

Wydział Informatyki Politechniki Białostockiej Przetwarzanie Sygnałów i Obrazów – Pracownia specjalistyczna

Ćwiczenie 5. Systemy liniowe oraz Ćwiczenie 6. Filtry cyfrowe

Imię i nazwisko studenta: Sylwia Mścińska.

Grupa: PS 5

Data realizacji ćwiczenia 23.01.2021r.

Zadanie 6.1

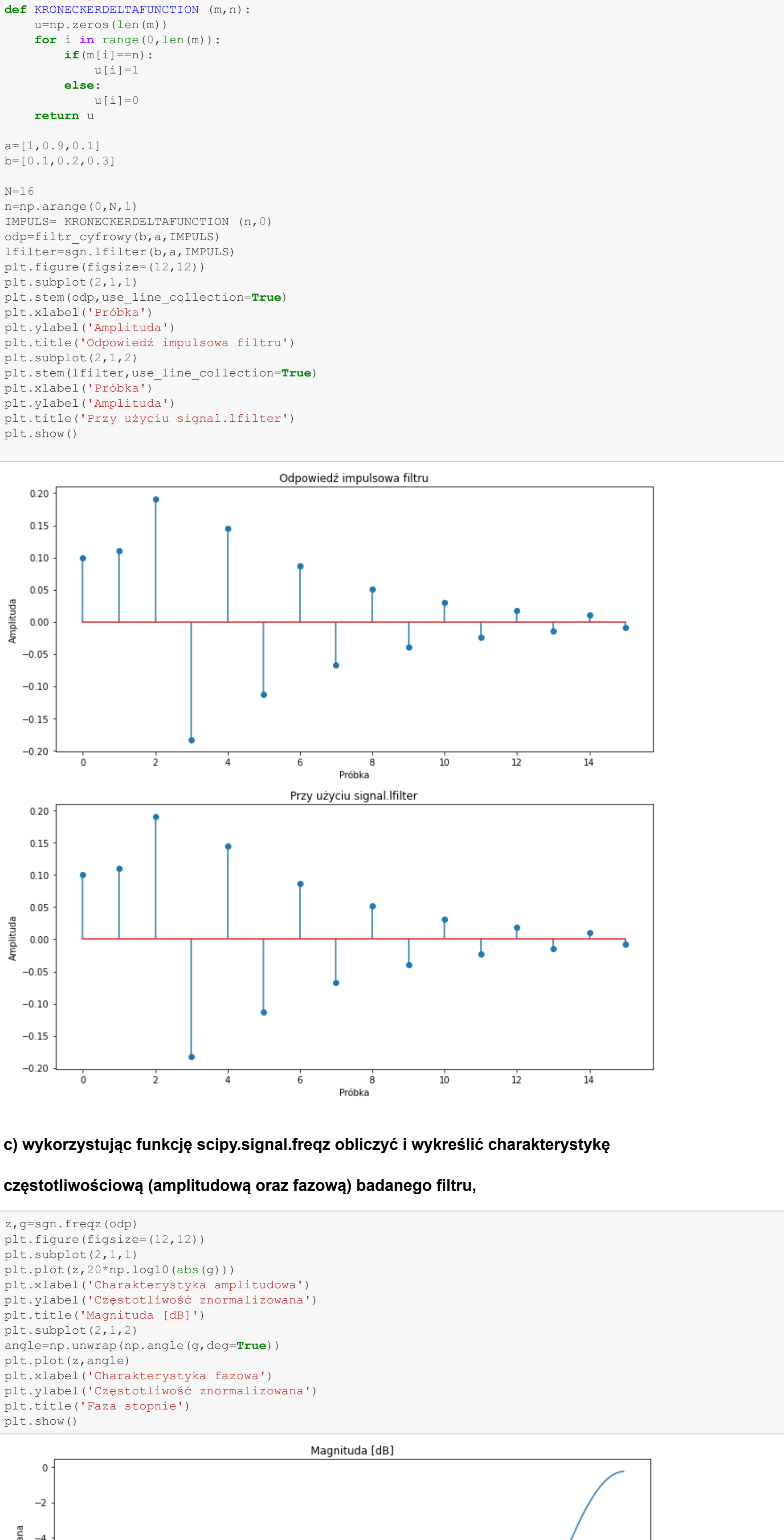
Napisać funkcję realizującą filtr cyfrowy opisany następującym równaniem

różnicowym: $y[n] = b_0x[n] + b_1x[n-1] + b_2x[n-2] - a_1y[n-1] - a_2y[n-2]$, dla parametrów a , b

podanych przez prowadzącego. Następnie:

