

Zadanie nr 2 - Próbkowanie i kwantyzacja

Cyfrowe Przetwarzanie Sygnałów

Dominik Gałkowski, 247659 Jan Śladowski, 247806

29.04.2025

1 Cel zadania

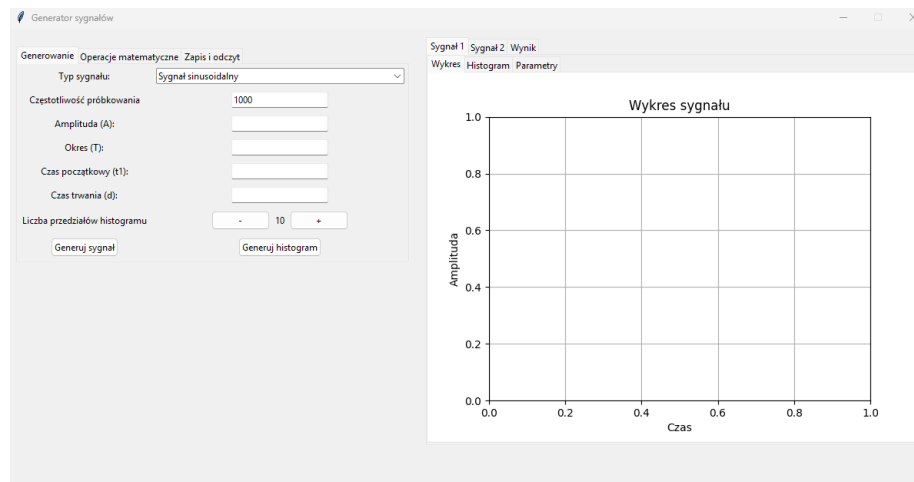
Celem zadania jest zapoznanie się z praktycznymi zagadnieniami związanymi z konwersją sygnałów z postaci analogowej na cyfrową (A/C) oraz z cyfrowej na analogową (C/A), a także zaimplementowanie w programie z pierwszego zadania procesu konwersji analogowo-cyfrowej, obejmującego próbkowanie i kwantyzację, oraz procesu konwersji cyfrowo-analogowej.

2 Wstęp teoretyczny

Program został stworzony w języku Python. Graficzny interfejs użytkownika został stworzony przy wykorzystaniu biblioteki Tkinter. Do generowania wykresów i histogramów wykorzystana jest biblioteka Matplotlib, natomiast do obliczeń wykorzystywana jest biblioteka Numpy. Program został podzielony na kilka plików. Interfejs graficzny znajduje się w głównym pliku - front. W plikach continuousSignal oraz discretSignal znajdują się metody służące do obliczania sygnałów. Obliczanie parametrów sygnału znajduje się w pliku calculateParams, a metody odpowiedzialne za obsługę operacji na sygnałach umieszczone są w pliku signalOperation.

2.1 Pełny interfejs użytkownika

Poniższy zrzut ekranu przedstawia panel interfejsu użytkownika. Po lewej stronie została umieszczona część odpowiedzialna za obsługę wykresów oraz dobór parametrów generowanego wykresu. Po prawej stronie została umieszczona część odpowiedzialna za wyświetlanie wygenerowanych wykresów, histogramów oraz parametrów. Interfejs zapewnia możliwość dodawanie dwóch wykresów.



Rysunek 1: Pełny interfejs użytkownika

2.2 Panel obsługi programu

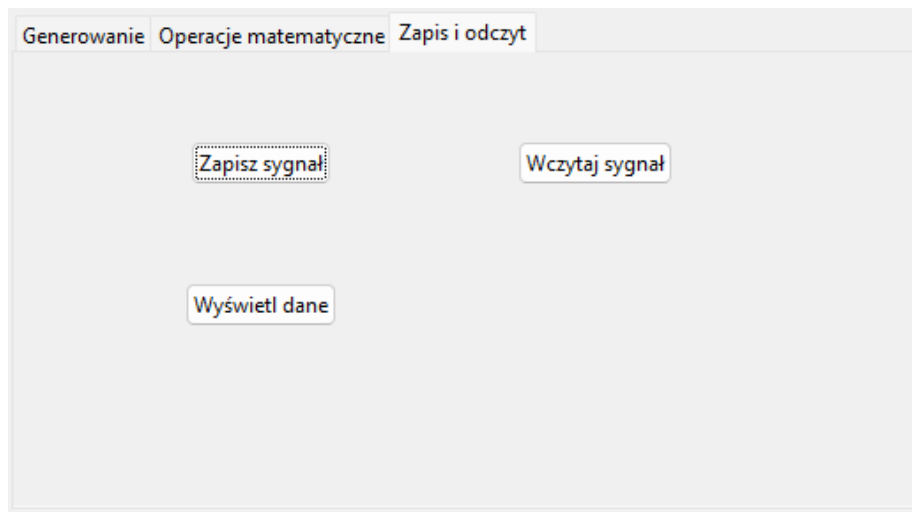
Panel obsługi posiada 3 karty, które poprzez naciśnięcie myszy można przełączać. Pierwsza z nich oznaczona jako Generowanie odpowiada za wybór parametrów generowanego wykresu, druga oznaczona jako Operacje matematyczne pozwala na wybór operacji np. dodawanie, odejmowanie, mnożenie, dzielenie, natomiast trzecia oznaczona jako Zapis i odczyt odpowiada za zapis, odczyt z pliku, oraz wyświetlenie danych znajdujących się w pliku.

The screenshot shows the 'Generowanie' tab selected. It contains a dropdown menu for 'Typ sygnału:' set to 'Sygnał sinusoidalny'. Below it are input fields for 'Częstotliwość próbkowania' (1000), 'Amplituda (A):', 'Okres (T):', 'Czas początkowy (t1):', and 'Czas trwania (d):'. At the bottom, there is a 'Liczba przedziałów histogramu' section with a minus button, the number 10, and a plus button. Two buttons at the bottom are 'Generuj sygnał' and 'Generuj histogram'.

Rysunek 2: Panel wyboru parametrów

The screenshot shows the 'Operacje matematyczne' tab selected. It displays four buttons arranged in a 2x2 grid: 'Dodaj' (Add), 'Odejmij' (Subtract), 'Pomnóż' (Multiply), and 'Podziel' (Divide).

