

**Zadanie nr 2 - Próbkowanie
i kwantyzacja**
Cyfrowe Przetwarzanie Sygnałów

Jakub Wąchała, 216914 Radosław Grela, 216769

20.04.2020

1 Cel zadania

Celem zadania jest oswojenie się z zagadnieniami dotyczącymi procesu konwersji analogowo-cyfrowej i cyfrowo analogowej sygnałów. Zadanie polega na implementacji wybranych wariantów konwersji, a także miar.

2 Wstęp teoretyczny

Program ten jest wzbogaconą o wybrane funkcjonalności wersją programu z zadania 1.

2.1 Dodatkowo zaimplementowane warianty:

1. Konwersja A/C - próbkowanie:
 - (S1) Próbkowanie równomierne
2. Konwersja A/C - kwantyzacja:
 - (Q2) Kwantyzacja równomierna z zaokrągleniem
3. Konwersja C/A - rekonstrukcja sygnału:
 - (R1) Ekstrapolacja zerowego rzędu
 - (R2) Interpolacja pierwszego rzędu
 - (R3) Rekonstrukcja w oparciu o funkcję sinc

2.2 Dodatkowo zaimplementowane miary:

- (C1) Błąd średniokwadratowy (MSE)
- (C2) Stosunek sygnał - szum (SNR)
- (C4) Maksymalna różnica (MD)

3 Eksperymenty i wyniki

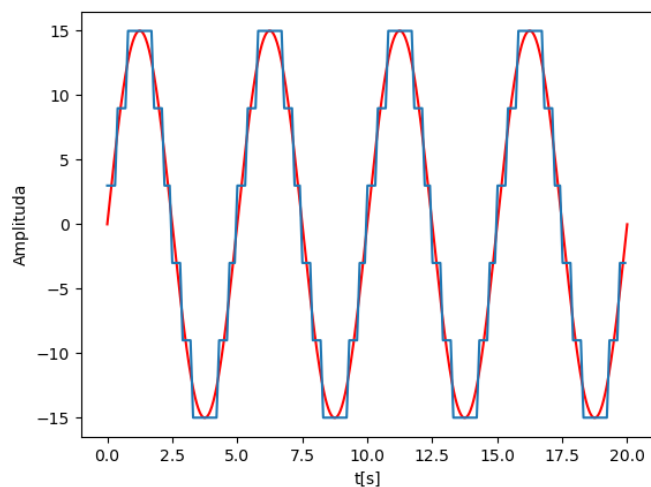
Wykorzystując cztery rodzaje sygnałów (tj. sinusoidalny, trójkątny, sinusoidalny wyprostowany dwupołówkowo) przeprowadzimy konwersje analogowo - cyfrowe i cyfrowo - analogowe, a także zaprezentujemy rezultaty poszczególnych miar 2.2 . Kolorem czerwonym przedstawiony jest sygnał oryginalny, natomiast kolorem niebieskim jego konwersja.

3.1 Sygnał sinusoidalny

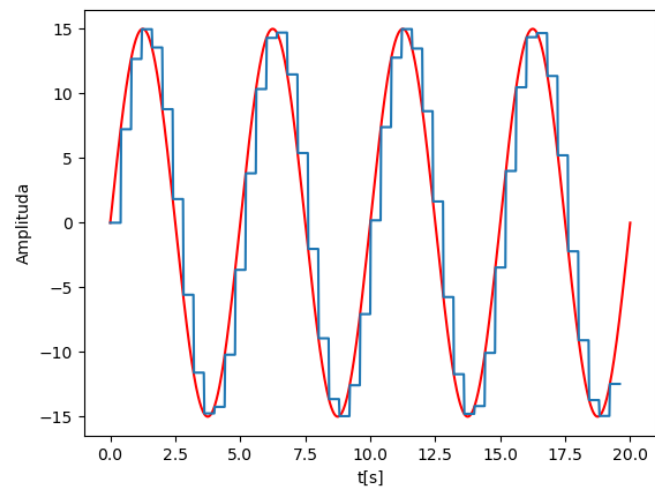
Celem eksperymentu jest przedstawienie wyników procesu konwersji analogowo - cyfrowej i cyfrowo analogowej dla sygnału sinusoidalnego. Użyte parametry:

- amplituda: 15
- okres: 5
- czas początkowy: 0
- czas trwania: 20

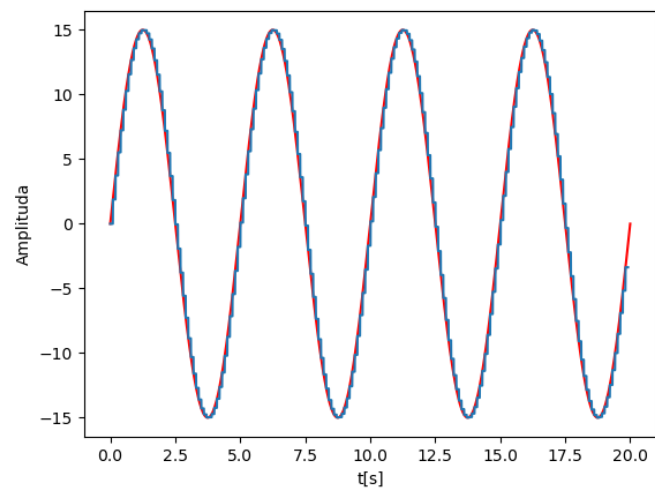
3.1.1 Rezultat



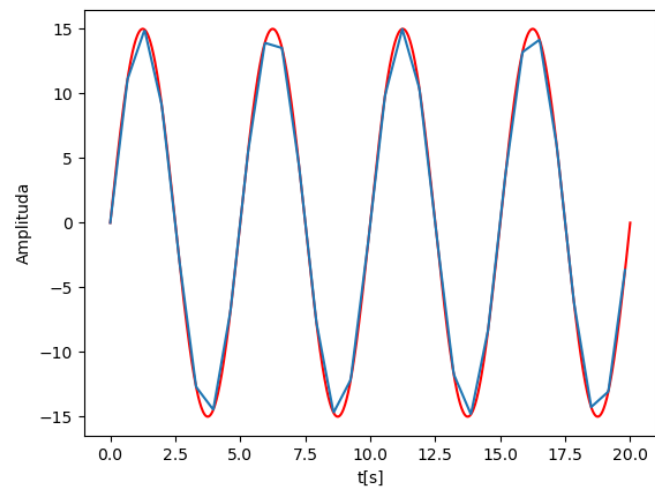
Rysunek 1: Wykres konwersji A/C (kwantyzacja równomierna z zaokrągleniem st. 5, 10hz, 200probek)



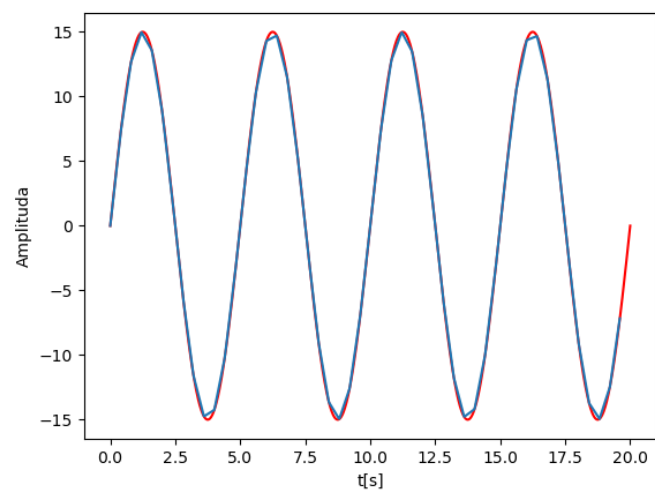
Rysunek 2: Wykres konwersji C/A (ekstrapolacja zerowego rzędu, 50hz, 1000probek)



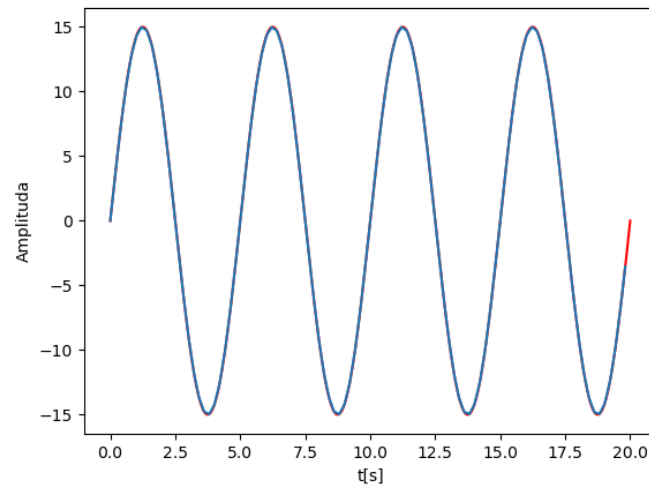
Rysunek 3: Wykres konwersji C/A (ekstrapolacja zerowego rzędu, 100hz, 2000probek)