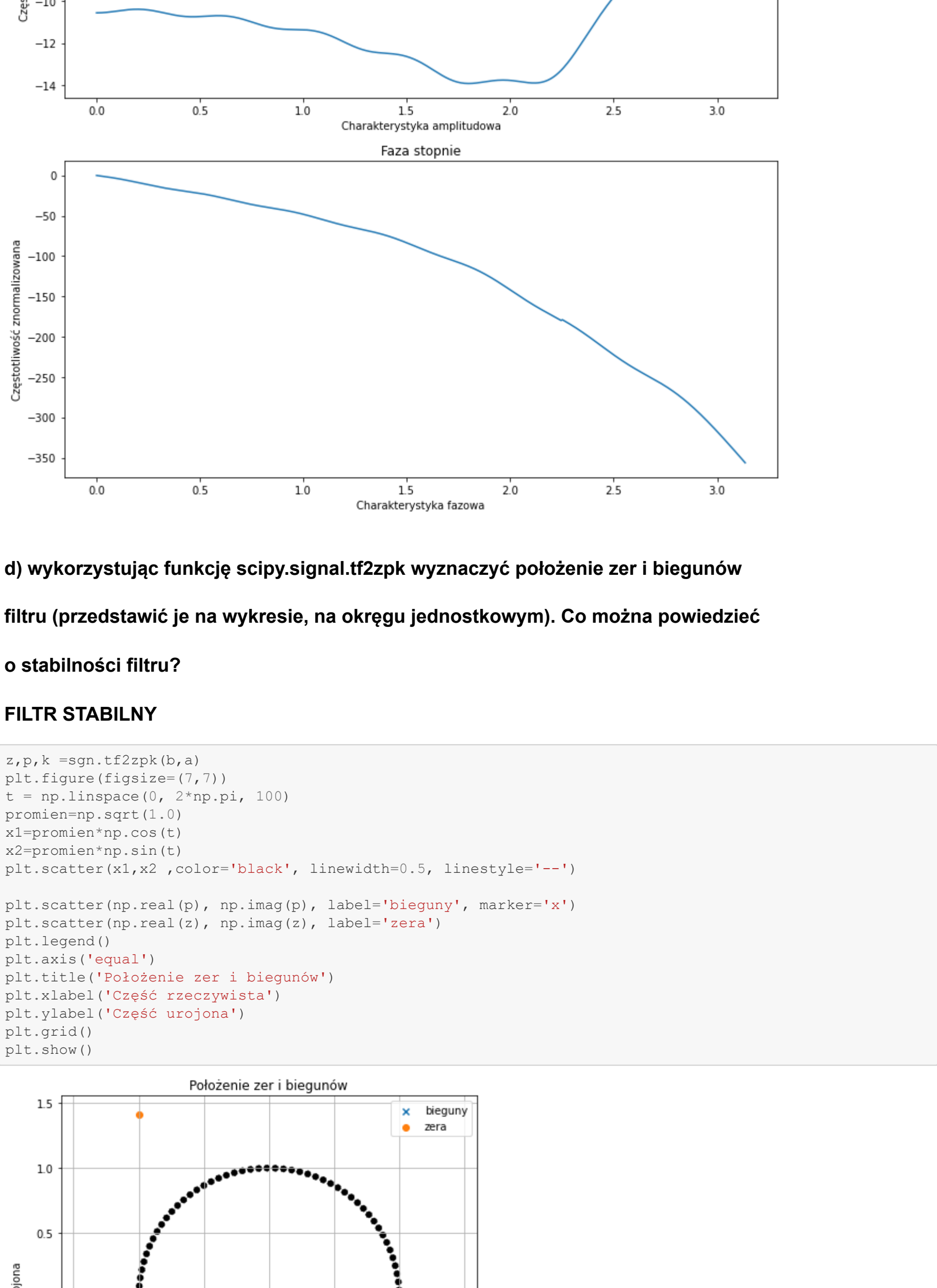
a) wygenerować odpowiedź impulsową filtru

b) zweryfikować poprawność implementacji, porównując odpowiedź z podpunktu a) z odpowiedzią policzoną przy użyciu funkcji `scipy.signal.filter`



c) wykorzystując funkcję `scipy.signal.freqz` obliczyć i wykreślić charakterystykę