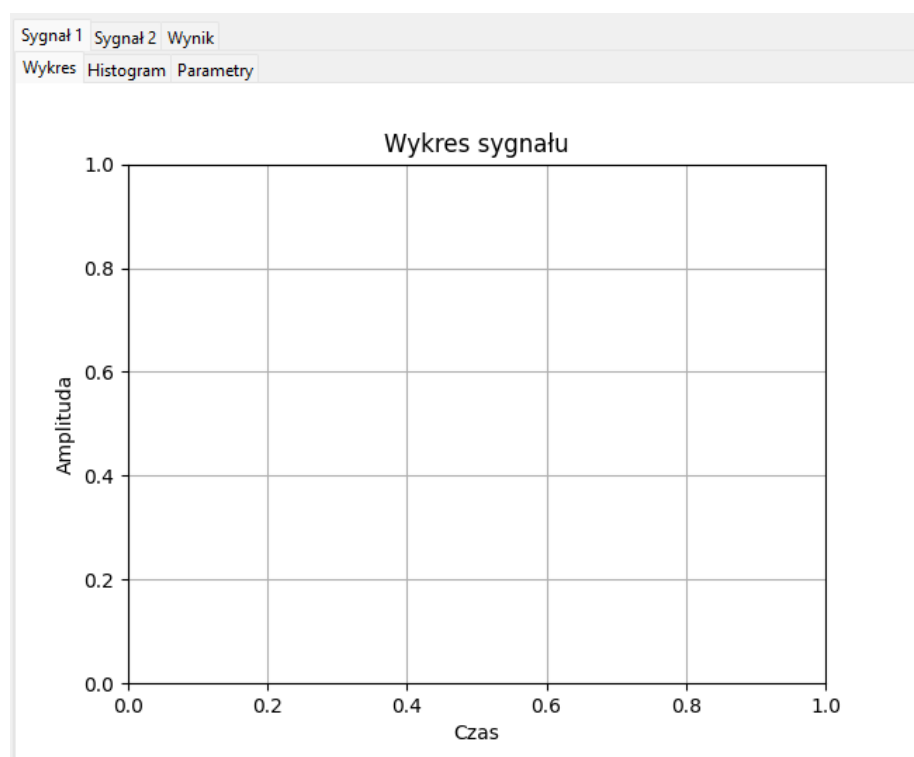
Rysunek 3: Panel wyboru operacji



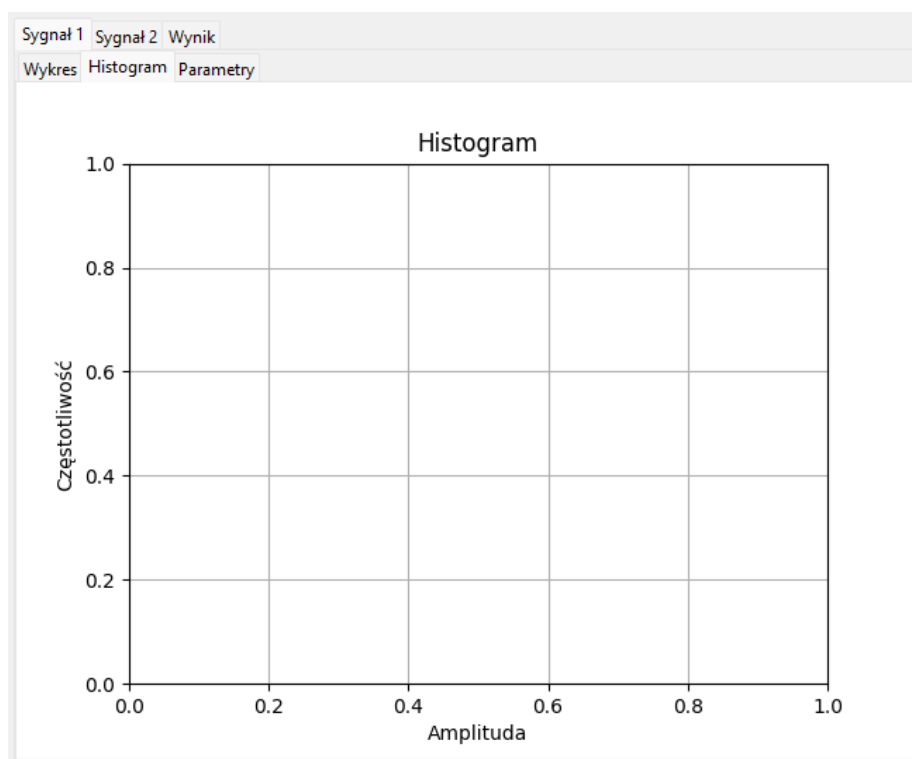
Rysunek 4: Panel zapisu i odczytu

2.3 Panel wyników

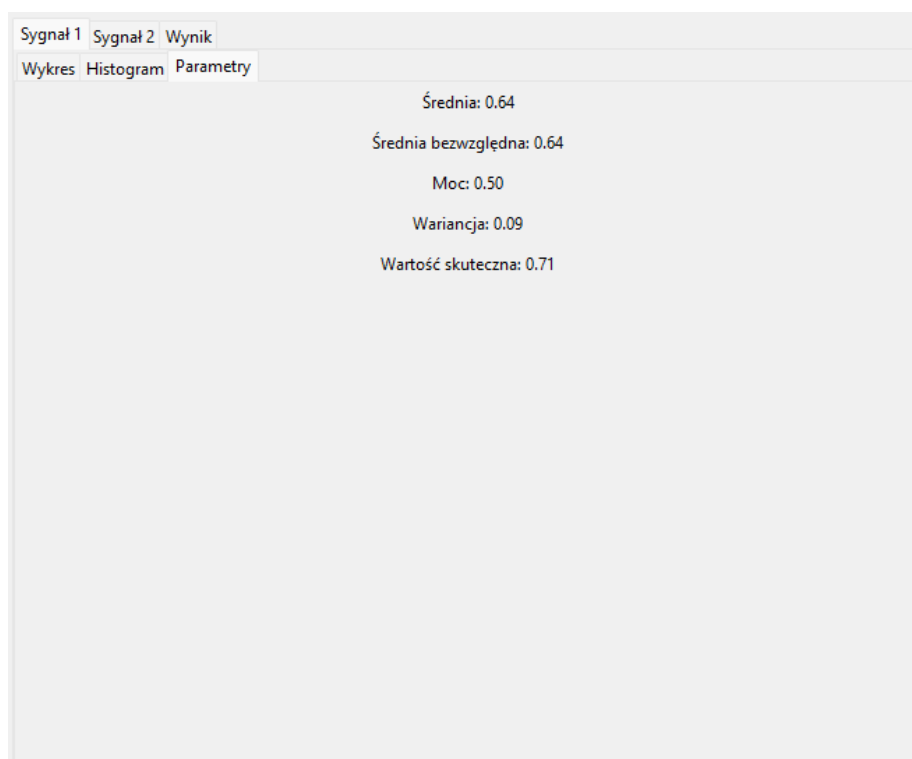
Panel wyników składa się z trzech kart: Sygnał 1, Sygnał 2 oraz Wynik. W pierwszych dwóch kartach można edytować wykresy, natomiast w trzeciej karcie pojawia się wynik operacji na sygnałach. Każda karta zawiera 3 sekcje: Wykres, Histogram oraz Parametry. W sekcji Wykres zostaje wyświetlony wygenerowany wykres, w sekcji Histogram zostaje wyświetlony wygenerowany histogram, natomiast w sekcji Parametry zostają wyświetlone parametry wykresu.



Rysunek 5: Karta wykresu



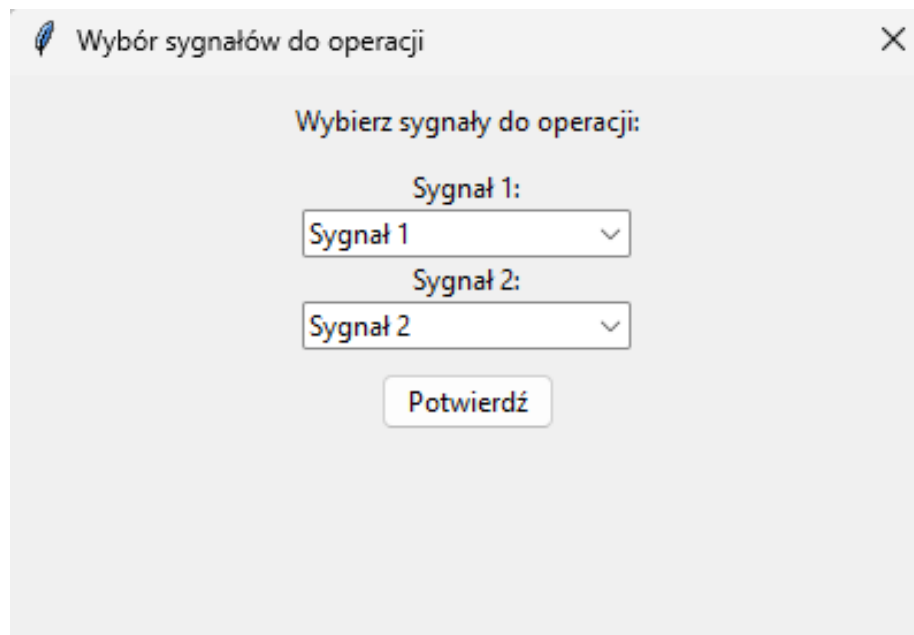
Rysunek 6: Karta histogramu



Rysunek 7: Karta wyliczonych parametrów

2.4 Wybór sygnałów do operacji

Po wybraniu operacji pojawia się dodatkowe okno, w którym można wybrać sygnały jakie mają być użyte do wykonania operacji.



Rysunek 8: Wybór sygnałów do operacji

3 Eksperymenty i wyniki

Opis wykonywanych eksperymentów. Wymagane jest ilustrowanie przeprowadzanych dowiadczeń wykresami oraz tabelami.

3.1 Szum o rozkładzie jednostajnym

Celem eksperymentu było wygenerowanie szumu o rozkładzie jednostajnym o wybranych parametrach, które zostały opisane w sekcji założenia.

Wykresy zostały wygenerowane przez losowe wartości z zakresu

$$< -A_{max}, A_{max} >$$

z jednakowym prawdopodobieństwem

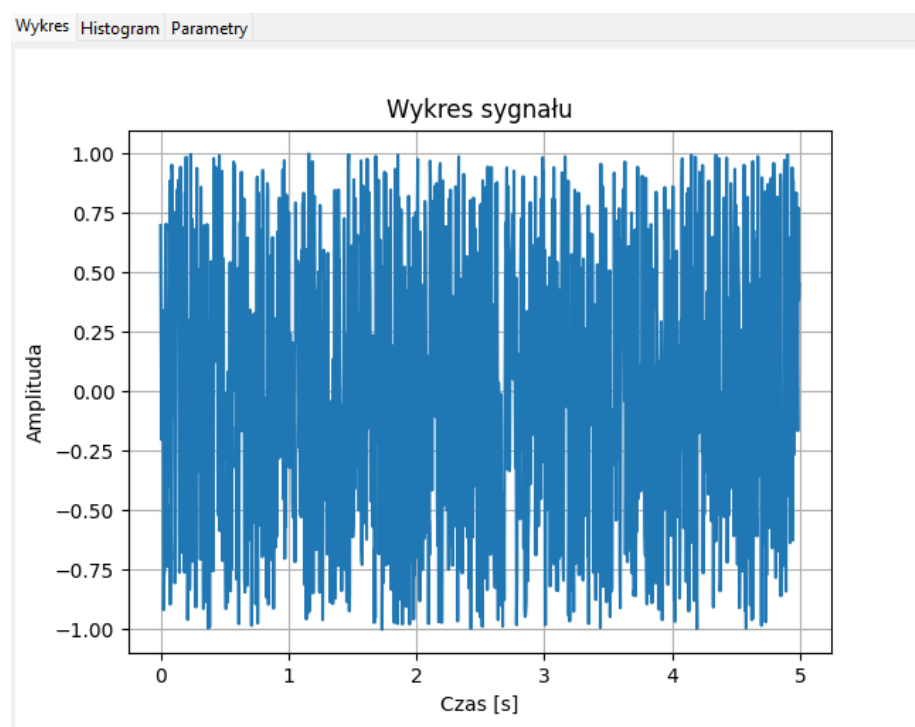
3.1.1 Założenia

Parametry:

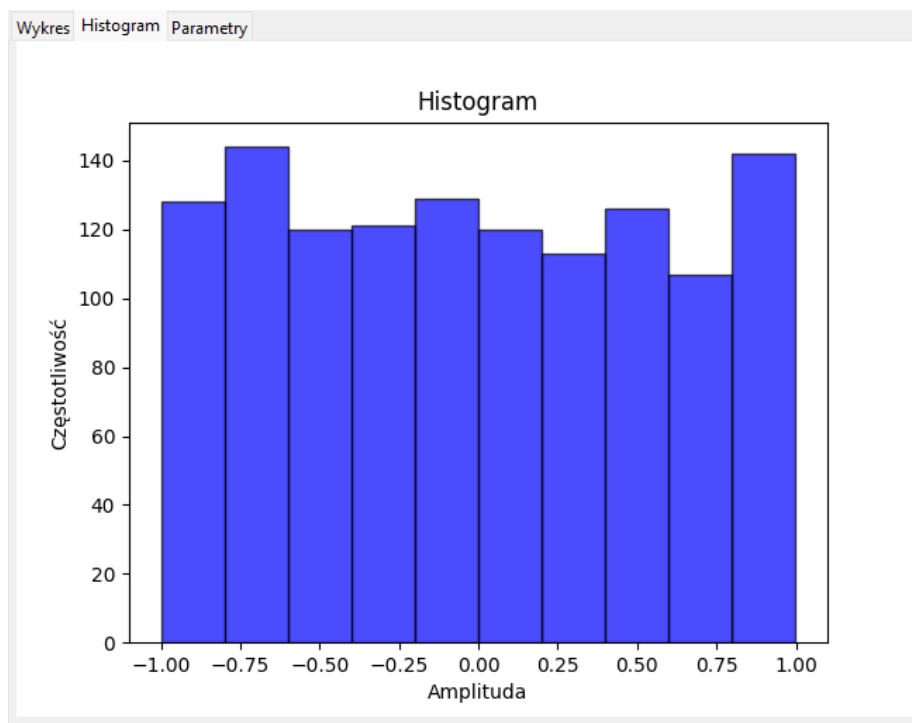
Amplituda	1
Czas początkowy	0s
Czas trwania sygnału	5s
Próbkowanie	250Hz

Tabela 1: Parametry

3.1.2 Rezultat



Rysunek 9: Wykres



Rysunek 10: Histogram

Wyliczone parametry:

Średnia	0.023
Średnia bezwzględna	0.510
Moc średnia	0.324
Wariancja	0.324
Wartość skuteczna	0.585

Tabela 2: Wyliczone parametry

3.2 Szum gaussowski

Celem eksperymentu było wygenerowanie szumu gaussowskiego o wybranych parametrach, które zostały opisane w sekcji założeń. Funkcja opisująca sygnał:

$$\Phi_{\mu,\sigma}(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

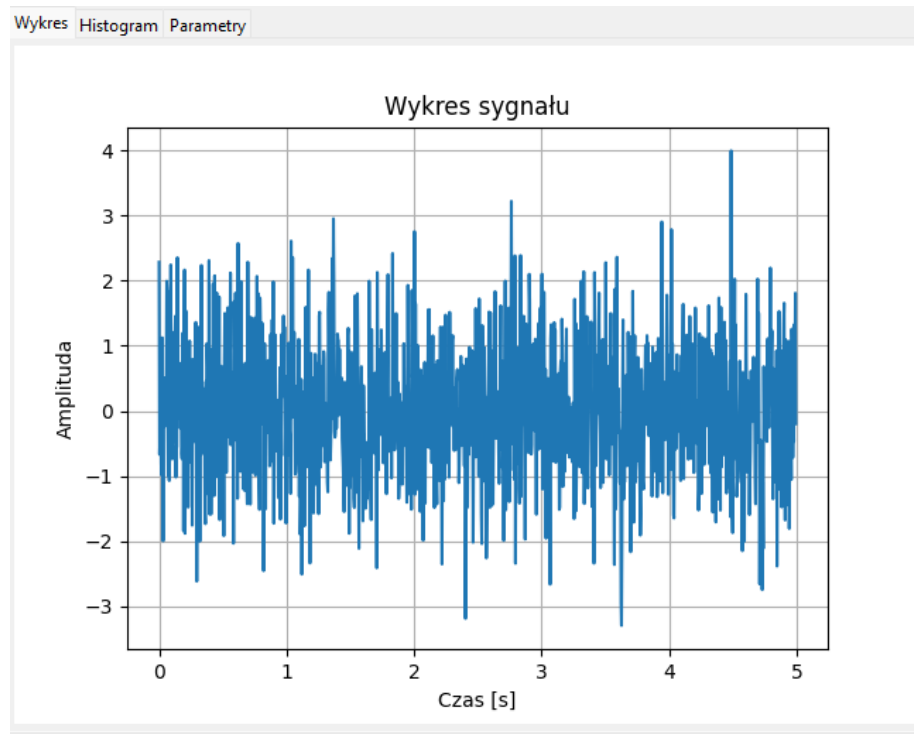
3.2.1 Założenia

Parametry:

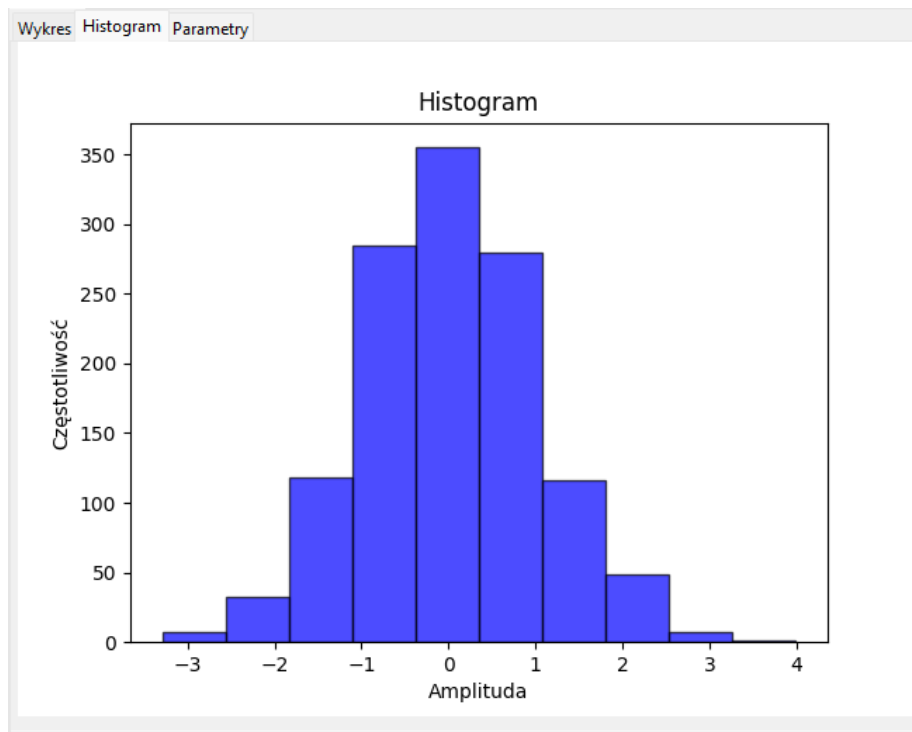
Amplituda	1
Czas początkowy	0s
Czas trwania sygnału	5s
Próbkowanie	250Hz

Tabela 3: Parametry

3.2.2 Rezultat



Rysunek 11: Wykres



Rysunek 12: Histogram

Wyliczone parametry:

Średnia	0.006
Średnia bezwzględna	0.791
Moc średnia	0.992
Wariancja	0.992
Wartość skuteczna	0.996

Tabela 4: Wyliczone parametry

3.3 Sygnał sinusoidalny

Celem eksperymentu było wygenerowanie sygnału sinusoidalnego o wybranych parametrach, które zostały opisane w sekcji założenia. Funkcja opisująca sygnał:

$$x(t) = A \sin\left(\frac{2\pi}{T}(t - t_1)\right)$$

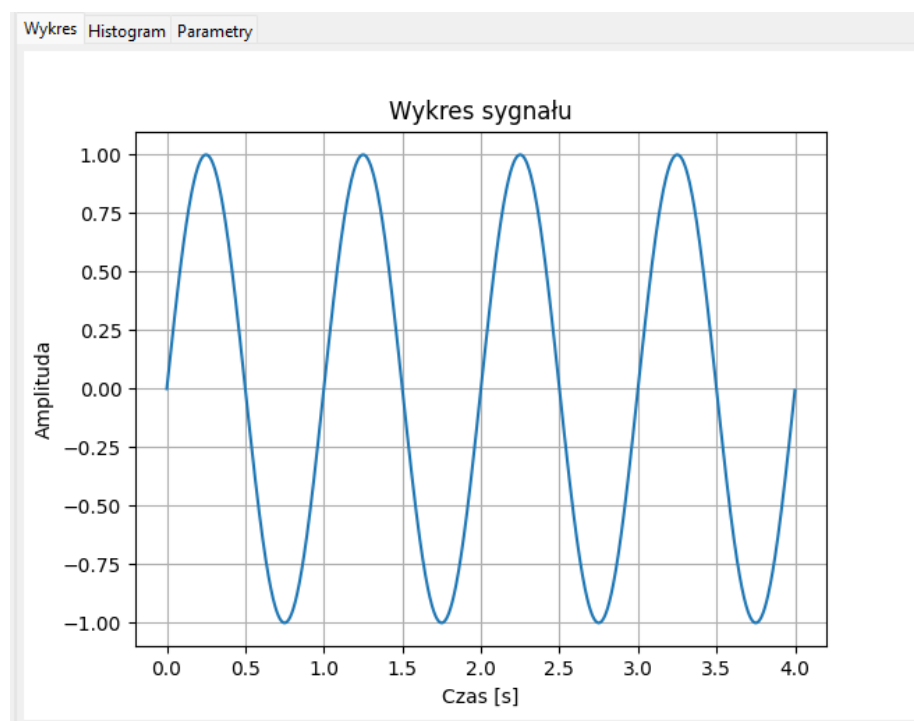
3.3.1 Założenia

Parametry:

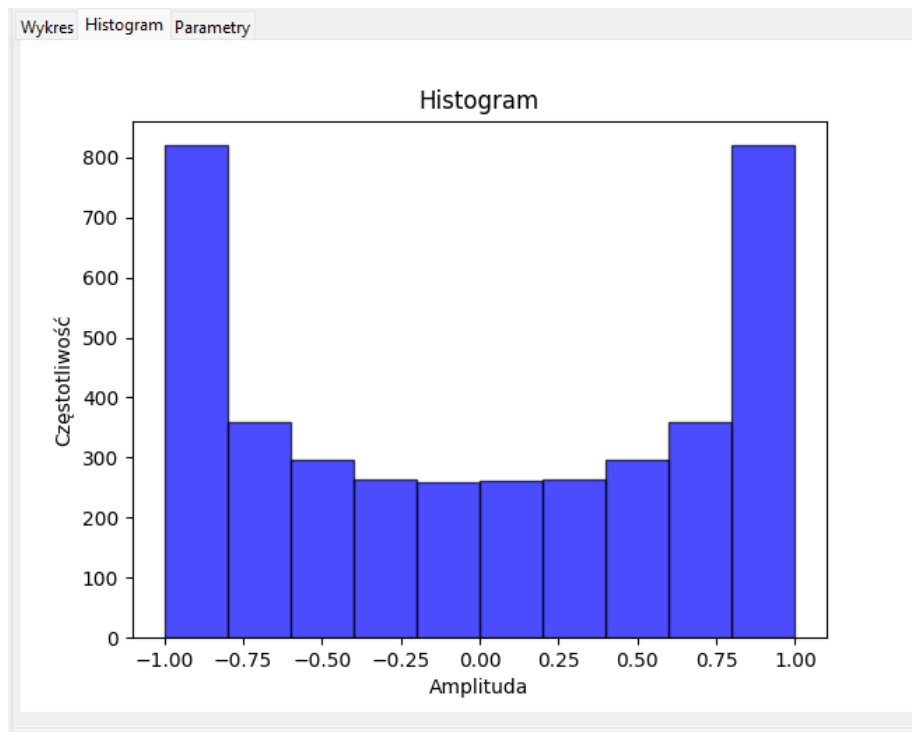
Amplituda	1
Czas początkowy	0s
Czas trwania sygnału	4s
Próbkowanie	1000Hz
Okres	1s

Tabela 5: Parametry

3.3.2 Rezultat



Rysunek 13: Wykres



Rysunek 14: Histogram

Wyliczone parametry:

Średnia	0.000
Średnia bezwzględna	0.637
Moc średnia	0.500
Wariancja	0.500
Wartość skuteczna	0.707

Tabela 6: Wyliczone parametry

3.4 Sygnał sinusoidalny wyprostowany jednopółkowo

Celem eksperymentu było wygenerowanie sygnału sinusoidalnego wyprostowanego jednopółkowo o wybranych parametrach, które zostały opisane w sekcji założeń. Funkcja opisująca sygnał:

$$x(t) = \frac{1}{2} A \left[\sin\left[\frac{2\pi}{T}(t-t_1)\right] + \left| \sin\left[\frac{2\pi}{T}(t-t_1)\right] \right| \right]$$

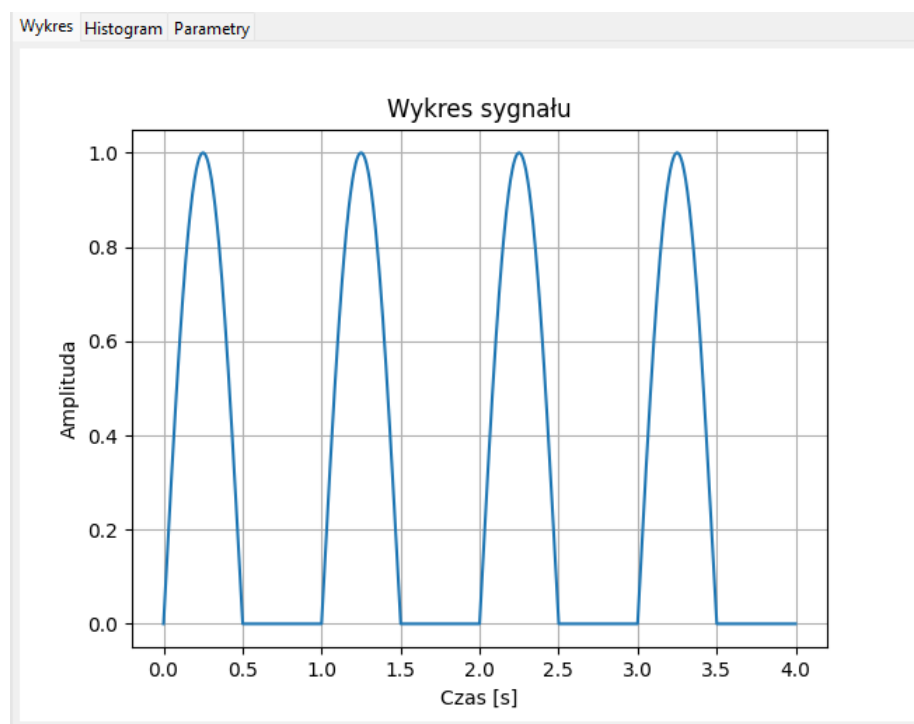
3.4.1 Założenia

Parametry:

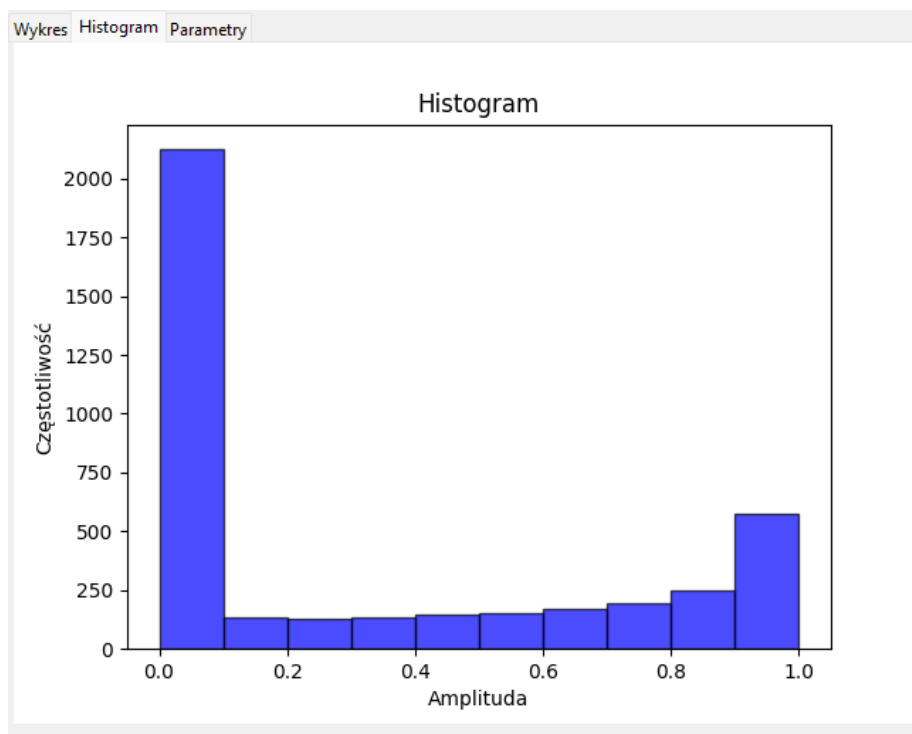
Amplituda	1
Czas początkowy	0s
Czas trwania sygnału	4s
Próbkowanie	1000Hz
Okres	1s

