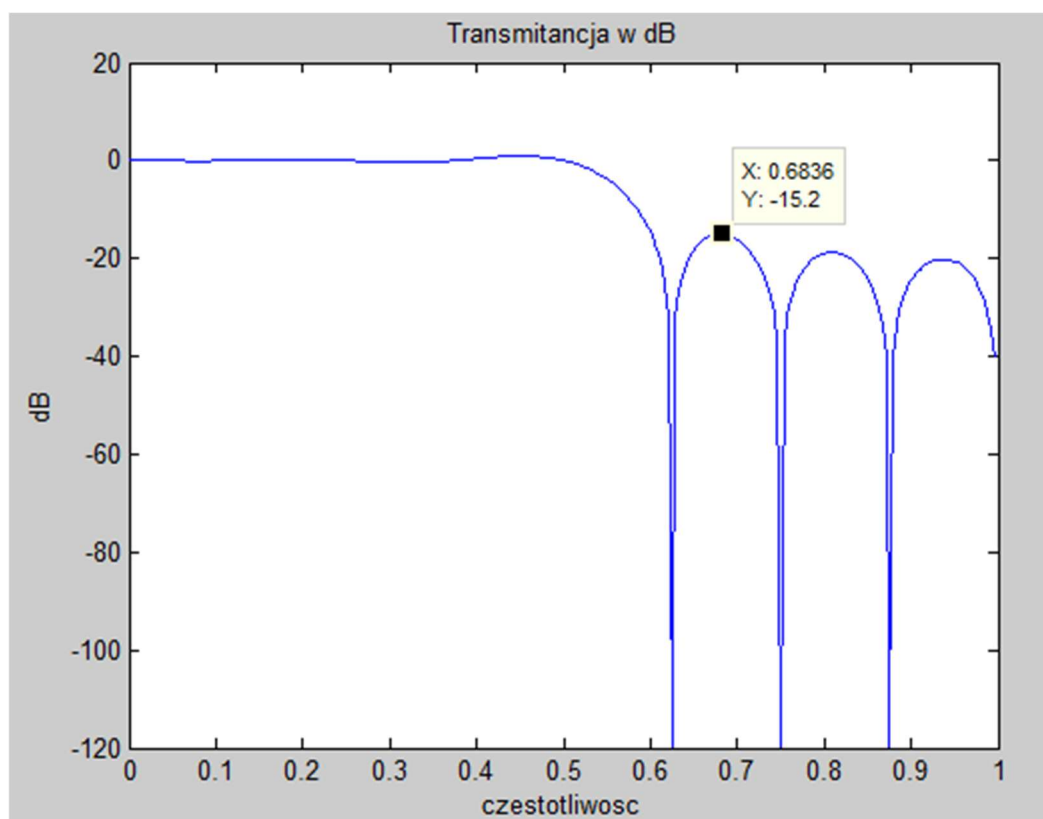
Zadanie 1

a)

Dla $N = 16$:

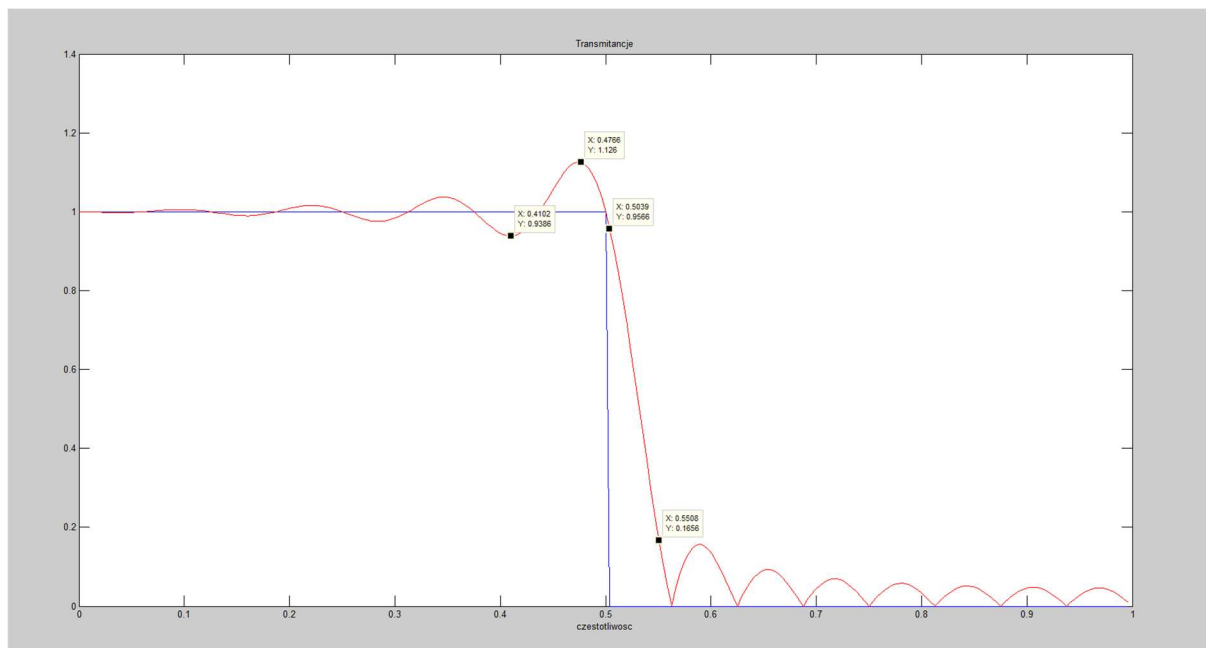


Rysunek 1 Transmitancje dla $N = 16$ metodą próbkowania w dziedzinie częstotliwości.

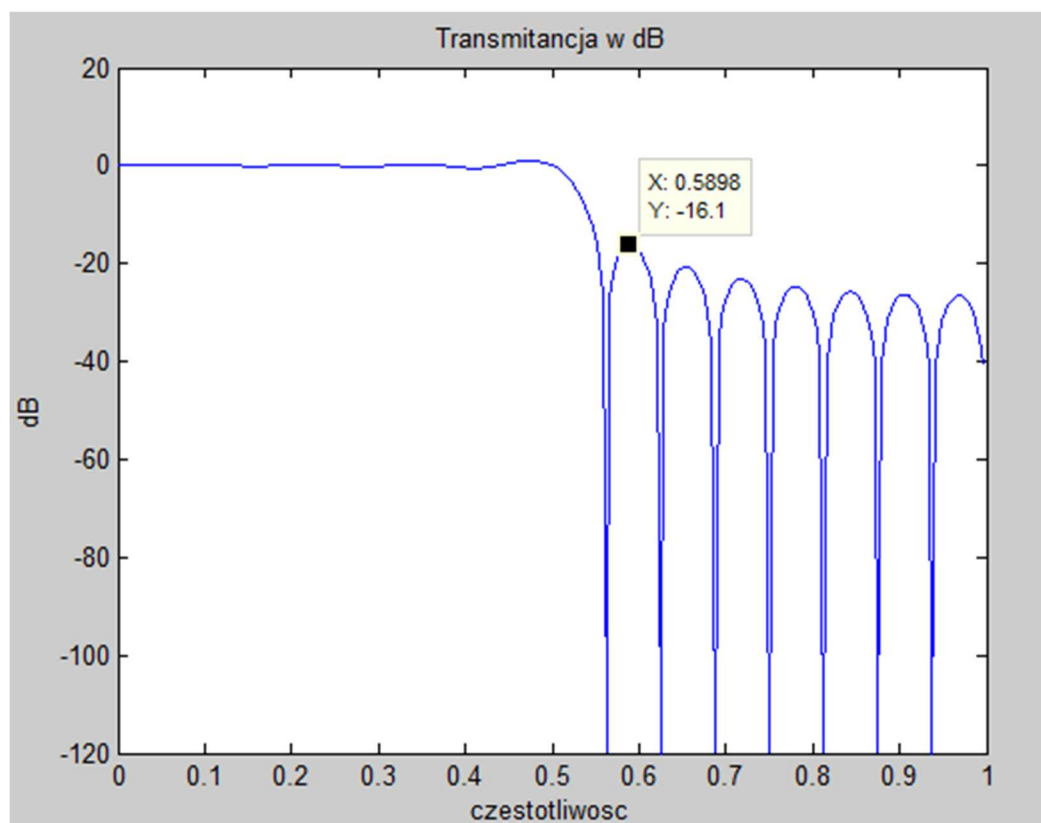


Rysunek 2 Transmitancje w dB dla $N = 16$ metodą próbkowania w dziedzinie częstotliwości.