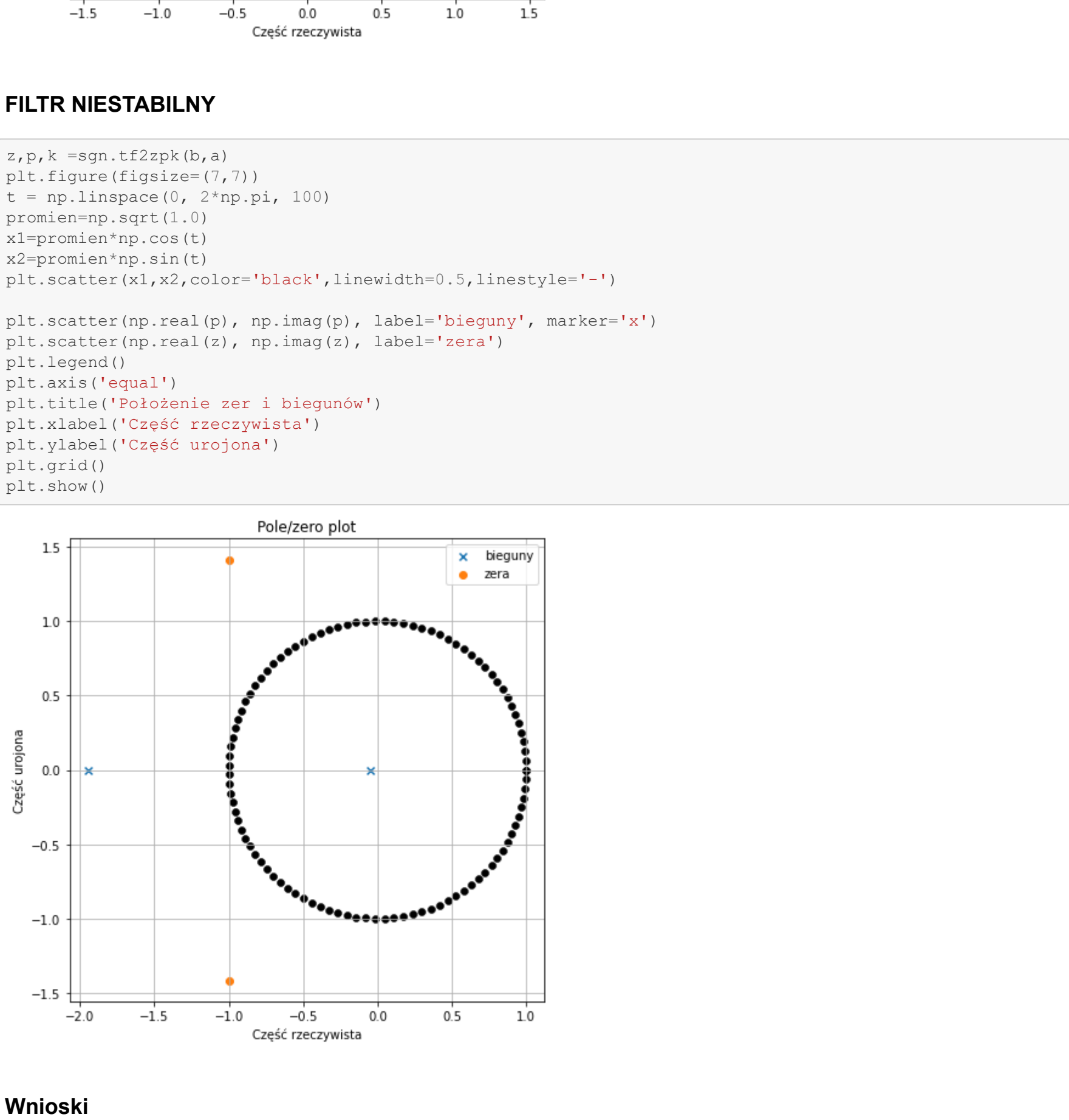
częstotliwościową (amplitudową oraz fazową) badanego filtru,