Tabela 7: Parametry

3.4.2 Rezultat



Rysunek 15: Wykres



Rysunek 16: Histogram

Wyliczone parametry:

Średnia	0.318
Średnia bezwzględna	0.318
Moc średnia	0.250
Wariancja	0.149
Wartość skuteczna	0.500

Tabela 8: Wyliczone parametry

3.5 Sygnał sinusoidalny wyprostowany dwupołówkowo

Celem eksperymentu było wygenerowanie sygnału sinusoidalnego wyprostowanego dwupołówkowo o wybranych parametrach, które zostały opisane w sekcji założeń. Funkcja opisująca sygnał:

$$x(t) = A \left| \sin\left(\frac{2\pi}{T}(t-t_1)\right) \right|$$

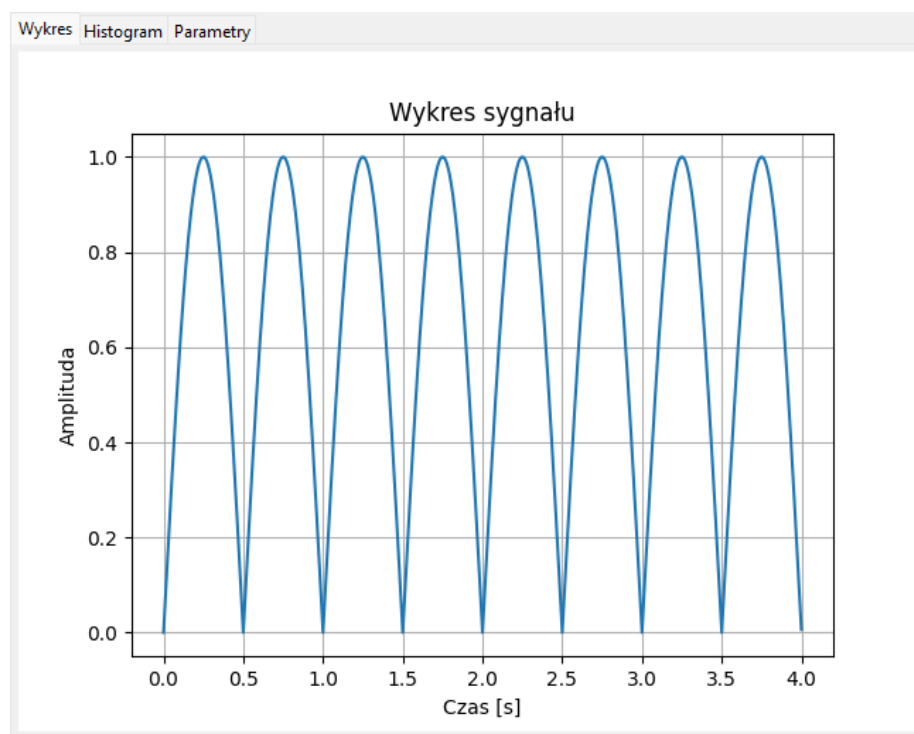
3.5.1 Założenia

Parametry:

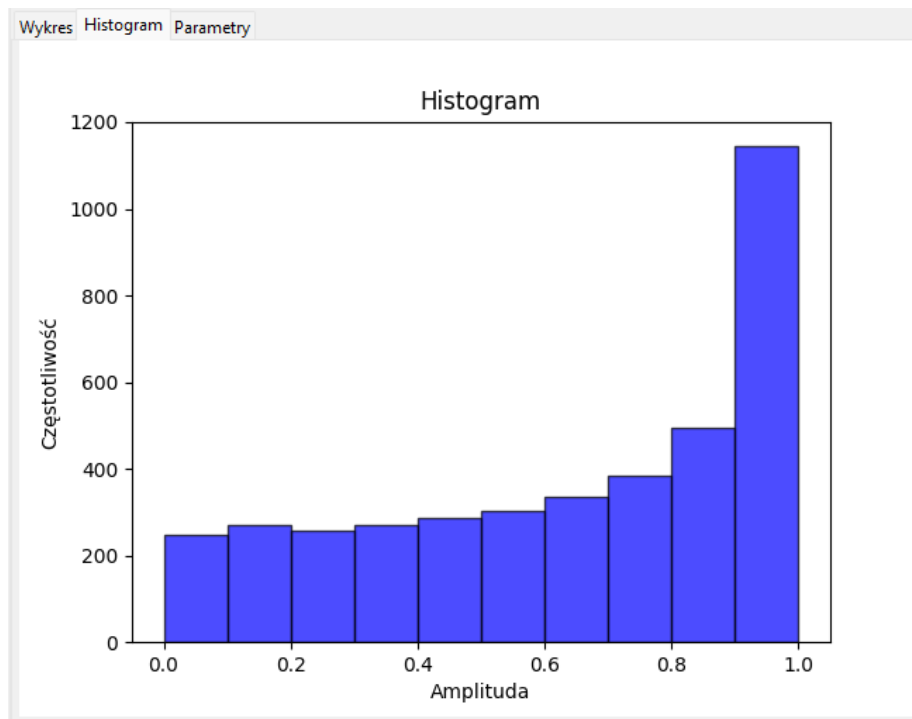
Amplituda	1
Czas początkowy	0s
Czas trwania sygnału	4s
Próbkowanie	1000Hz
Okres	1s

Tabela 9: Parametry

3.5.2 Rezultat



Rysunek 17: Wykres



Rysunek 18: Histogram

Wyliczone parametry:

Średnia	0.637
Średnia bezwzględna	0.637
Moc średnia	0.500
Wariancja	0.095
Wartość skuteczna	0.707

Tabela 10: Wyliczone parametry

3.6 Sygnał prostokątny

Celem eksperymentu było wygenerowanie sygnału prostokątnego o wybranych parametrach, które zostały opisane w sekcji założenia. Funkcja opisująca sygnał:

$$x(t) = \begin{cases} A & \text{dla } t \in [kT + t_1, k_w T + kT + t_1) \\ 0 & \text{dla } t \in [k_w T - kT + t_1, T + kT + t_1) \end{cases} \quad \text{dla } k \in C$$

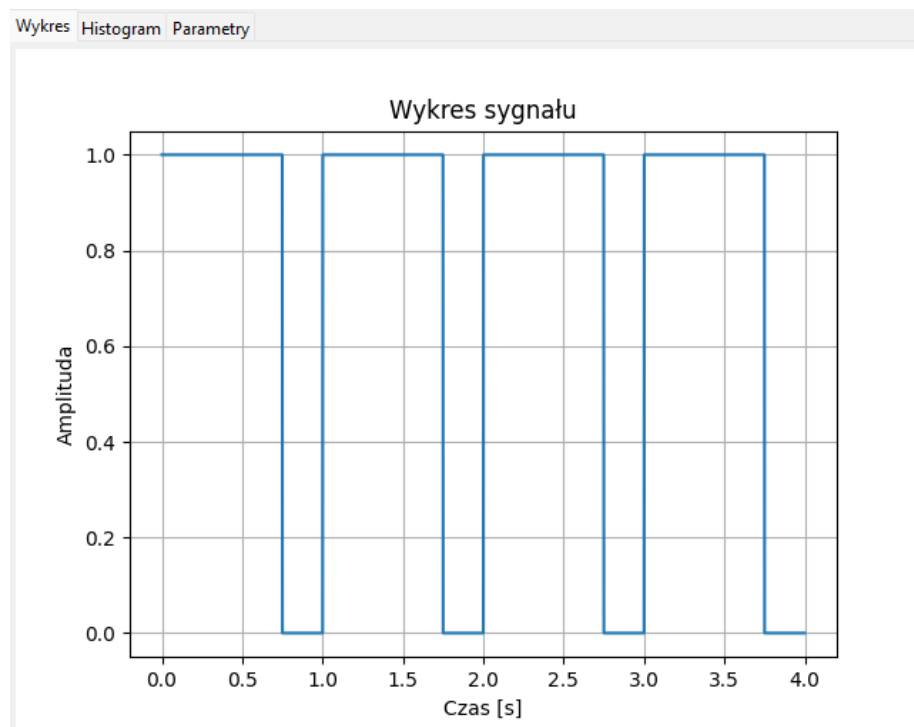
3.6.1 Założenia

Parametry:

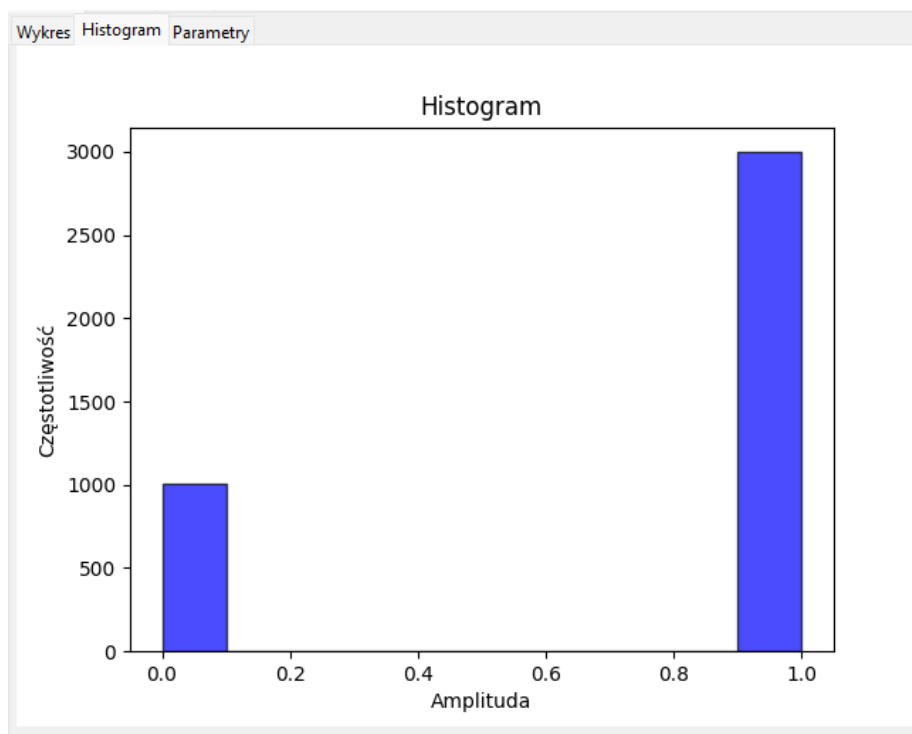
Amplituda	1
Czas początkowy	0s
Czas trwania sygnału	4s
Próbkowanie	1000Hz
Okres	1s
Współczynnik wypełnienia	0.75

Tabela 11: Parametry

3.6.2 Rezultat



Rysunek 19: Wykres



Rysunek 20: Histogram

Wyliczone parametry:

Średnia	0.750
Średnia bezwzględna	0.750
Moc średnia	0.750
Wariancja	0.188
Wartość skuteczna	0.866

Tabela 12: Wyliczone parametry

3.7 Sygnał prostokątny symetryczny

Celem eksperymentu było wygenerowanie sygnału prostokątnego symetrycznego o wybranych parametrach, które zostały opisane w sekcji założenia. Funkcja opisująca sygnał:

$$x(t) = \begin{cases} A & \text{dla } t \in [kT + t_1, k_w T + kT + t_1) \\ -A & \text{dla } t \in [k_w T + t_1 + kT, T + kT + t_1) \end{cases} \quad \text{dla } k \in \mathbb{Z}$$

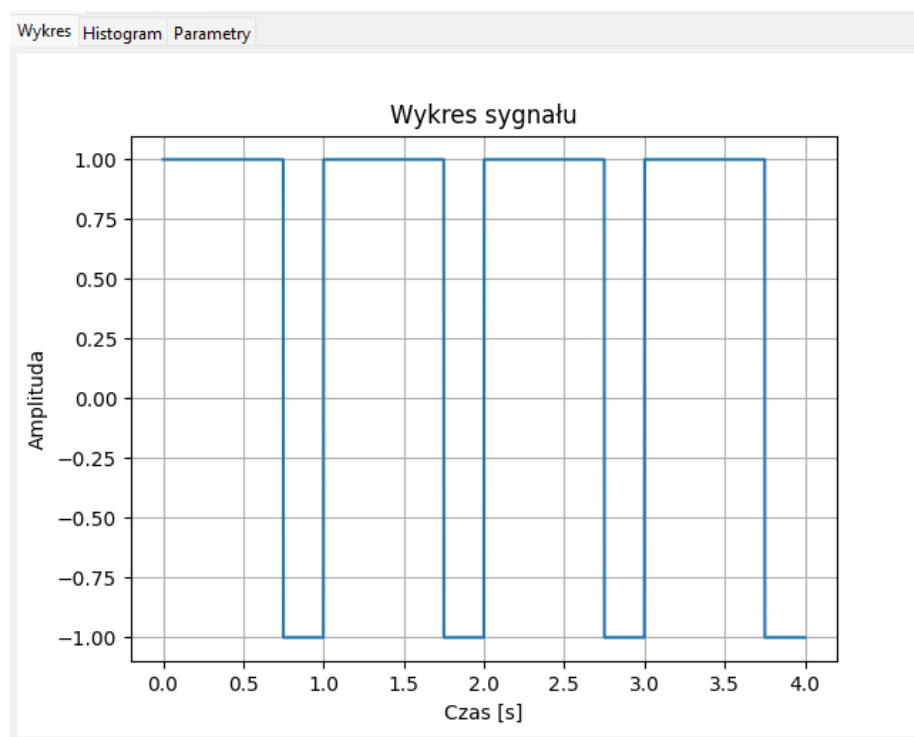
3.7.1 Założenia

Parametry:

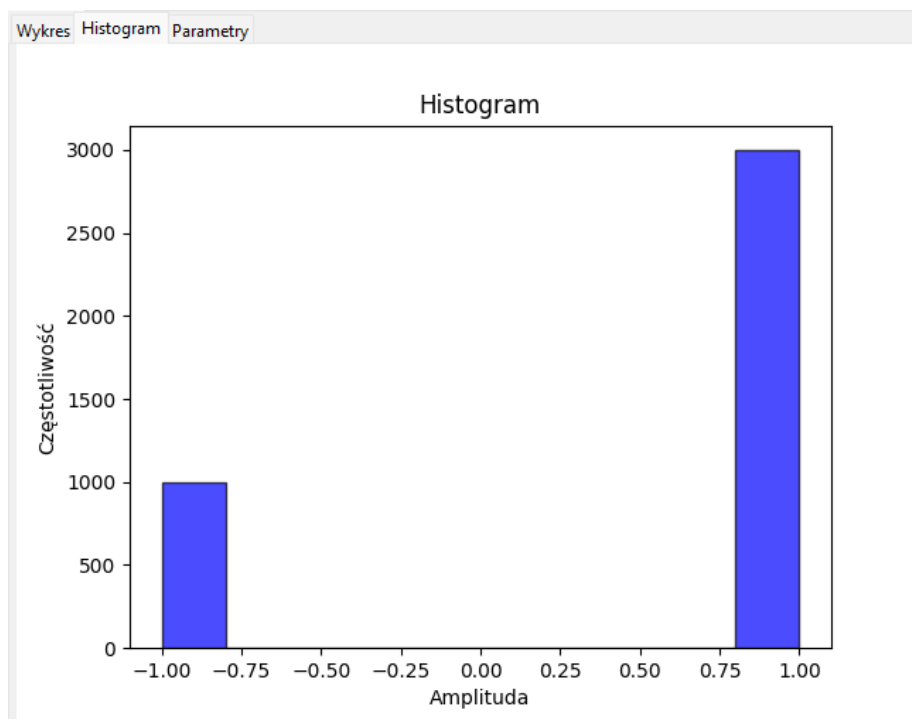
Amplituda	1
Czas początkowy	0s
Czas trwania sygnału	4s
Próbkowanie	1000Hz
Okres	1s
Współczynnik wypełnienia	0.75

Tabela 13: Parametry

3.7.2 Rezultat



Rysunek 21: Wykres



Rysunek 22: Histogram

Wyliczone parametry:

Średnia	0.500
Średnia bezwzględna	0.999
Moc średnia	0.999
Wariancja	0.750
Wartość skuteczna	1.000

Tabela 14: Wyliczone parametry

3.8 Sygnał trójkątny

Celem eksperymentu było wygenerowanie sygnału trójkątnego o wybranych parametrach, które zostały opisane w sekcji założenia. Funkcja opisująca sygnał:

$$x(t) = \begin{cases} \frac{A}{k_w T} (t - kT - t_1) & \text{dla } t \in [kT + t_1, k_w T + kT + t_1) \\ \frac{-A}{T(1-k_w)} (t - kT - t_1) + \frac{A}{1-k_w} & \text{dla } t \in [k_w T + t_1 + kT, T + kT + t_1) \end{cases} \quad \text{dla } k \in \mathbb{Z}$$

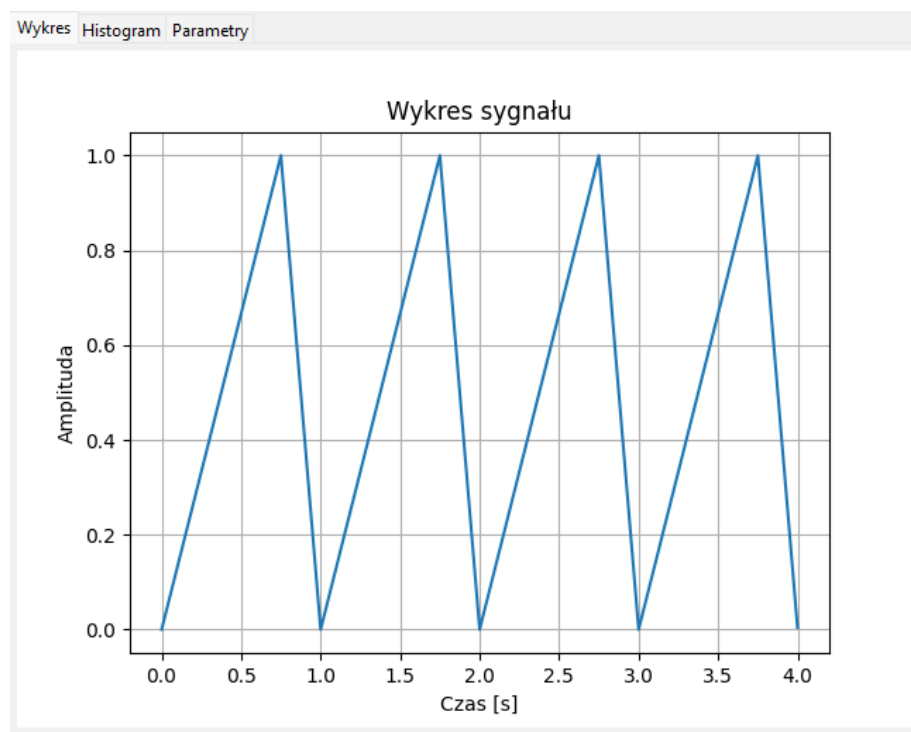
3.8.1 Założenia

Parametry:

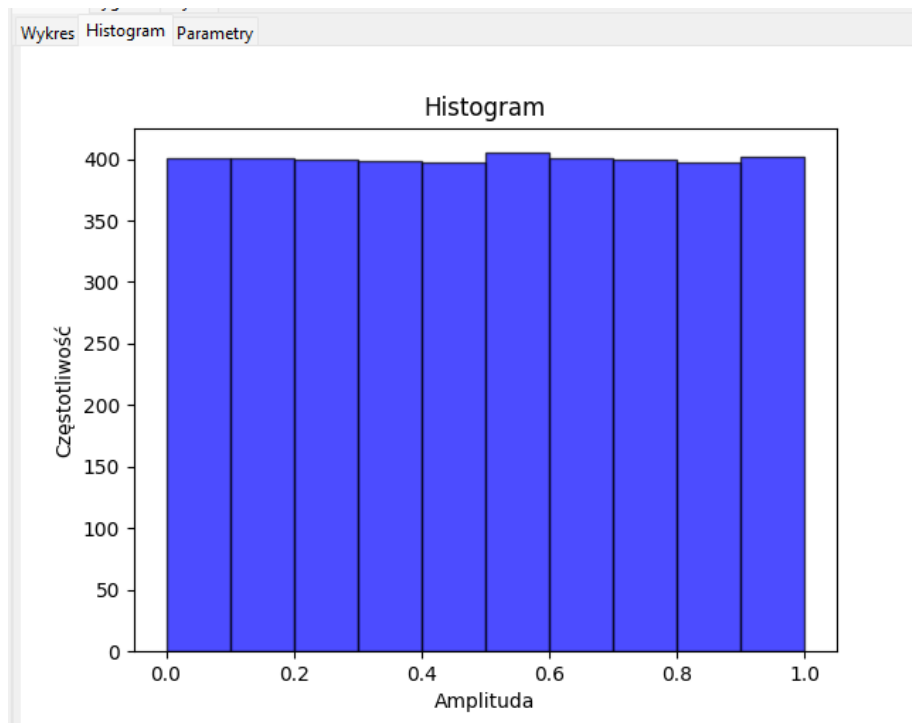
Amplituda	1
Czas początkowy	0s
Czas trwania sygnału	4s
Próbkowanie	1000Hz
Okres	1s
Współczynnik wypełnienia	0.75

Tabela 15: Parametry

3.8.2 Rezultat



Rysunek 23: Wykres



Rysunek 24: Histogram

Wyliczone parametry:

Średnia	0.500
Średnia bezwzględna	0.500
Moc średnia	0.333
Wariancja	0.083
Wartość skuteczna	0.577

Tabela 16: Wyliczone parametry

3.9 Skok jednostkowy

Celem eksperymentu było wygenerowanie skoku jednostkowego o wybranych parametrach, które zostały opisane w sekcji założenia. Funkcja opisująca sygnał:

$$x(t) = \begin{cases} A & \text{dla } t > t_s \\ \frac{1}{2}A & \text{dla } t = t_s \\ 0 & \text{dla } t < t_s \end{cases}$$