Dla $N = 32$:

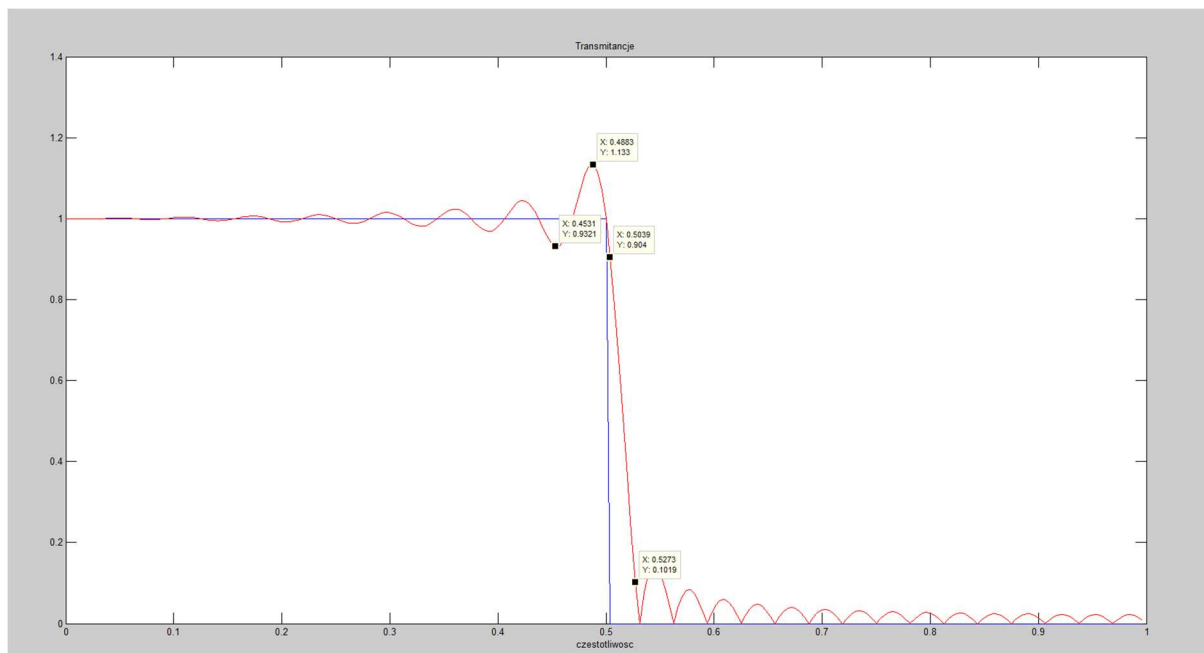


Rysunek 3 Transmitancje dla $N = 32$ metodą próbkowania w dziedzinie częstotliwości.

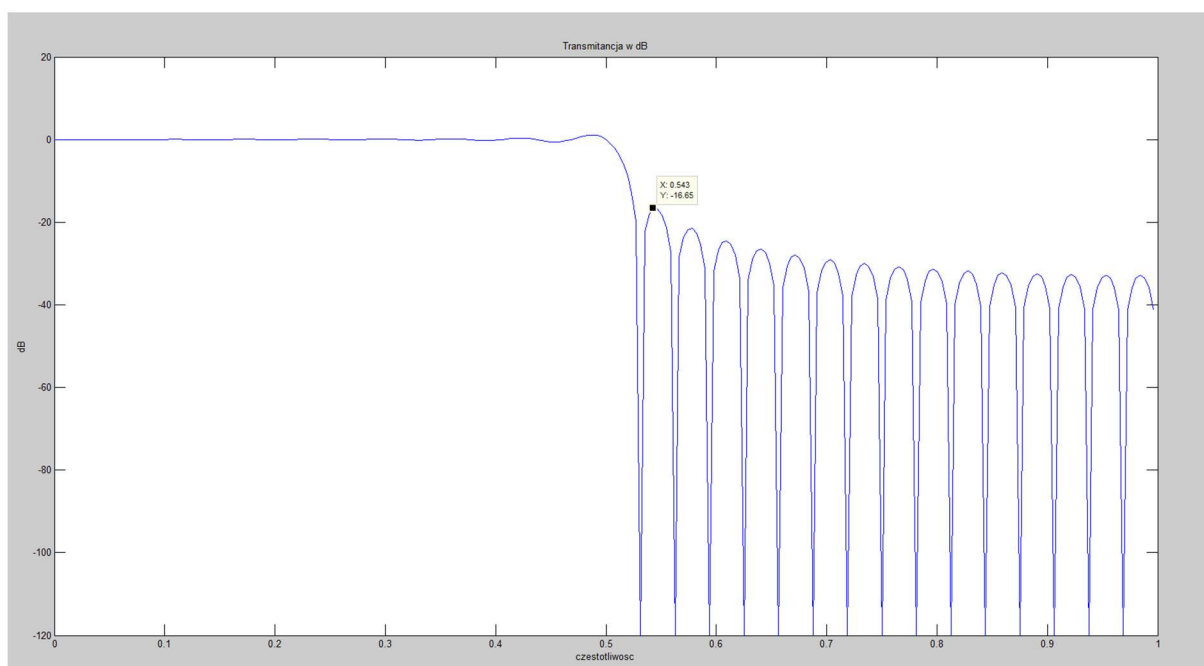


Rysunek 4 Transmitancje w dB dla $N = 32$ metodą próbkowania w dziedzinie częstotliwości.

Dla $N = 64$:



Rysunek 5 Transmitancje dla $N = 64$ metodą próbkowania w dziedzinie częstotliwości.



Rysunek 6 Transmitancje w dB dla $N = 64$ metodą próbkowania w dziedzinie częstotliwości.

| N | Pasmo przejściowe | Wahania w p. przepuszczania | Tłumienie w p. zaporowym [dB] |
|----|-------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| 16 | 0,0938 | 0,1587 | -15,20 |
| 32 | 0,0469 | 0,1874 | -16,10 |
| 64 | 0,0234 | 0,2009 | -16,65 |

Wraz ze zwiększaniem długości odpowiedzi impulsowej filtru (czyli wartości N), zauważalne jest wyraźne zmniejszenie szerokości pasma przejściowego. Oznacza to, że filtr staje się bardziej selektywny i lepiej oddziela pasmo przepuszczania od zaporowego. Jednocześnie obserwuje się nieznaczny wzrost wahań w paśmie przepuszczania oraz lekką poprawę tłumienia w paśmie zaporowym.

Parametrem, który najbardziej zależy od długości filtru N , jest szerokość pasma przejściowego. Wraz z jej wzrostem pasmo przejściowe wyraźnie się zawęża, co oznacza, że długość filtru ma kluczowy wpływ na zdolność dokładnego oddzielenia pasm. Pozostałe parametry, takie jak wahania w paśmie przepuszczania i tłumienie w paśmie zaporowym, zmieniają się w znacznie mniejszym stopniu.