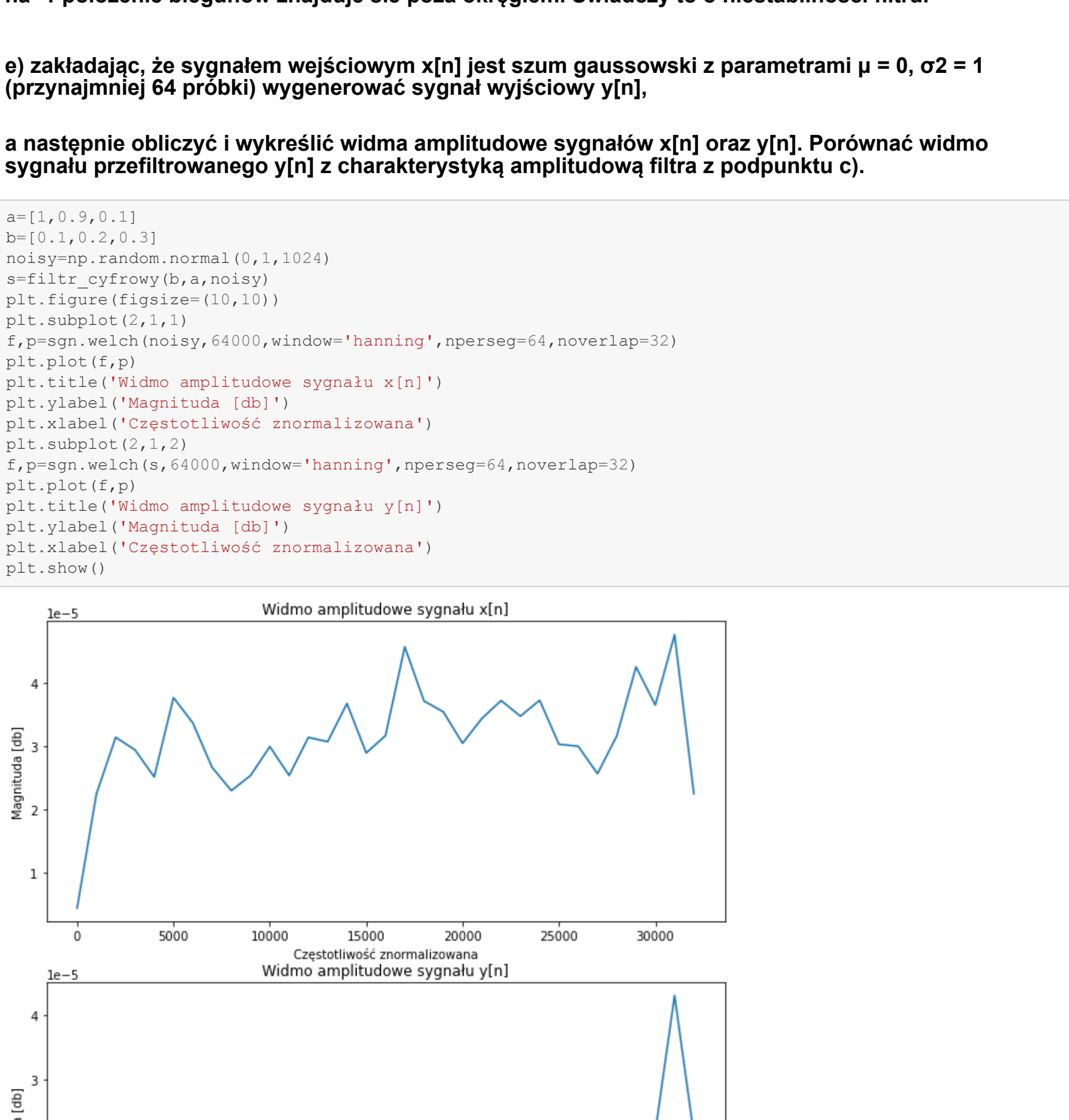
d) wykorzystując funkcję `scipy.signal.tfzpk` wyznaczyć położenie zer i biegunów

filtru (przedstawić je na wykresie, na okręgu jednostkowym). Co można powiedzieć o stabilności filtru?