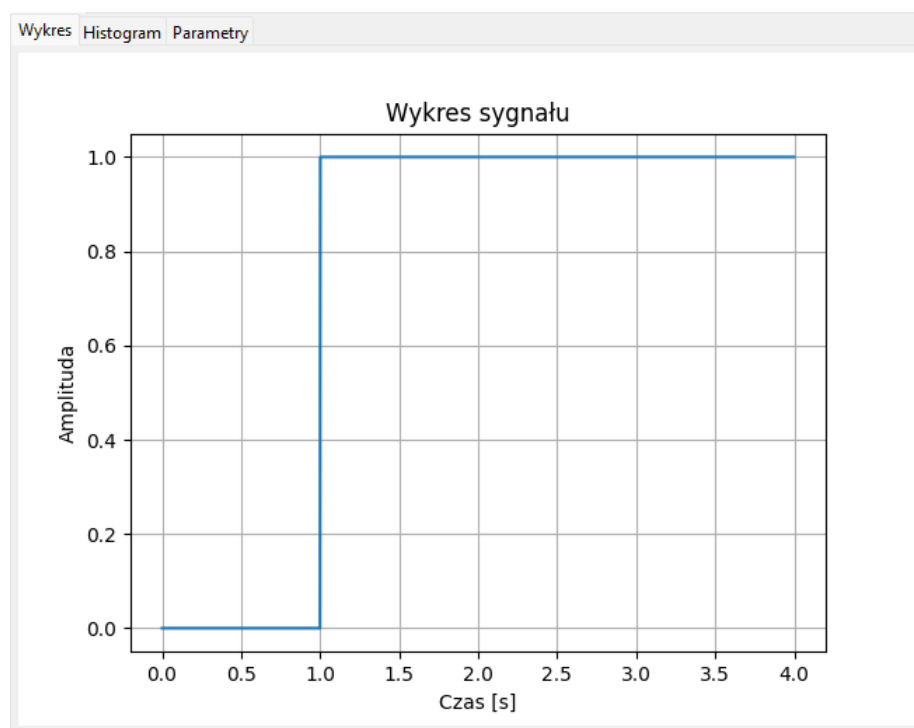
3.9.1 Założenia

Parametry:

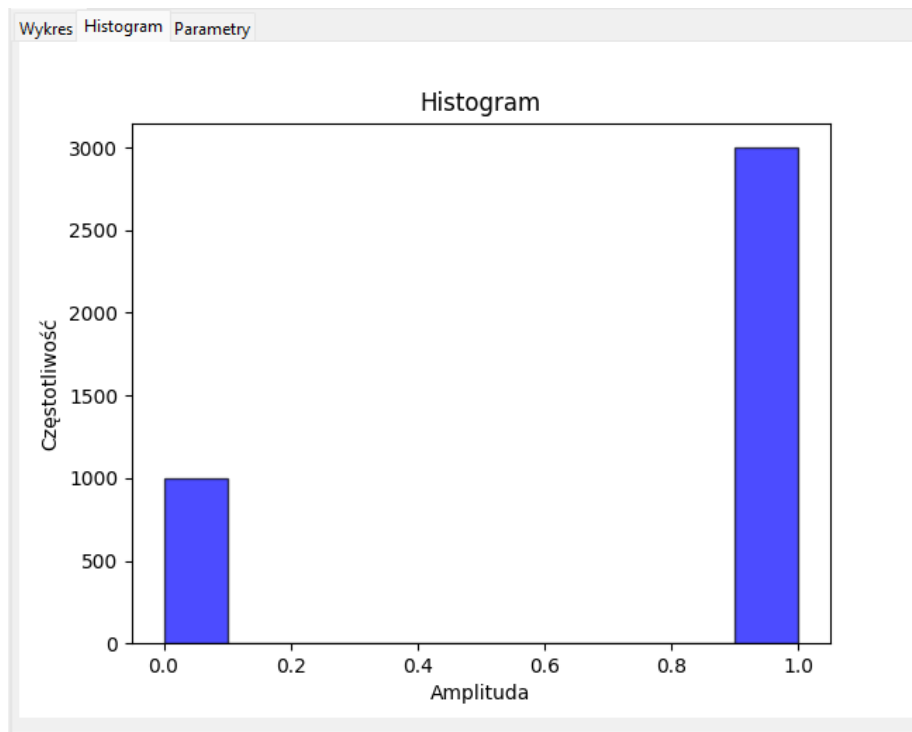
Amplituda	1
Czas początkowy	0s
Czas trwania sygnału	4s
Próbkowanie	1000Hz
Czsa skoku	1s

Tabela 17: Parametry

3.9.2 Rezultat



Rysunek 25: Wykres



Rysunek 26: Histogram

Wyliczone parametry:

Średnia	0.750
Średnia bezwzględna	0.750
Moc średnia	0.750
Wariancja	0.187
Wartość skuteczna	0.866

Tabela 18: Wyliczone parametry

3.10 Impuls jednostkowy

Celem eksperymentu było wygenerowanie impulsu jednostkowego o wybranych parametrach, które zostały opisane w sekcji założenia. Funkcja opisująca sygnał:

$$x(n) = \delta(n) = \begin{cases} 1 & \text{dla } n=0 \\ 0 & \text{dla } n \neq 0 \end{cases}$$

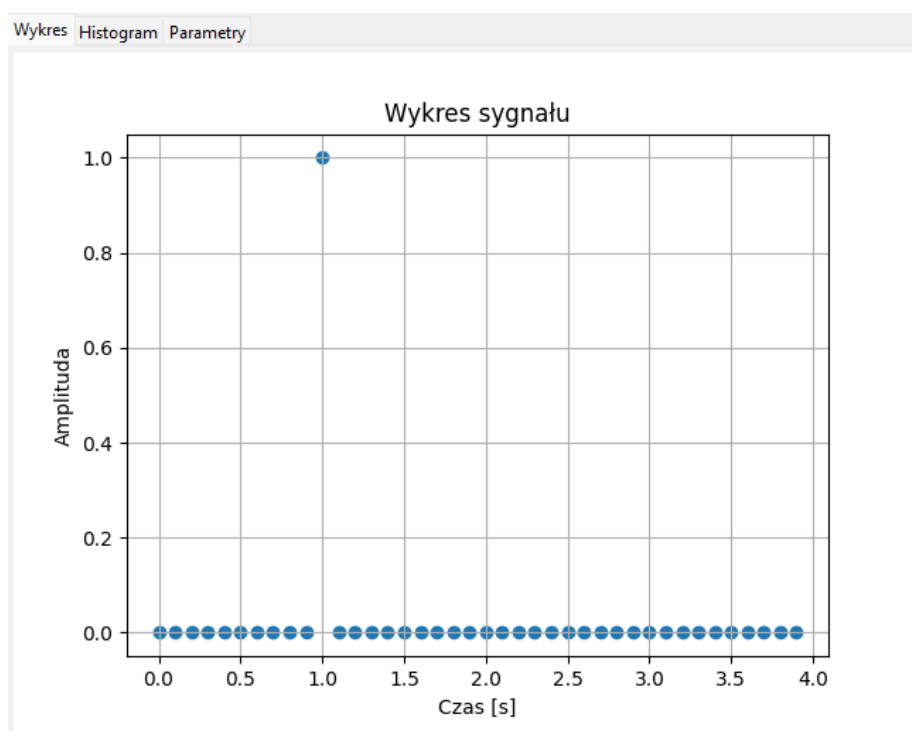
3.10.1 Założenia

Parametry:

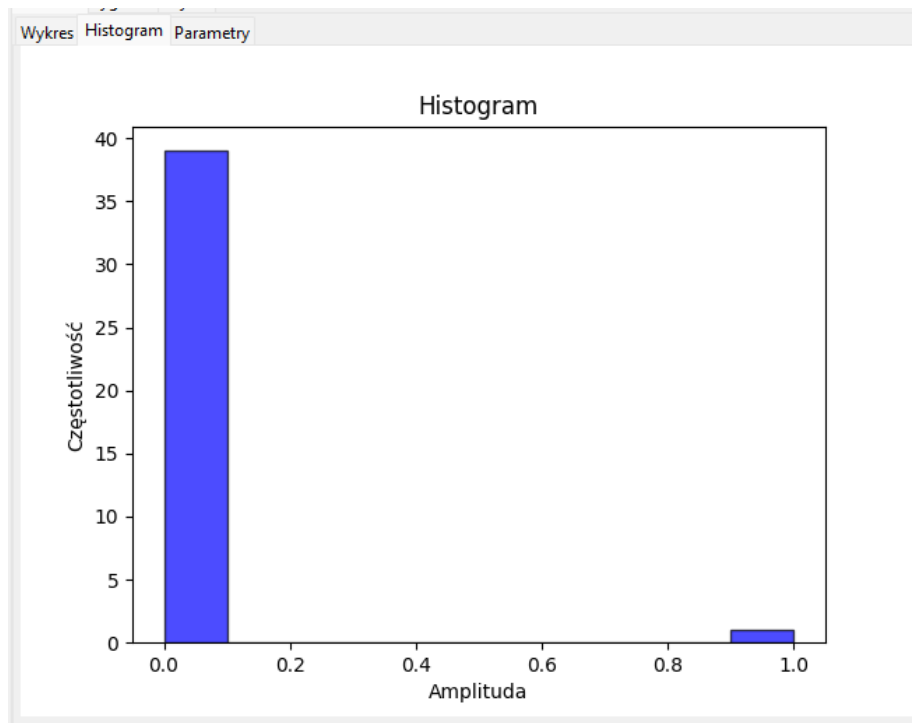
Amplituda	1
Czas początkowy	0s
Czas trwania sygnału	4s
Próbkowanie	10Hz
Czas skoku	1s

Tabela 19: Parametry

3.10.2 Rezultat



Rysunek 27: Wykres



Rysunek 28: Histogram

Wyliczone parametry:

Średnia	0.025
Średnia bezwzględna	0.025
Moc średnia	0.025
Wariancja	0.024
Wartość skuteczna	0.158

Tabela 20: Wyliczone parametry

3.11 Szum impulsowy

Celem eksperymentu było wygenerowanie szumu impulsowego o wybranych parametrach, które zostały opisane w sekcji założenia.

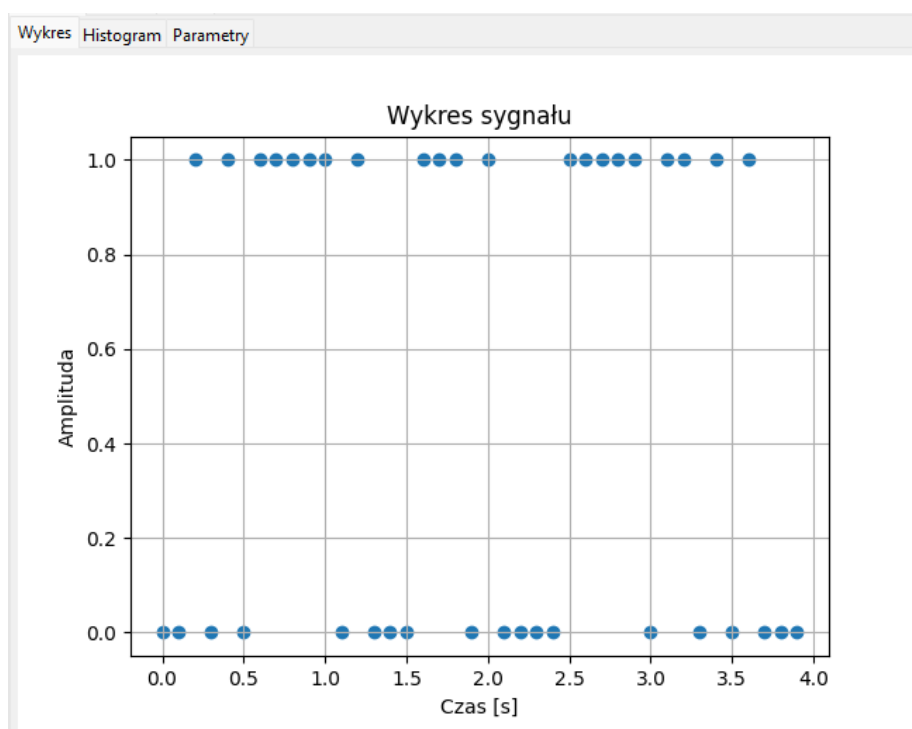
3.11.1 Założenia

Parametry:

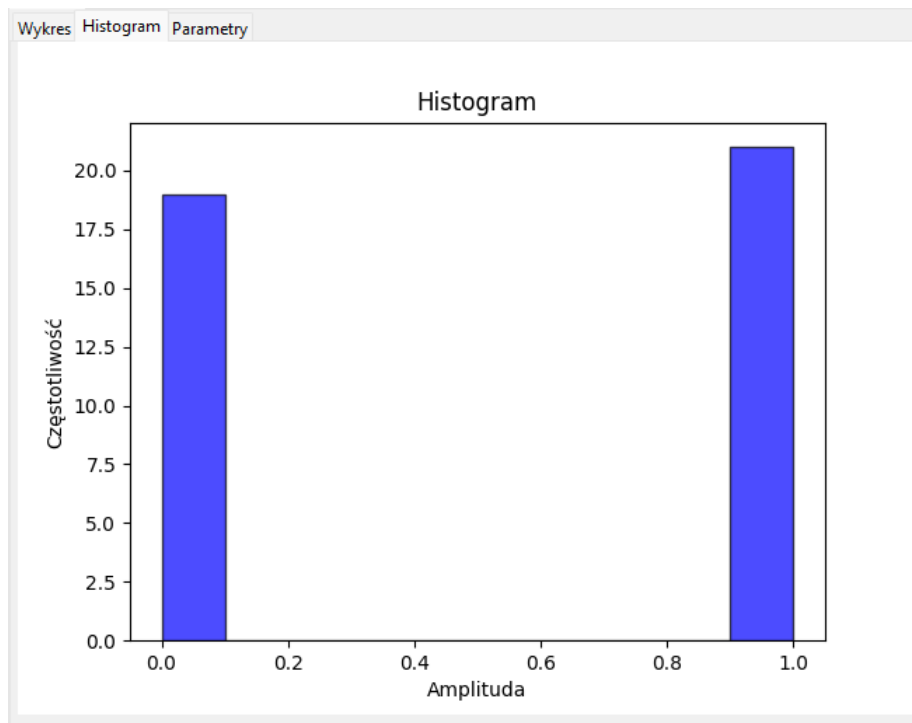
Amplituda	1
Czas początkowy	0s
Czas trwania sygnału	4s
Próbkowanie	10Hz
Prawdopodobieństwo	0.5

Tabela 21: Parametry

3.11.2 Rezultat



Rysunek 29: Wykres



Rysunek 30: Histogram

Wyliczone parametry:

Średnia	0.525
Średnia bezwzględna	0.525
Moc średnia	0.525
Wariancja	0.249
Wartość skuteczna	0.725

Tabela 22: Wyliczone parametry

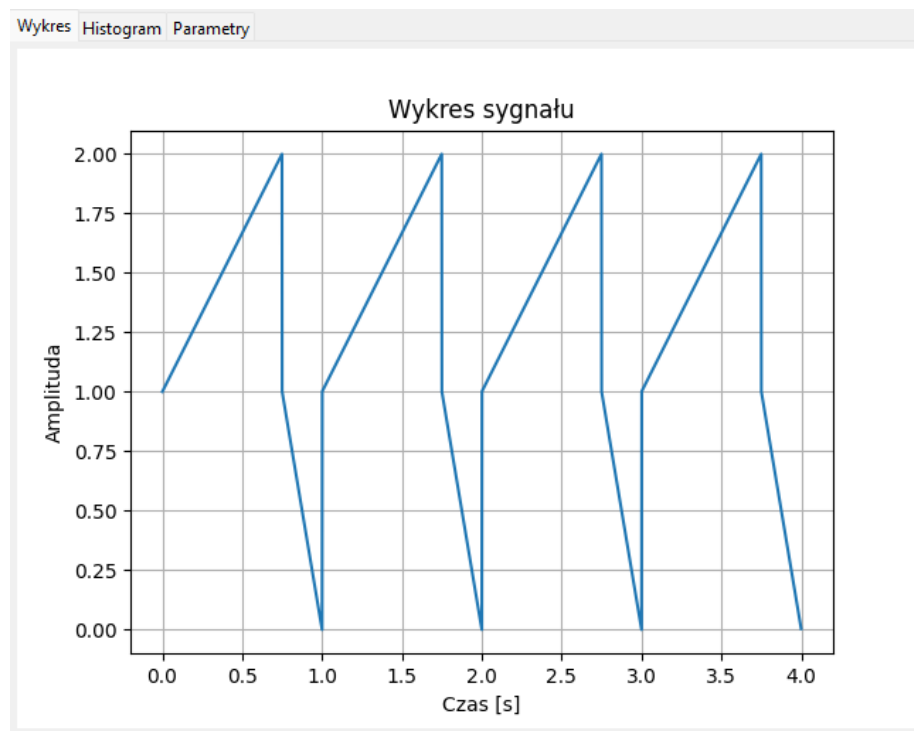
3.12 Dodawanie sygnałów

Celem eksperymentu było dodanie sygnałów, które zostały opisane w sekcji założenia

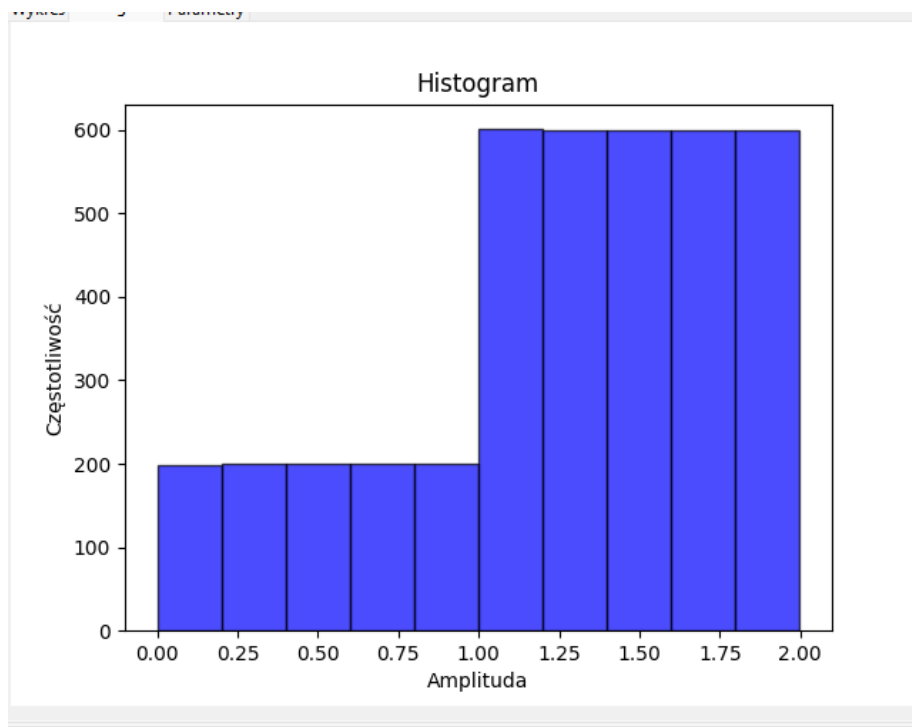
3.12.1 Założenia

Parametry wykresów zostały określone w eksperymencie [3.6] oraz [3.8]

3.12.2 Rezultat



Rysunek 31: Wykres



Rysunek 32: Histogram

Wyliczone parametry:

Średnia	1.250
Średnia bezwzględna	1.250
Moc średnia	1.833
Wariancja	0.271
Wartość skuteczna	1.354

Tabela 23: Wyliczone parametry

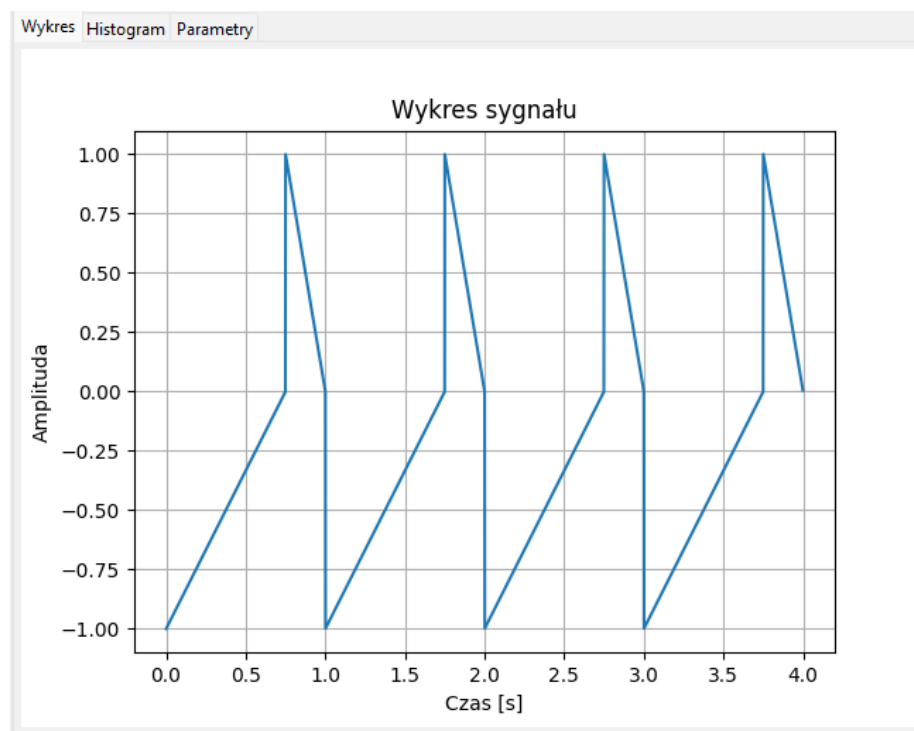
3.13 Odejmowanie sygnałów

Celem eksperymentu było odejmowanie sygnałów, które zostały opisane w sekcji założenia

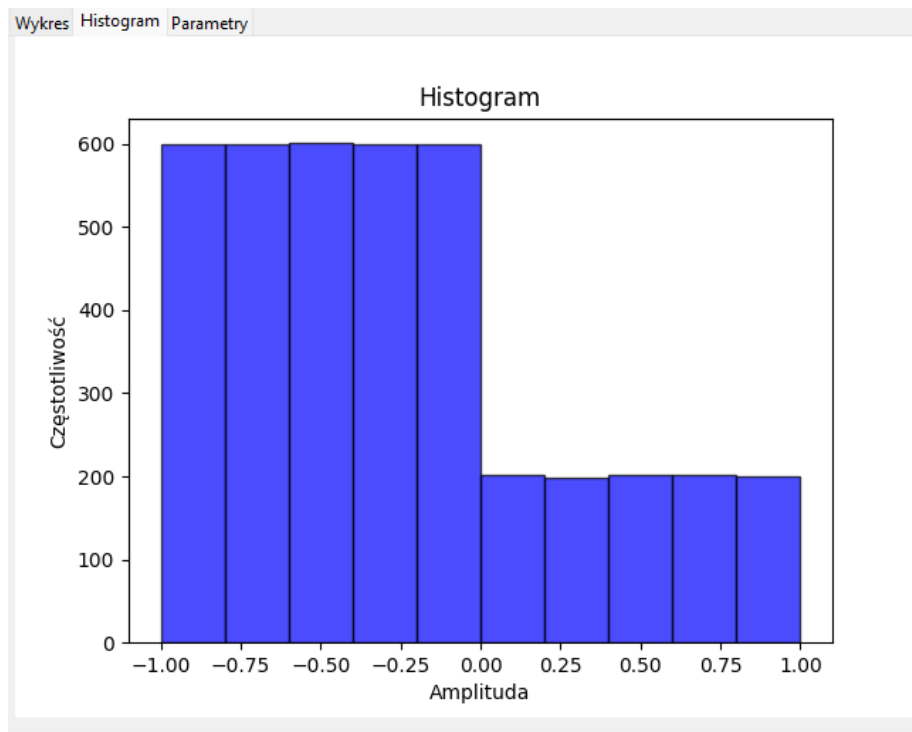
3.13.1 Założenia

Parametry wykresów zostały określone w eksperymencie [3.6] oraz [3.8]