Rysunek 4: Wykres konwersji C/A (interpolacja pierwszego rzędu 30hz,600probek)



Rysunek 5: Wykres konwersji C/A (interpolacja pierwszego rzędu, 50hz,1000probek)



Rysunek 6: Wykres konwersji C/A (interpolacja pierwszego rzędu, 100hz, 2000probek)

```
blad_sredniokwadratowy: 6.825927955792905
stosunek_sygnal_szum: (12.165574127791492+0j)
maksymalna_roznica: 4.9948522010664185
```

Rysunek 7: Otrzymane miary dla sygnału sinusoidalnego, stopień 3, 200hz, 4000probek

```
blad_sredniokwadratowy: 2.540593174830072
stosunek_sygnal_szum: (16.457839859430145+0j)
maksymalna_roznica: 2.996525742665657
```

Rysunek 8: Otrzymane miary dla sygnału sinusoidalnego, stopień 5, 200hz, 4000probek

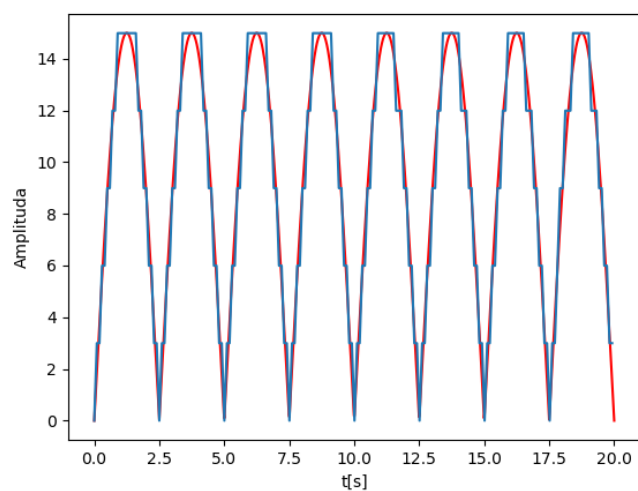
```
blad_sredniokwadratowy: 1.0698522729090363
stosunek_sygnal_szum: (20.213952993118454+0j)
maksymalna_roznica: 1.868826834294337
```

Rysunek 9: Otrzymane miary dla sygnału sinusoidalnego, stopień 8, 200hz, 4000probek

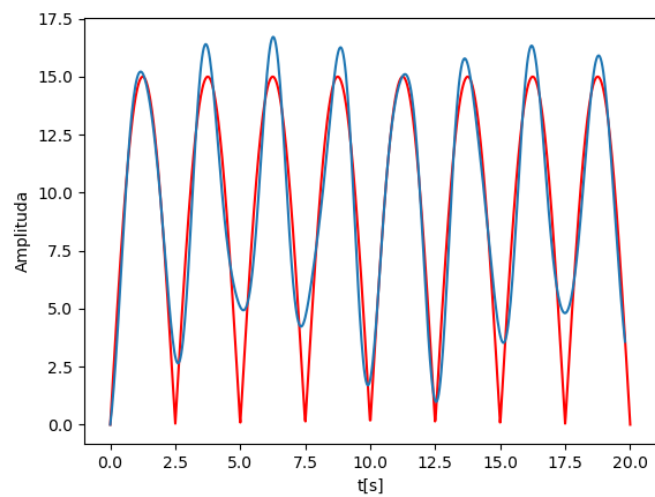
3.2 Sygnał sinusoidalny wyprostowany dwupołówkowo

Celem eksperymentu jest przedstawienie wyników procesu konwersji analogowo - cyfrowej i cyfrowo analogowej dla sygnału sinusoidalnego wyprostowanego dwupołówkowo.