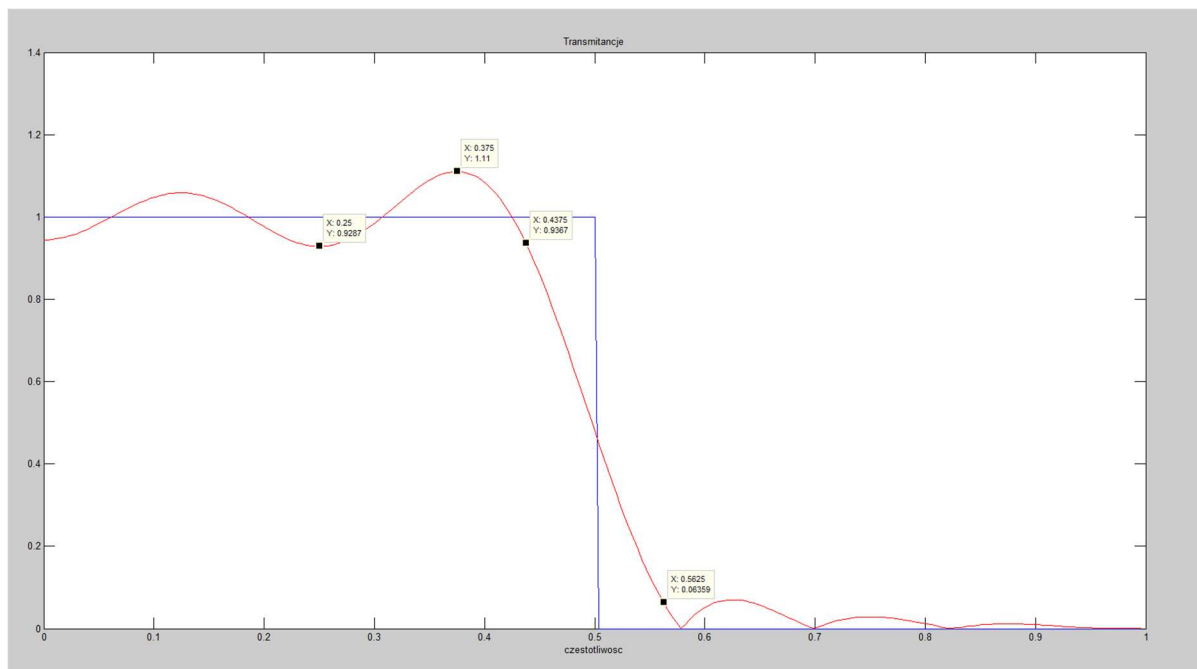
b)

Aby uzyskać pasmo przejściowe mniejsze niż 0.05, należy użyć co najmniej **32 punktów DFT**. Przy tej długości odpowiedzi impulsowej szerokość pasma przejściowego wynosi już 0.0469, co spełnia wymaganie. Dalsze zwiększanie N pozwala jeszcze bardziej zawęzić to pasmo.

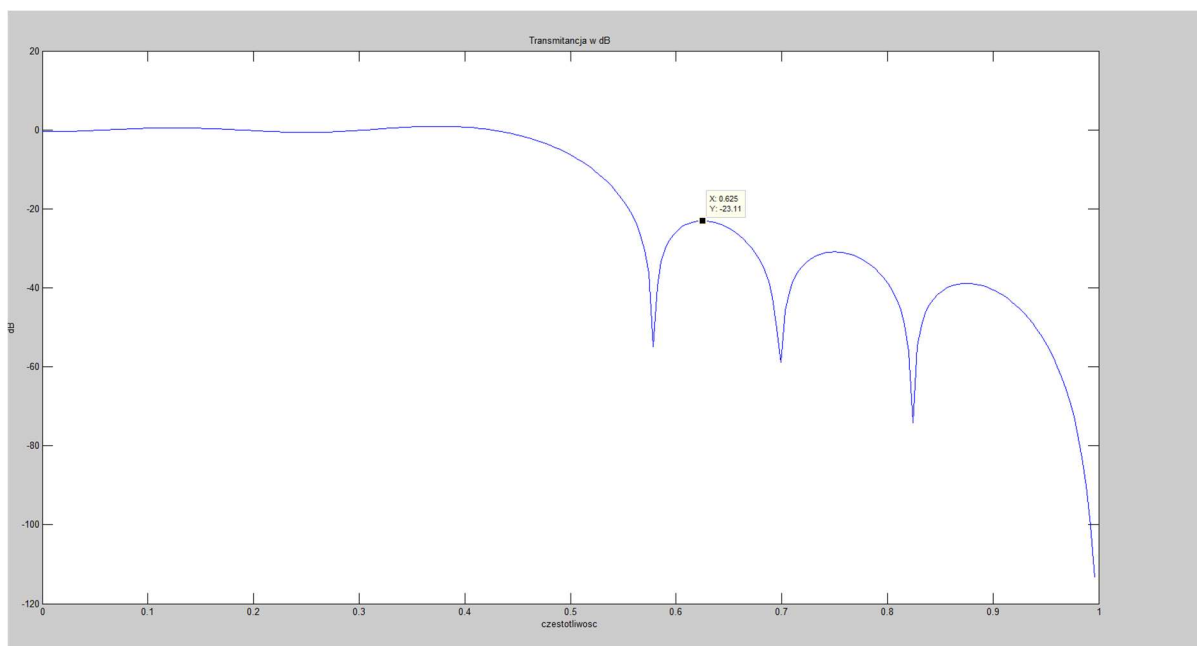
Zadanie 2

a)

Dla $N = 16$:

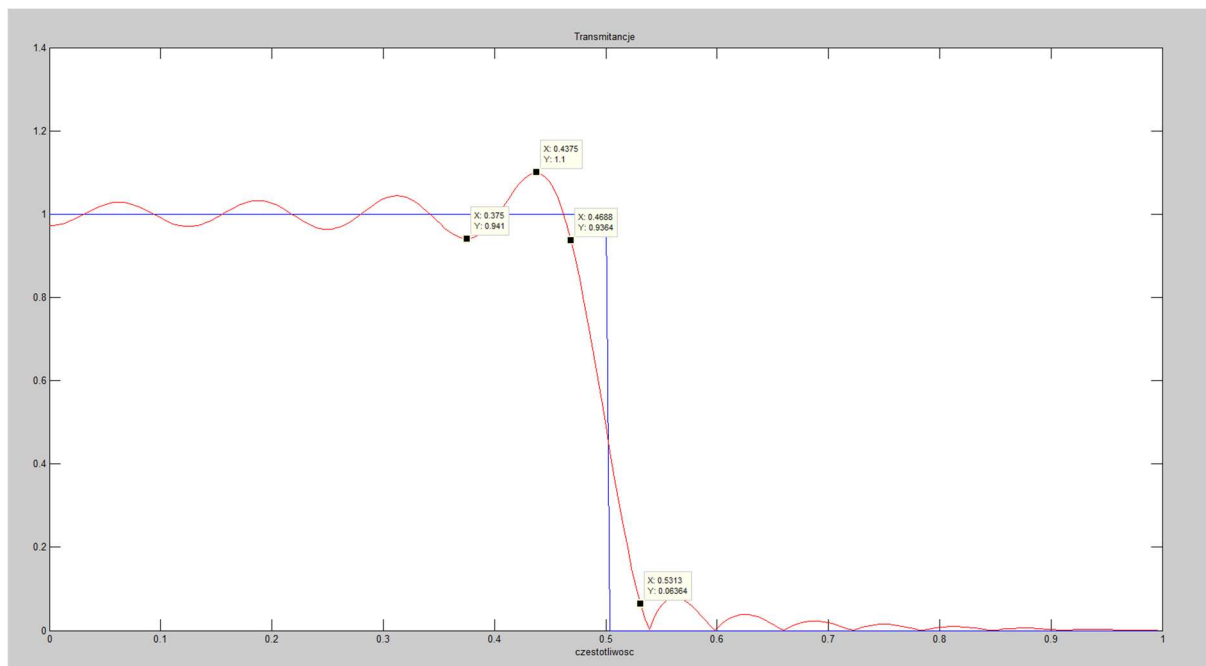


Rysunek 7 Transmitancje dla $N = 16$ metodą nakładania okna prostokątnego.