FILTR STABILNY



FILTR NIESTABILNY

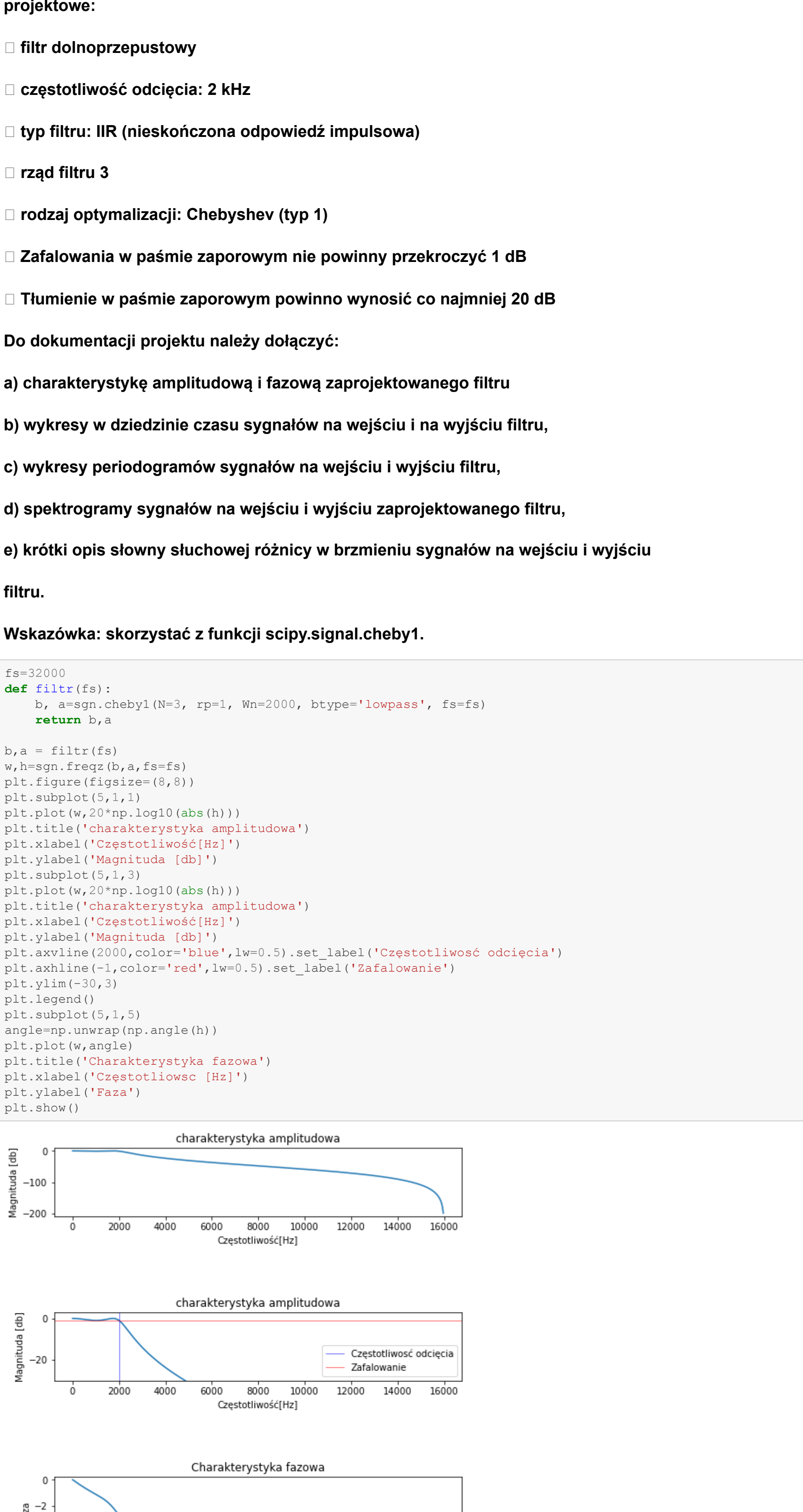


Wnioski

Uwzględniając położenie biegunów można stwierdzić że filtr jest niestabilny , po zmianie wartości A_0 na -1 położenie biegunów znajduje się poza okręgiem. Świadczy to o niestabilności filtru.