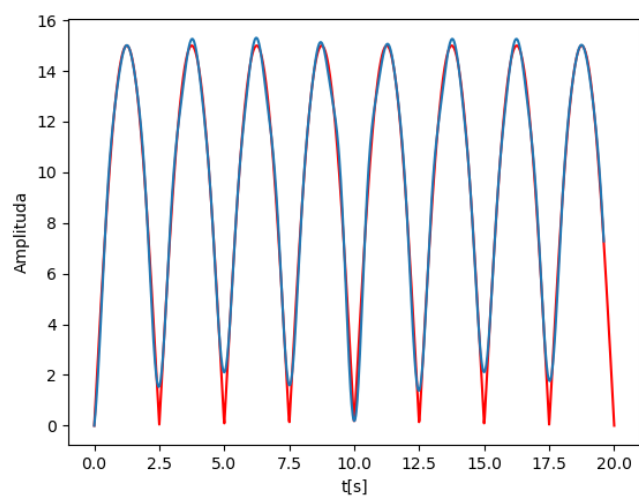
3.2.1 Rezultat



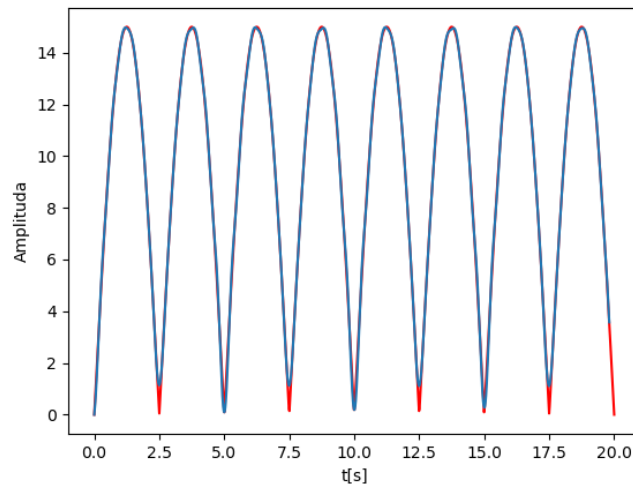
Rysunek 10: Wykres konwersji C/A (kwantyzacja równomierna z zaokrągleniem, 10hz, 200probek)



Rysunek 11: Wykres konwersji C/A (rekonstrukcja w oparciu o funkcję sinus, 30hz, 600probek)



Rysunek 12: Wykres konwersji C/A (rekonstrukcja w oparciu o funkcję sinus, 50hz, 1000probek)



Rysunek 13: Wykres konwersji C/A (rekonstrukcja w oparciu o funkcję sinus, 100hz, 2000probek)

```
blad_sredniokwadratowy: 0.6897541311347385
stosunek_sygnal_szum: (22.120248027151405+0j)
maksymalna_roznica: 1.490754908805713
```

Rysunek 14: Otrzymane miary dla sygnału sinusoidalnego wyprostowanego dwupołówkowo, 200hz, stopień 5, 4000probek

```
blad_sredniokwadratowy: 0.19360357678850043
stosunek_sygnal_szum: (27.63805736435256+0j)
maksymalna_roznica: 0.9305419577692469
```

Rysunek 15: Otrzymane miary dla sygnału sinusoidalnego wyprostowanego dwupołówkowo, 200hz, stopień 8, 4000probek

```
blad_sredniokwadratowy: 0.178402186571659
stosunek_sygnal_szum: (27.993189400208415+0j)
maksymalna_roznica: 0.7460677776189915
```

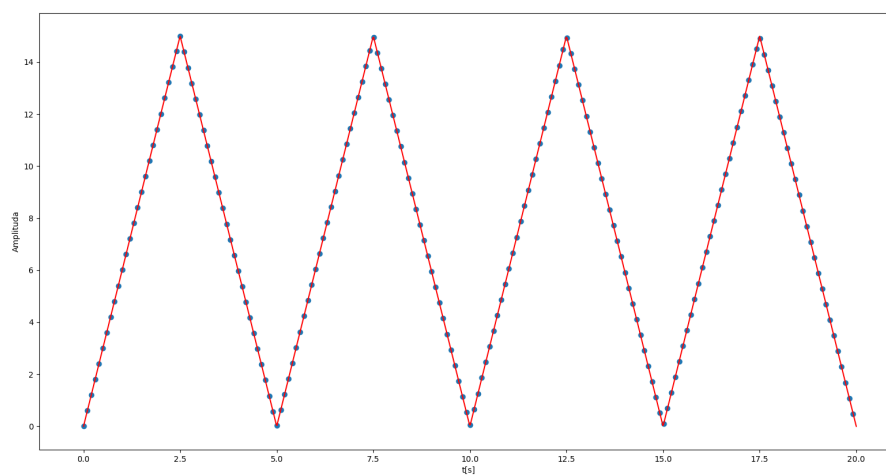
Rysunek 16: Otrzymane miary dla sygnału sinusoidalnego wyprostowanego dwupołówkowo, 200hz, stopień 10, 4000probek