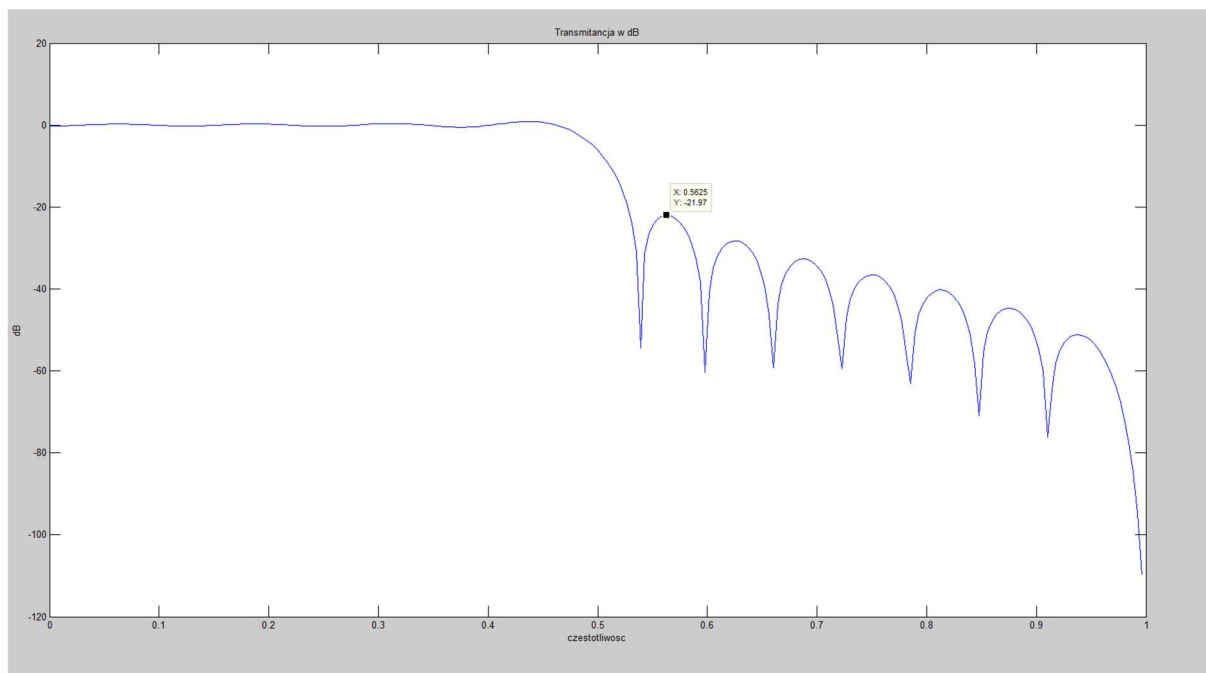


Rysunek 8 Transmitancje w dB dla $N = 16$ metodą nakładania okna prostokątnego.

Dla $N = 32$:

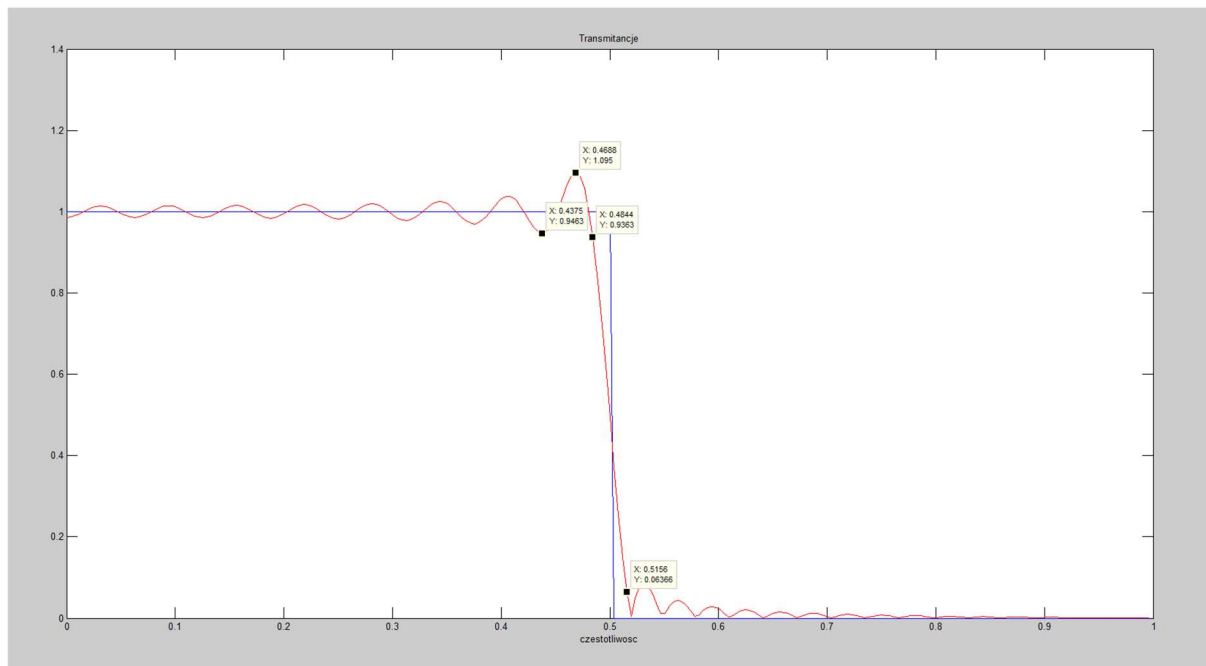


Rysunek 9 Transmitancje dla $N = 32$ metodą nakładania okna prostokątnego.

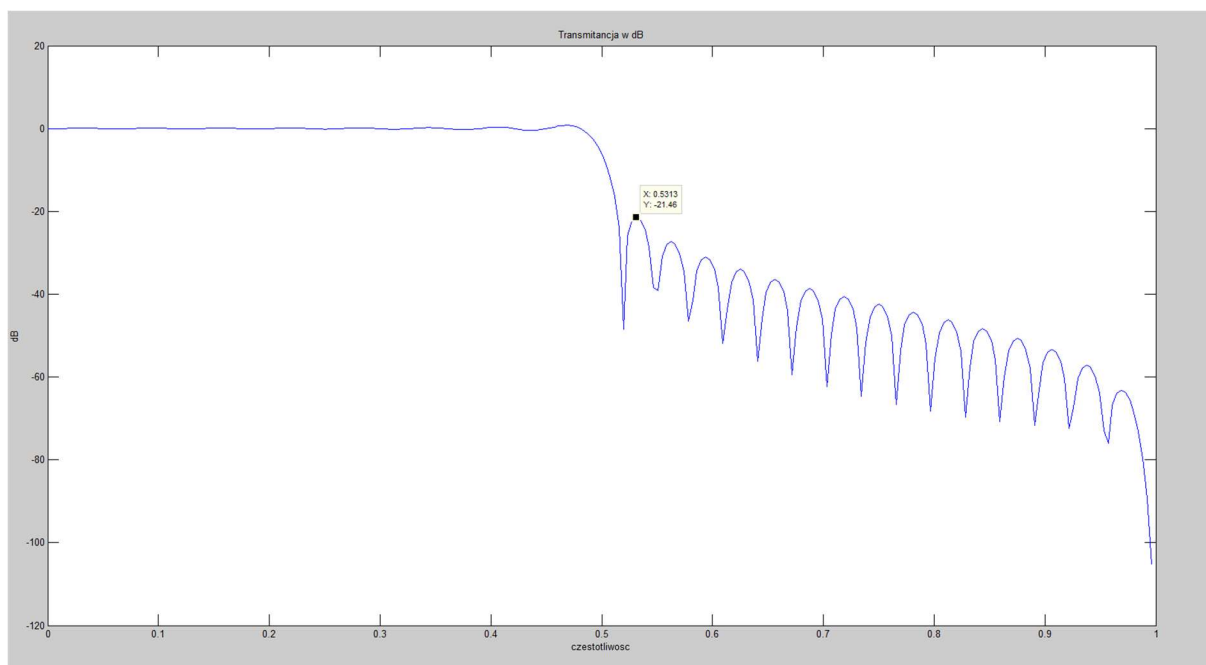


Rysunek 10 Transmitancje w dB dla $N = 32$ metodą nakładania okna prostokątnego.

Dla $N = 64$:



Rysunek 11 Transmitancje dla $N = 64$ metodą nakładania okna prostokątnego.



Rysunek 12 Transmitancje w dB dla $N = 64$ metodą nakładania okna prostokątnego.