3.13.2 Rezultat



Rysunek 33: Wykres



Rysunek 34: Histogram

Wyliczone parametry:

Średnia	-0.249
Średnia bezwzględna	0.500
Moc średnia	0.334
Wariancja	0.271
Wartość skuteczna	0.577

Tabela 24: Wyliczone parametry

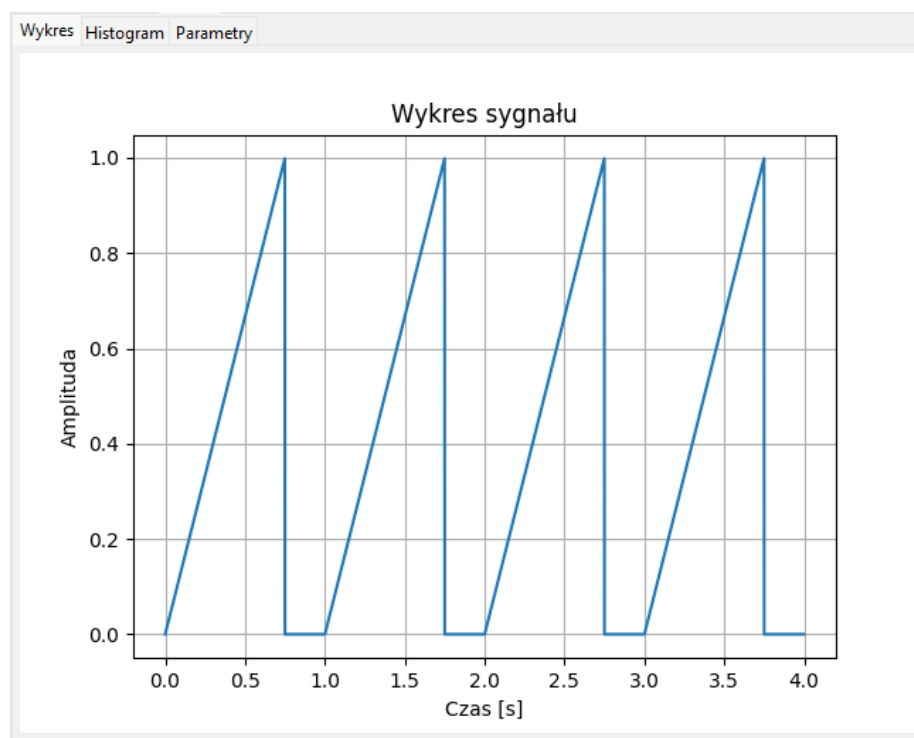
3.14 Mnożenie sygnałów

Celem eksperymentu było mnożenie sygnałów, które zostały opisane w sekcji założenia

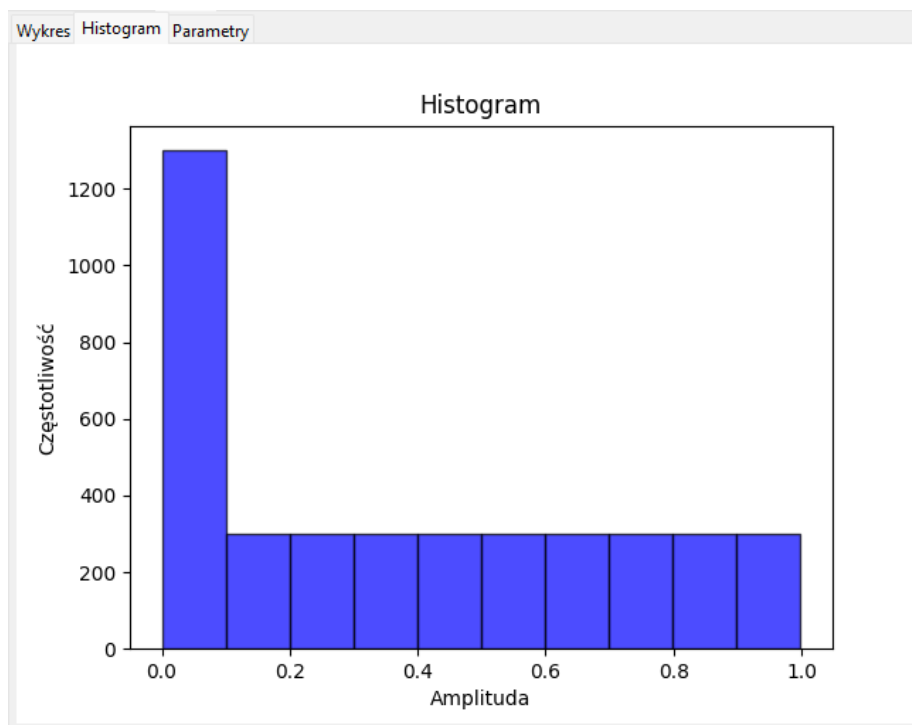
3.14.1 Założenia

Parametry wykresów zostały określone w eksperymencie [3.6] oraz [3.8]

3.14.2 Rezultat



Rysunek 35: Wykres



Rysunek 36: Histogram

Wyliczone parametry:

Średnia	0.375
Średnia bezwzględna	0.375
Moc średnia	0.250
Wariancja	0.109
Wartość skuteczna	0.500

Tabela 25: Wyliczone parametry

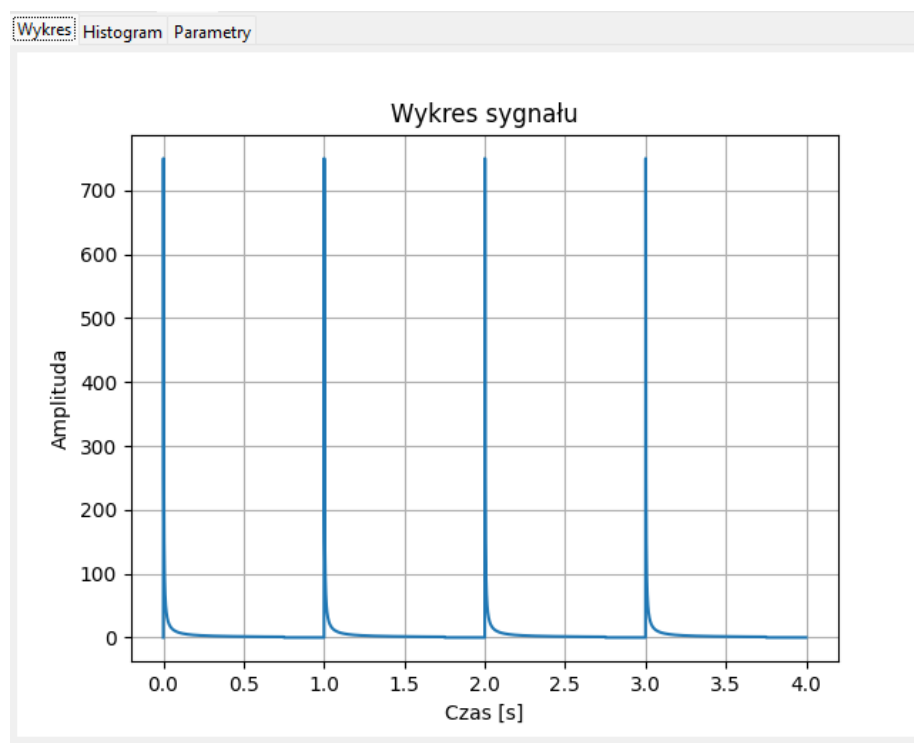
3.15 Dzielenie sygnałów

Celem eksperymentu było dzielenie sygnałów, które zostały opisane w sekcji założenia

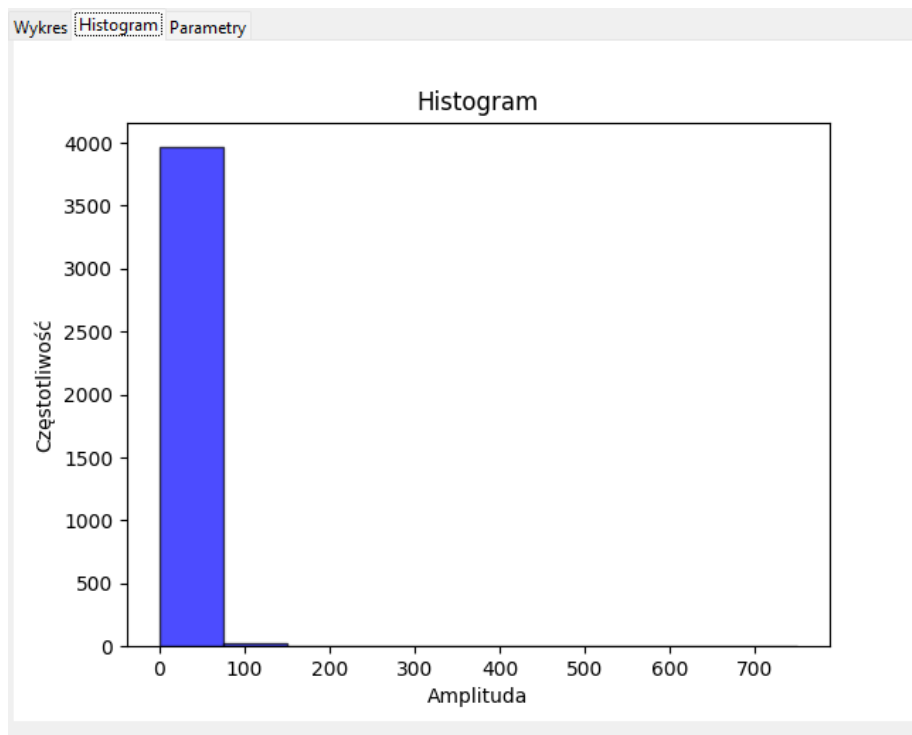
3.15.1 Założenia

Parametry wykresów zostały określone w eksperymencie [3.6] oraz [3.8]

3.15.2 Rezultat



Rysunek 37: Wykres



Rysunek 38: Histogram

Wyliczone parametry:

Średnia	5.572
Średnia bezwzględna	5.572
Moc średnia	1079.007
Wariancja	1047.987
Wartość skuteczna	32.848

Tabela 26: Wyliczone parametry

4 Wnioski

Program został zaprojektowany i zaimplementowany zgodnie ze specyfikacją określoną w instrukcji, co gwarantuje jego zgodność z założeniami projektowymi. Opracowane rozwiązanie umożliwia poprawne generowanie sygnałów, wykonywanie operacji matematycznych oraz zapis i odczyt wygenerowanych wykresów.

W procesie projektowania oraz implementacji szczególną uwagę poświęcono zapewnieniu elastyczności i rozszerzalności kodu, co umożliwia jego łatwą adaptację do przyszłych rozszerzeń oraz dodanie nowych funkcjonalności w kolejnych etapach realizacji projektu.

Literatura

- [1] Politechnika Łódzka, *Instrukcja do zadania 1*, Dostęp online: <https://ftims.edu.p.lodz.pl/mod/url/view.php?id=6495>, [dostęp: 24 marca 2025].
- [2] Python Software Foundation, *Python Documentation*, Dostęp online: <https://docs.python.org/3/>, [dostęp: 24 marca 2025].
- [3] Python Software Foundation, *Tkinter Documentation*, Dostęp online: <https://docs.python.org/3/library/tkinter.html>, [dostęp: 24 marca 2025].