3.3 Sygnał trójkątny

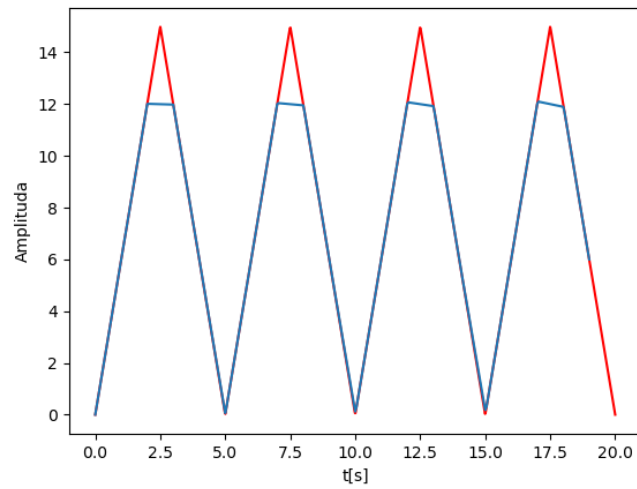
Celem eksperymentu jest przedstawienie wyników procesu konwersji analogowo - cyfrowej i cyfrowo analogowej dla sygnału trójkątnego. Użyte parametry:

- amplituda: 15
- okres: 5
- czas początkowy: 0
- czas trwania: 20

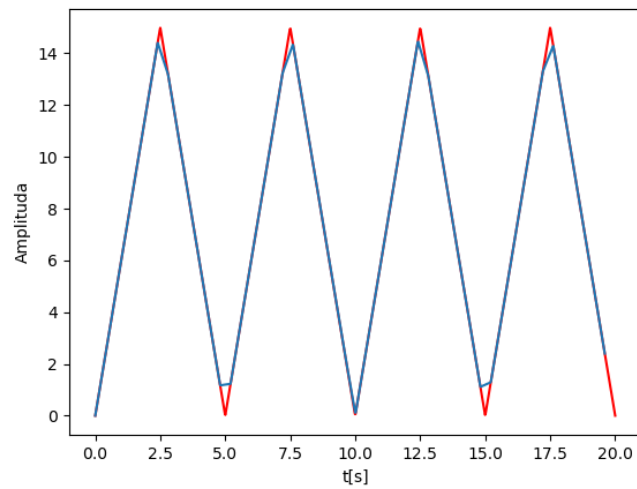
3.3.1 Rezultat



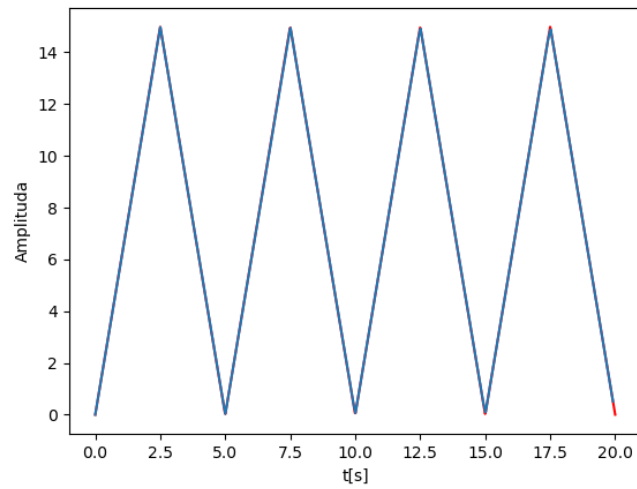
Rysunek 17: Wykres konwersji A/C (próbkowanie, 10hz, 200probek)