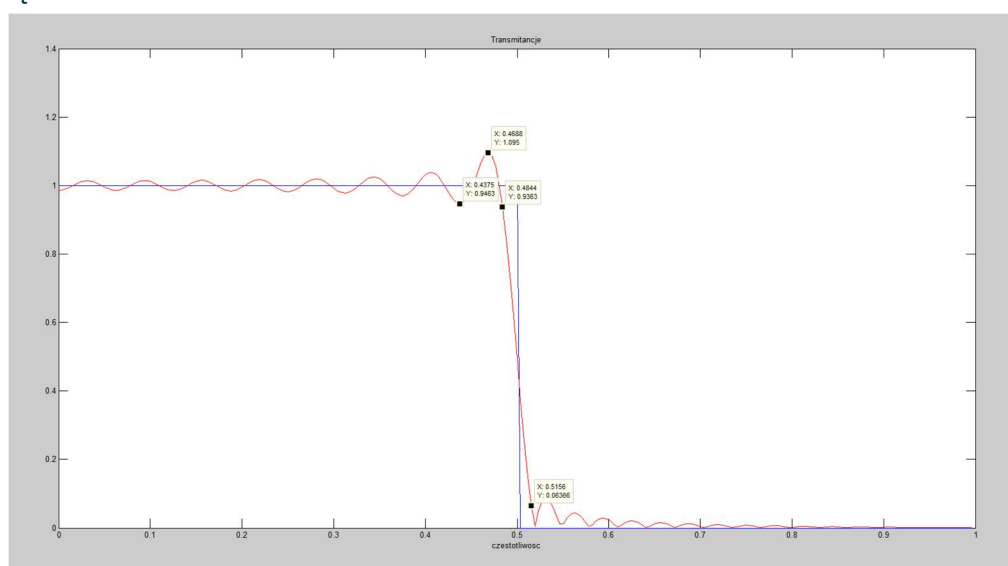
| N | Pasmo przejściowe | Wahania w p. przepuszczania | Tłumienie w p. zaporowym [dB] |
|----|-------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| 16 | 0,125 | 0,1813 | -23.11 |
| 32 | 0,0625 | 0,159 | -21,97 |
| 64 | 0,0312 | 0,1487 | -21,46 |

Dla tej samej długości filtru (czyli tej samej wartości N) metoda próbkowania w dziedzinie częstotliwości zawsze daje węższe pasmo przejściowe niż filtr zaprojektowany z użyciem okna prostokątnego (np. dla N = 32: 0,0469 vs 0,0625). Oznacza to, że filtr zaprojektowany metodą próbkowania lepiej oddziela pasmo przepuszczania od zaporowego. Jeśli chodzi o tłumienie w paśmie zaporowym i wahania w paśmie przepuszczania, obserwujemy wyraźną różnicę w trendach: dla metody próbkowania obie wartości rosną wraz z N, natomiast dla okna prostokątnego obie wartości maleją wraz ze wzrostem N. Przykładowo, w filtrach z próbkowania tłumienie rośnie od 15,2 dB (dla N = 16) do 16,65 dB (dla N = 64), a wahania od 0,1587 do 0,2009. Natomiast w filtrach z oknem prostokątnym tłumienie maleje z 23,11 dB do 21,46 dB, a wahania z 0,1813 do 0,1487.

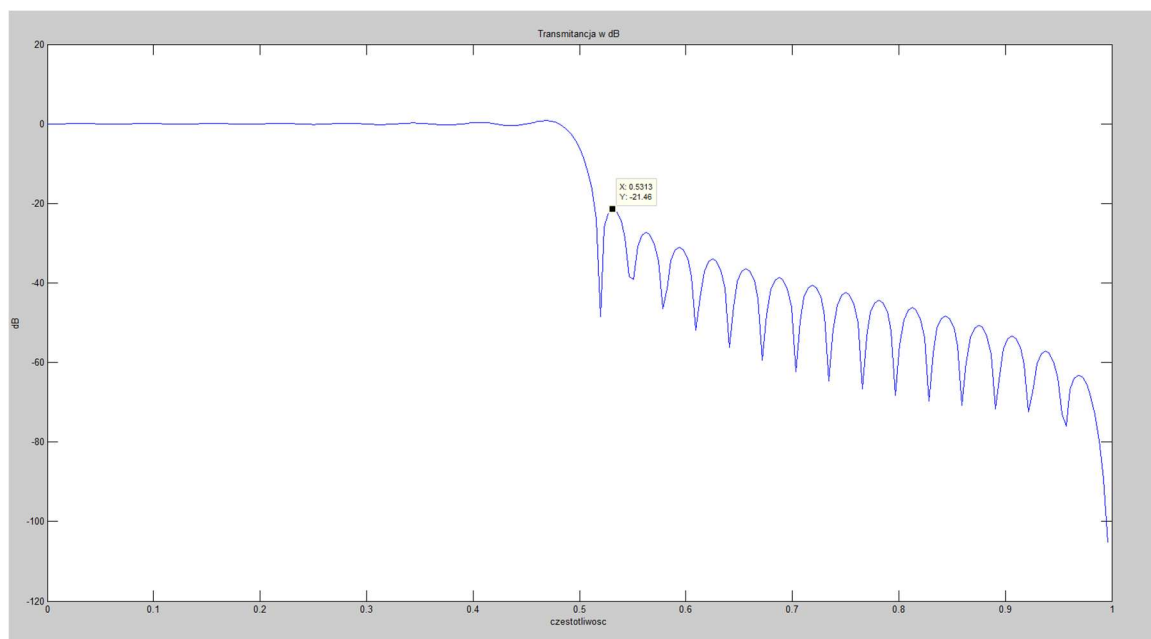
Uzyskanie tłumienia większego niż 30 dB w paśmie zaporowym **nie jest możliwe** przy długości odpowiedzi impulsowej w zakresie $16 \leq N \leq 256$, gdy stosuje się okno prostokątne. Wynika to z faktu, że tłumienie w tej metodzie maleje wraz ze zwiększaniem długości filtru. Największe tłumienie obserwujemy **dla najkrótszego filtru (N = 16) i wynosi ono jedynie 23,11 dB** – a więc nawet w najlepszym przypadku nie osiąga wymaganych 30 dB.

b)

Prostokątne:

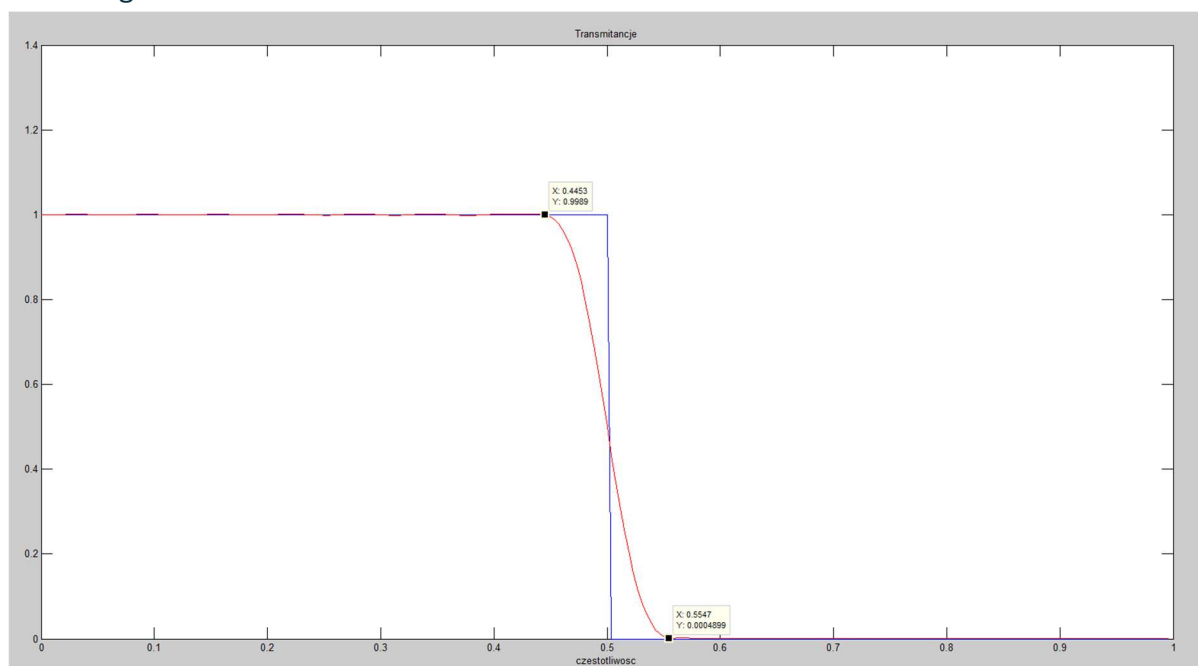


Rysunek 13 Transmitancje dla N = 64 metodą nakładania okna prostokątnego.