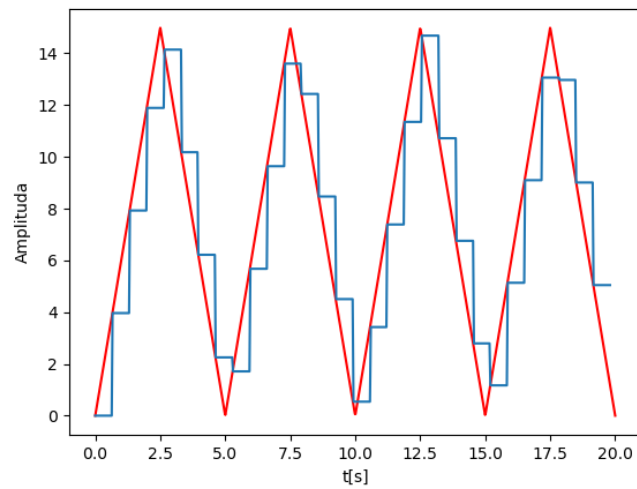
Rysunek 18: Wykres konwersji C/A (interpolacja pierwszego rzędu 20hz,400probek)



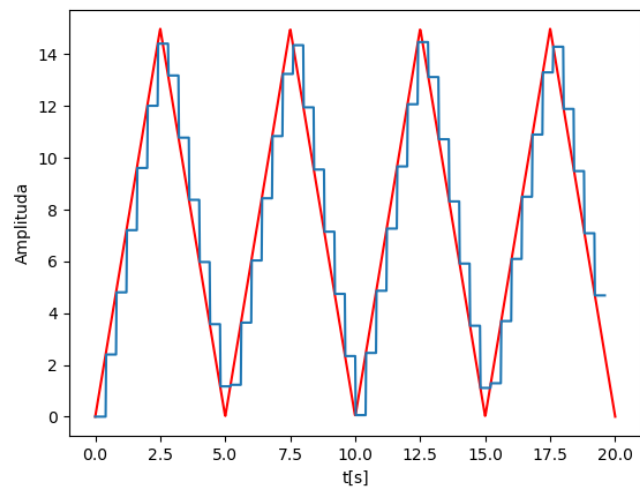
Rysunek 19: Wykres konwersji C/A (interpolacja pierwszego rzędu, 50hz, 1000probek)



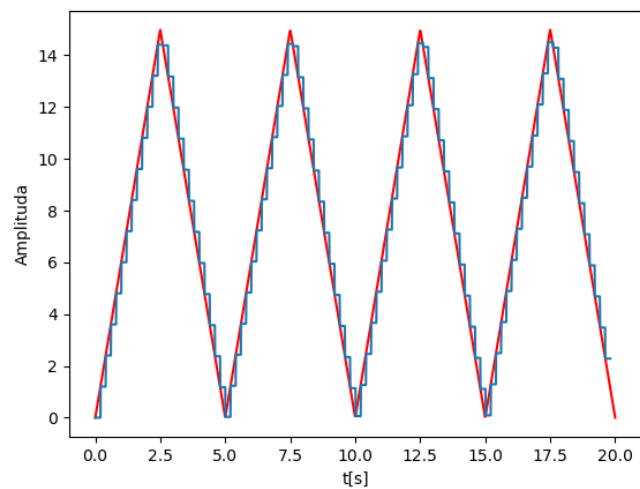
Rysunek 20: Wykres konwersji C/A (interpolacja pierwszego rzędu, 200hz, 4000probek)



Rysunek 21: Wykres konwersji C/A (ekstrapolacja zerowego rzędu, 30hz, 600probek)



Rysunek 22: Wykres konwersji C/A (ekstrapolacja zerowego rzędu, 50hz, 1000probek)



Rysunek 23: Wykres konwersji C/A (ekstrapolacja zerowego rzędu, 100hz, 2000probek)

```
blad_sredniokwadratowy: 0.5234387540693828
stosunek_sygnal_szum: (21.380585734359286+0j)
maksymalna_roznica: 1.1951951951952005
```

Rysunek 24: Otrzymane miary dla sygnału trójkątnego, 5 stopień, 20hz, 400probek

```
blad_sredniokwadratowy: 0.6768454941427892
stosunek_sygnal_szum: (20.43368008847402+0j)
maksymalna_roznica: 1.4174174174174192
```

Rysunek 25: Otrzymane miary dla sygnału trójkątnego, 5 stopień, 50hz, 1000probek

```
blad_sredniokwadratowy: 0.6854054054054066
stosunek_sygnal_szum: (20.38010868430685+0j)
maksymalna_roznica: 1.4354354354354406
```

Rysunek 26: Otrzymane miary dla sygnału trójkątnego, 5 stopień, 100hz, 2000probek

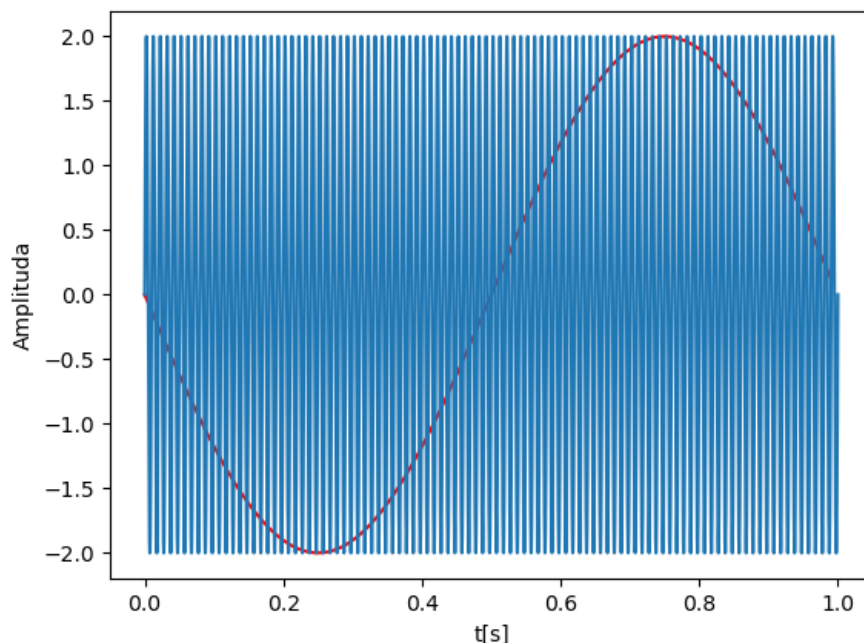
```
blad_sredniokwadratowy: 0.7218569921272631
stosunek_sygnal_szum: (20.1634238726742+0j)
maksymalna_roznica: 1.3153153153153205
```

Rysunek 27: Otrzymane miary dla sygnału trójkątnego, 5 stopień, 200hz, 4000probek

3.4 Zjawisko aliasingu

Celem eksperymentu jest przedstawienie wyników zjawiska aliasingu w oparciu o samodzielnie wybrany zestaw funkcji. Aliasing jest to zniekształcenie (osłabienie lub wzmocnienie) sygnału powstałe w czasie jego próbkowania, które powstaje w wyniku niespełnienia założeń twierdzenia o próbkowaniu. Objawia się to powstaniem składowych o błędnych częstotliwościach (aliasów).

Do zobrazowania zjawiska wykorzystaliśmy funkcję sinus o częstotliwości 100hz, a następnie wykonaliśmy próbkowanie o częstotliwości 1000hz i zrekonstruowaliśmy sygnał w oparciu o funkcję sinus.



Rysunek 28: Otrzymane zjawisko aliasingu

4 Wnioski

- Prezentowane wyniki są dowodem na poprawne wykonanie zadania tj. poprawność konwersji A/C (kwantyzacji równomiernej z zaokrągleniem oraz próbkowania), C/A (interpolacji pierwszego rzędu, ekstrapolacji zerowego rzędu, rekonstrukcji w oparciu o funkcję sinus) wraz z ich miarami. Widzimy, że im większa częstotliwość (większa ilość próbek na sekundę) tym wykres zostaje zrekonstruowany w sposób bardziej dokładny.
- W przypadku ekstrapolacji widać widoczne zniekształcenie w stosunku do sygnału oryginalnego ponieważ powstaje ona przy użyciu funkcji `rect` (prostokąt), przez co przybiera ona postać schodkową. Lepiej wygląda to w wypadku interpolacji.
- Rekonstrukcja w oparciu o funkcję sinus jest dokładniejsza od ekstrapolacji zerowego rzędu (przyjmując, że porównujemy te same częstotliwości)

- Im większy stopień kwantyzacji tym błąd oraz maksymalna różnica jest mniejsza

Literatura

- [1] *Zadanie 2 - Próbkowanie i kwantyzacja* Cyfrowe Przetwarzanie Sygnału
WIKAMP FTIMS