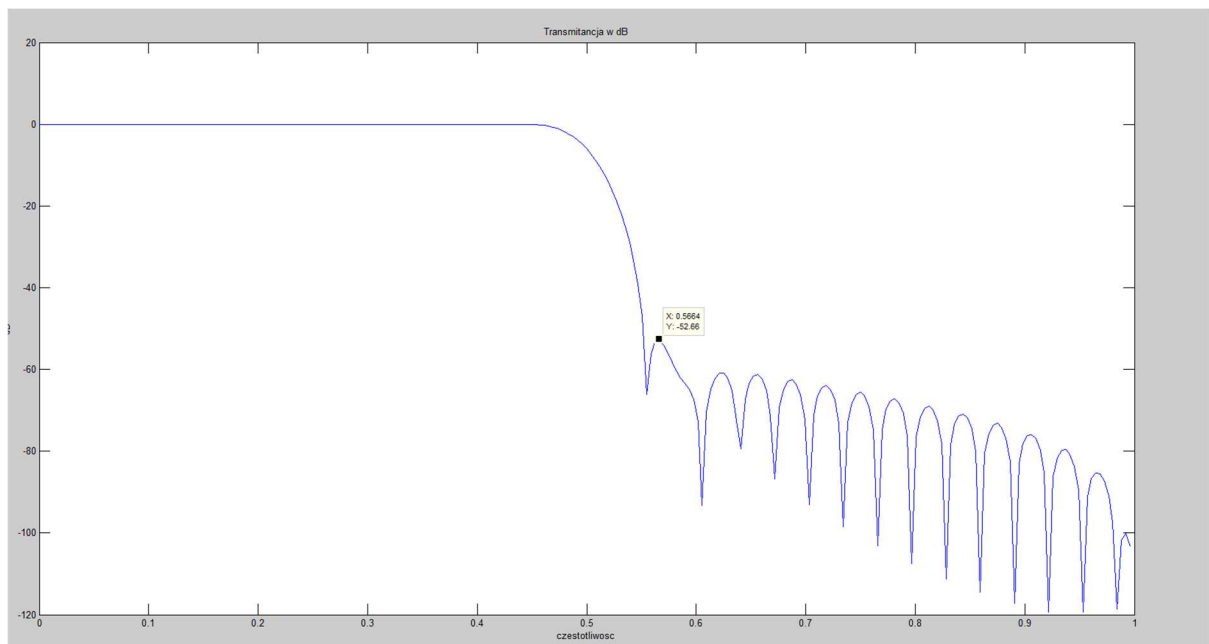


Rysunek 14 Transmitancje w dB dla $N = 64$ metodą nakładania okna prostokątnego.

Hamming:

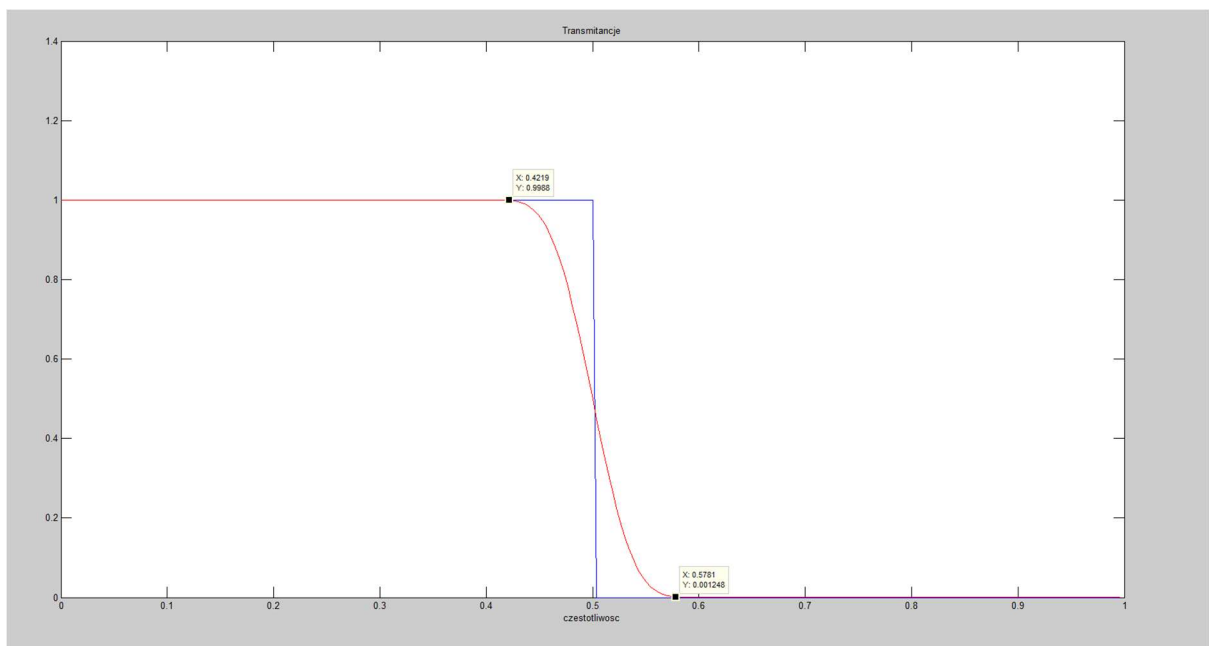


Rysunek 15 Transmitancje dla $N = 64$ metodą nakładania okna Hamminga.

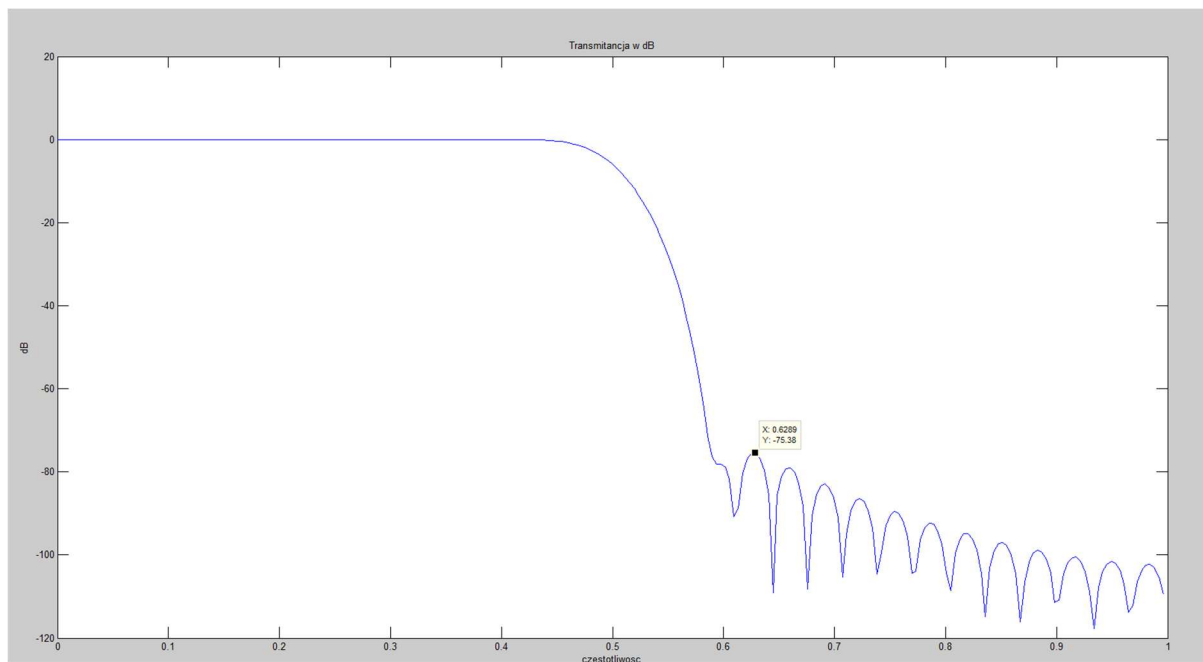


Rysunek 16 Transmitancje w dB dla $N = 64$ metodą nakładania okna Hamminga.

Blackman:



Rysunek 17 Transmitancje dla $N = 64$ metodą nakładania okna Blackmana.



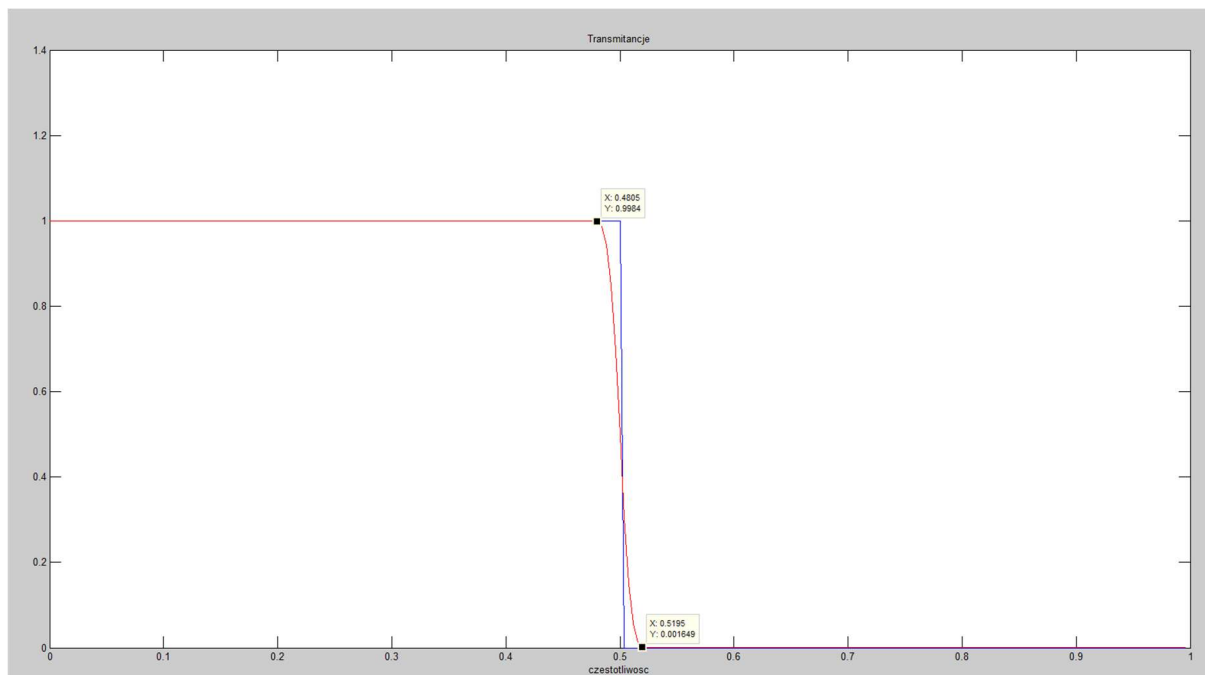
Rysunek 18 Transmitancje w dB dla $N = 64$ metodą nakładania okna Blackmana.

| Okno | pasmo przejściowe | tłumienie w p. zaporowym [dB] |
|-------------|-------------------|-------------------------------|
| Prostokątne | 0,0312 | -21,46 |
| Hamming | 0,1094 | -52,66 |
| Blackman | 0,1562 | -75,38 |

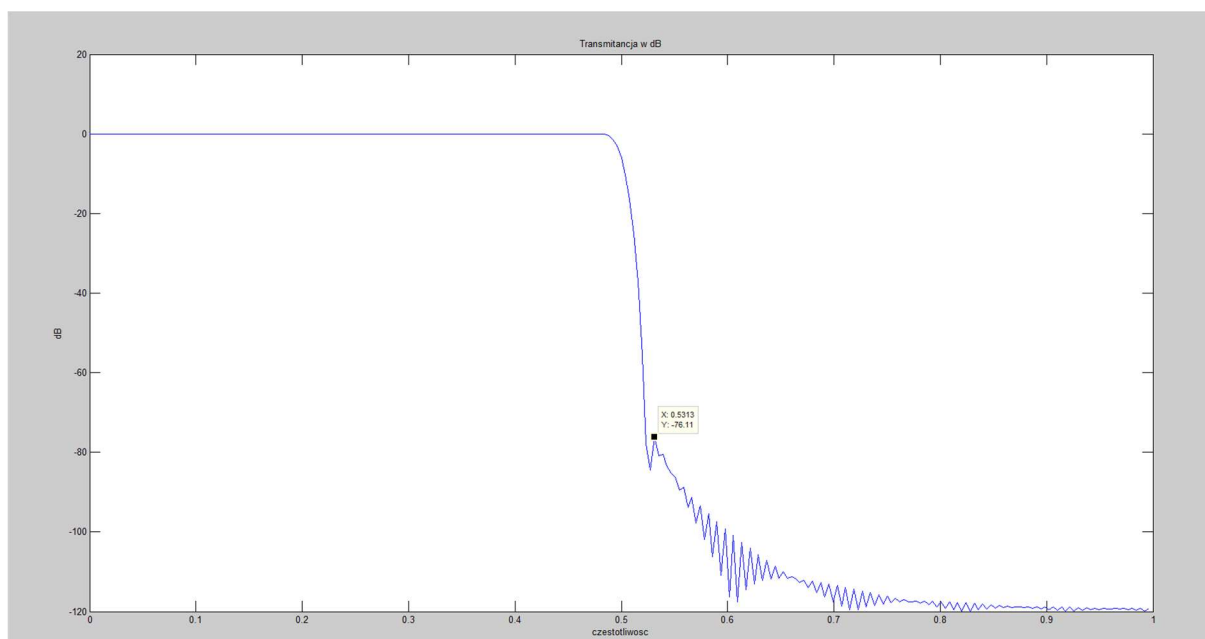
Rodzaj okna wpływa zarówno na pasmo przejściowe, jak i tłumienie w paśmie zaporowym, ale **pasmo przejściowe zmienia się proporcjonalnie bardziej**. Dla okna Blackmana pasmo przejściowe jest 5 razy szersze niż dla prostokątnego, podczas gdy tłumienie jest 3,5 raza większe.

Aby uzyskać mocniejsze tłumienie, trzeba pogodzić się z szerszym pasmem przejściowym.

c)



Rysunek 19 Transmitancje dla $N = 248$ metodą nakładania okna Blackmana



Rysunek 20 Transmitancje w dB dla $N = 248$ metodą nakładania okna Blackmana

Aby uzyskać tłumienie w paśmie zaporowym > 70 dB i jednocześnie pasmo przejściowe < 0.05 użyliśmy okna Blackmana i wartość $N = 248$. Uzyskaliśmy tłumienie w paśmie zaporowym równe 76,11 dB oraz jednocześnie pasmo przejściowe o wartości 0,039.

Zadanie 3

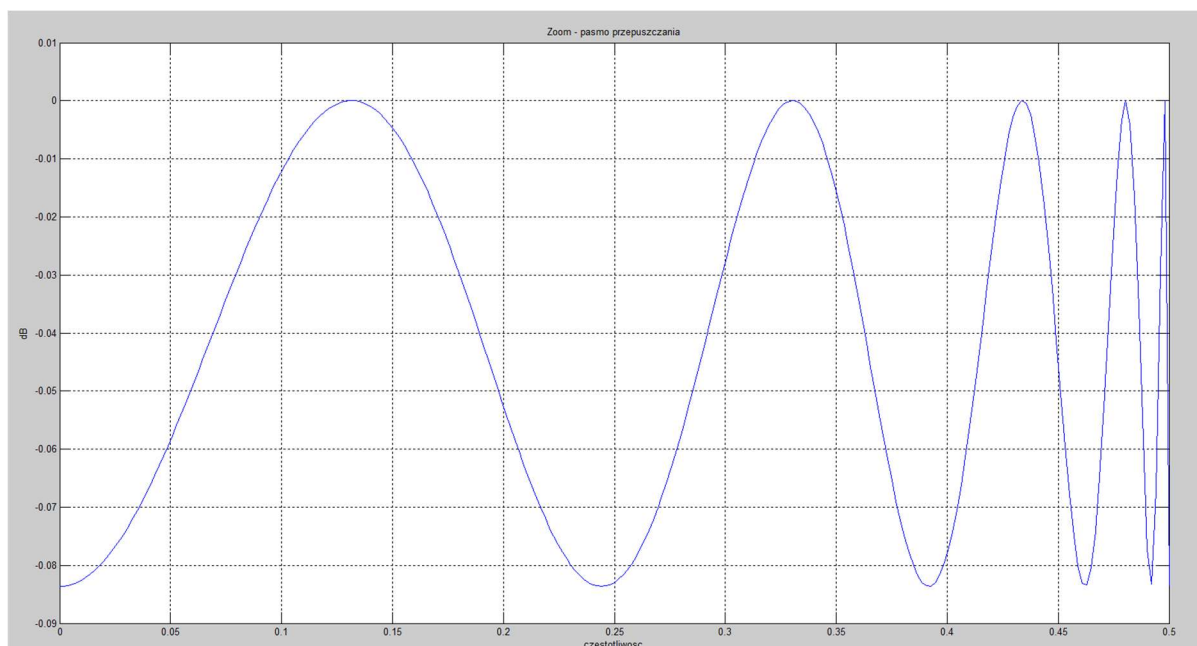
| Liczba zer i biegunów | pasmo przejściowe |
|-----------------------|-------------------|
| 8 | 0.4219 |
| 16 | 0.2266 |
| 32 | 0.1270 |

Zwiększenie liczby zer i biegunów prowadzi do zmniejszenia szerokości pasma przejściowego.

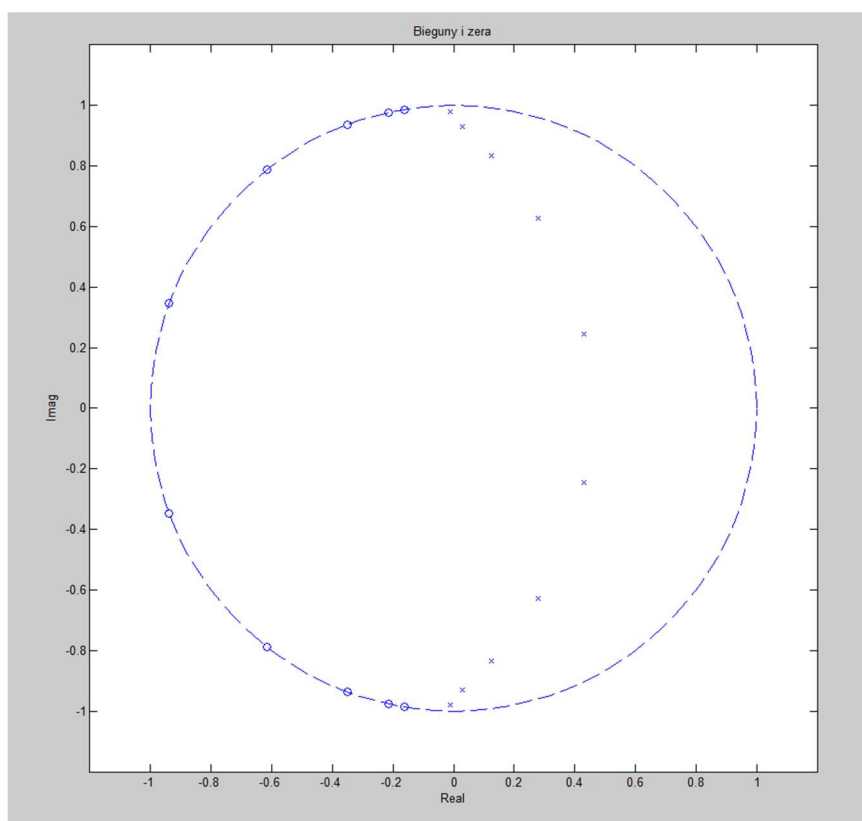
Zadanie 4:

a)

Rozkład biegunów gwarantuje bardzo niskie wahania w paśmie przepuszczania. W paśmie przepuszczania występują niewielkie wahania charakterystyki, poniżej 0.1 dB, co jest widoczne na rysunku 21. Nierównomierny rozkład zer w zakresie pasma zaporowego zapewnia wysokie tłumienie. Zera znajdują się na okręgu jednostkowym i leżą w paśmie zaporowym. Ich obecność tworzy punkty tłumienia na tych konkretnych częstotliwościach w paśmie zaporowym. Bieguny znajdują się wewnątrz okręgu jednostkowego. Ich położenie kształtuje charakterystykę w paśmie przepuszczania. Im wyższy rząd filtru, tym węższe pasmo przejściowe można uzyskać.



Rysunek 21 Transmitancja w dB dla pasma przepuszczania



b)

| | | |
|--|----------|---------|
| Wymagane pasmo przejściowe | 0.05 | 0.005 |
| Otrzymany rząd filtru | 13 | 20 |
| Zmierzone pasmo przejściowe | 0.0567 | 0.0059 |
| Zmierzone wahania w paśmie przepuszczania [dB] | 0.004475 | 0.01153 |
| Otrzymane tłumienie w paśmie zaporowym [dB] | 100 | 100 |

Filtry spełniają wymagania tłumienia, ale nie udało się uzyskać dokładnie tak wąskiego pasma przejściowego, jak zakładano, choć uzyskane wartości są bliskie wymaganym.

Spis treści:

| | |
|----------------------|----|
| Zadanie 1 | 2 |
| a)..... | 2 |
| Dla $N = 16$: | 2 |
| Dla $N = 32$:..... | 3 |
| Dla $N = 64$:..... | 4 |
| b) | 5 |
| Zadanie 2 | 6 |
| a)..... | 6 |
| Dla $N = 16$:..... | 6 |
| Dla $N = 32$:..... | 7 |
| Dla $N = 64$:..... | 8 |
| b) | 9 |
| Prostokątne: | 9 |
| Hamming: | 10 |
| Blackman: | 11 |

| | |
|------------------|----|
| c)..... | 13 |
| Zadanie 3 | 14 |
| Zadanie 4: | 14 |
| a)..... | 14 |
| b)..... | 16 |

Spis rysunków:

| | |
|--|----|
| Rysunek 1 Transmitancje dla $N = 16$ metodą próbkowania w dziedzinie częstotliwości. 2 | |
| Rysunek 2 Transmitancje w dB dla $N = 16$ metodą próbkowania w dziedzinie częstotliwości. | 2 |
| Rysunek 3 Transmitancje dla $N = 32$ metodą próbkowania w dziedzinie częstotliwości. 3 | |
| Rysunek 4 Transmitancje w dB dla $N = 32$ metodą próbkowania w dziedzinie częstotliwości. | 3 |
| Rysunek 5 Transmitancje dla $N = 64$ metodą próbkowania w dziedzinie częstotliwości. 4 | |
| Rysunek 6 Transmitancje w dB dla $N = 64$ metodą próbkowania w dziedzinie częstotliwości. | 4 |
| Rysunek 7 Transmitancje dla $N = 16$ metodą nakładania okna prostokątnego..... | 6 |
| Rysunek 8 Transmitancje w dB dla $N = 16$ metodą nakładania okna prostokątnego..... | 6 |
| Rysunek 9 Transmitancje dla $N = 32$ metodą nakładania okna prostokątnego..... | 7 |
| Rysunek 10 Transmitancje w dB dla $N = 32$ metodą nakładania okna prostokątnego..... | 7 |
| Rysunek 11 Transmitancje dla $N = 64$ metodą nakładania okna prostokątnego..... | 8 |
| Rysunek 12 Transmitancje w dB dla $N = 64$ metodą nakładania okna prostokątnego..... | 8 |
| Rysunek 13 Transmitancje dla $N = 64$ metodą nakładania okna prostokątnego..... | 9 |
| Rysunek 14 Transmitancje w dB dla $N = 64$ metodą nakładania okna prostokątnego... 10 | |
| Rysunek 15 Transmitancje dla $N = 64$ metodą nakładania okna Hamminga. | 10 |
| Rysunek 16 Transmitancje w dB dla $N = 64$ metodą nakładania okna Hamminga. | 11 |
| Rysunek 17 Transmitancje dla $N = 64$ metodą nakładania okna Blackmana. | 11 |
| Rysunek 18 Transmitancje w dB dla $N = 64$ metodą nakładania okna Blackmana..... | 12 |
| Rysunek 19 Transmitancje dla $N = 248$ metodą nakładania okna Blackmana..... | 13 |
| Rysunek 20 Transmitancje w dB dla $N = 248$ metodą nakładania okna Blackmana..... | 13 |