e) zakładając, że sygnałem wejściowym $x[n]$ jest szum gaussowski z parametrami $\mu = 0$, $\sigma^2 = 1$ przynajmniej 64 próbką wygenerować sygnał wyjściowy $y[n]$,

a następnie obliczyć i wykreślić widmo amplitudowe sygnałów $x[n]$ oraz $y[n]$. Porównać widmo sygnału przedfiltrowanego $y[n]$ z charakterystyką amplitudową filtra z podpunktu c).



Posumowując widmo amplitudowe po przedfiltrowaniu zbliżone jest do charakterystyki liniowej filtra.

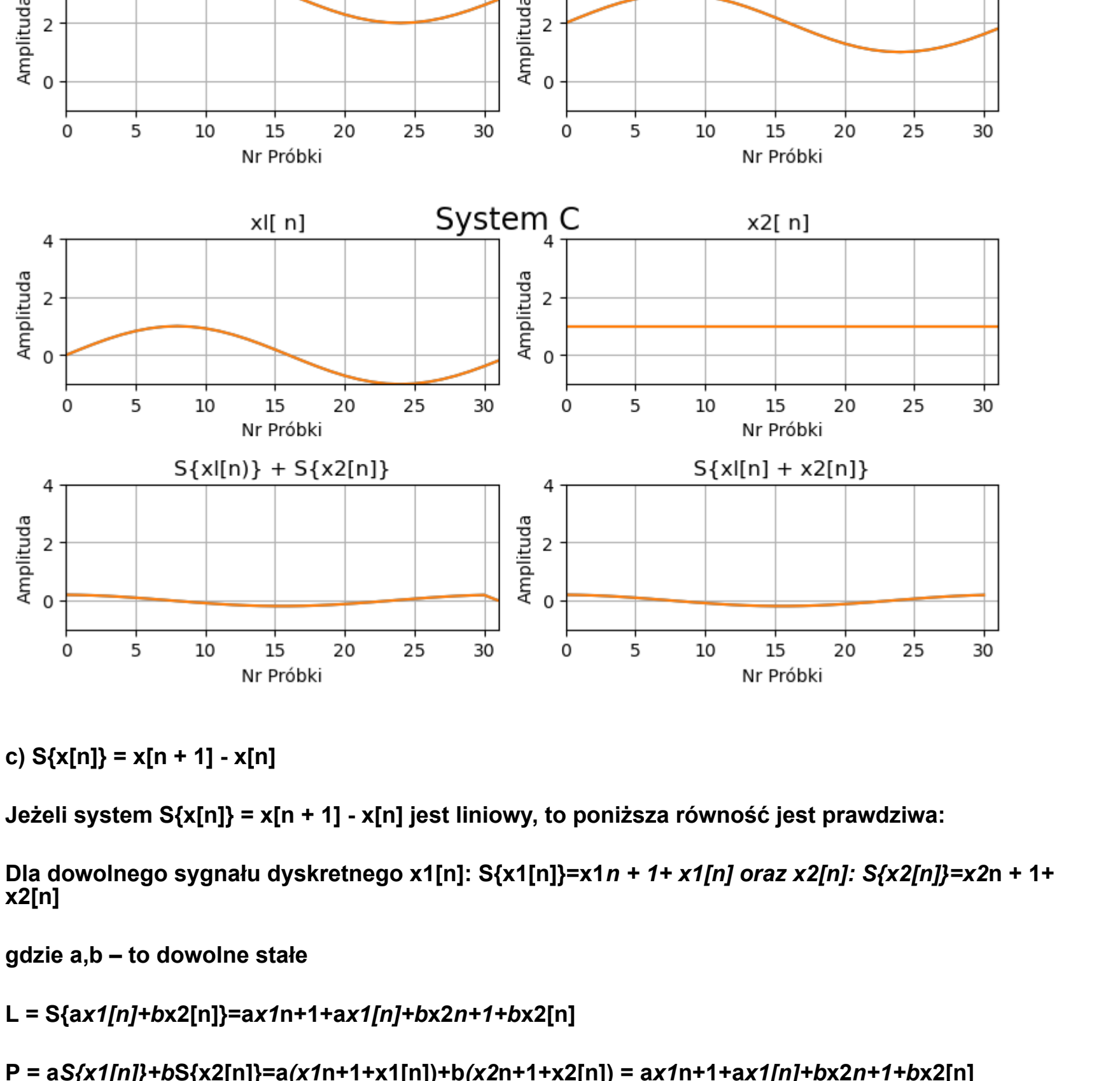
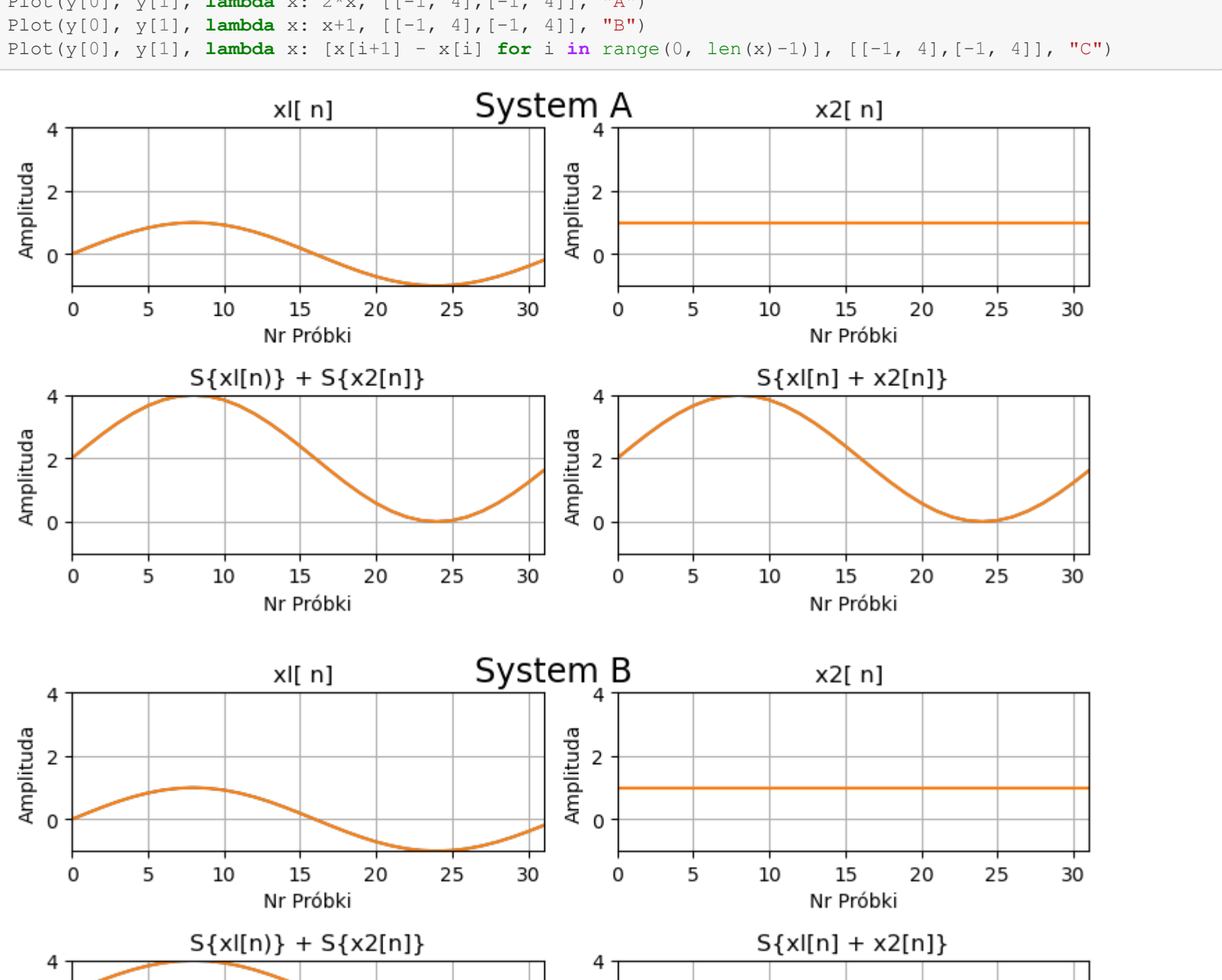
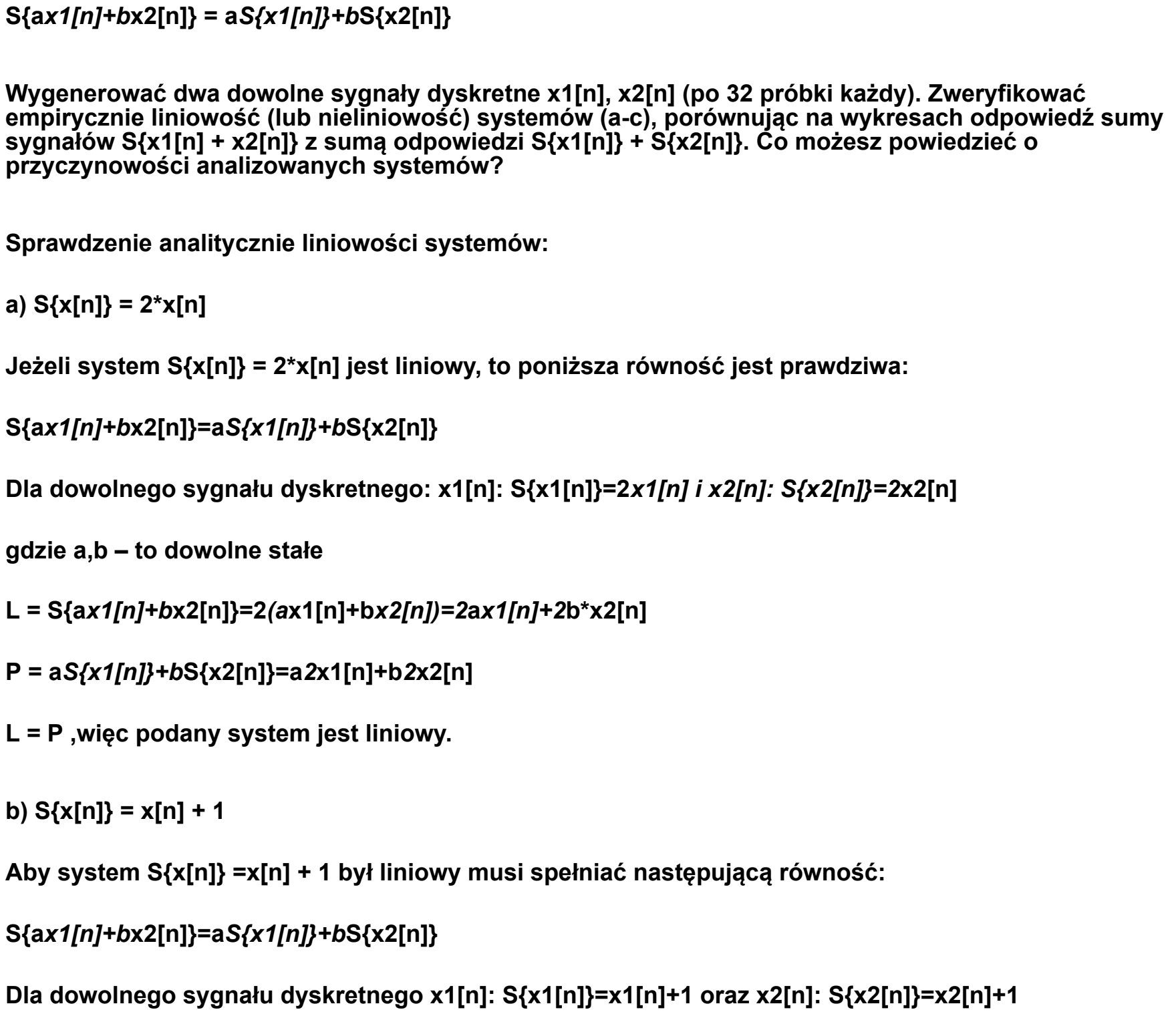
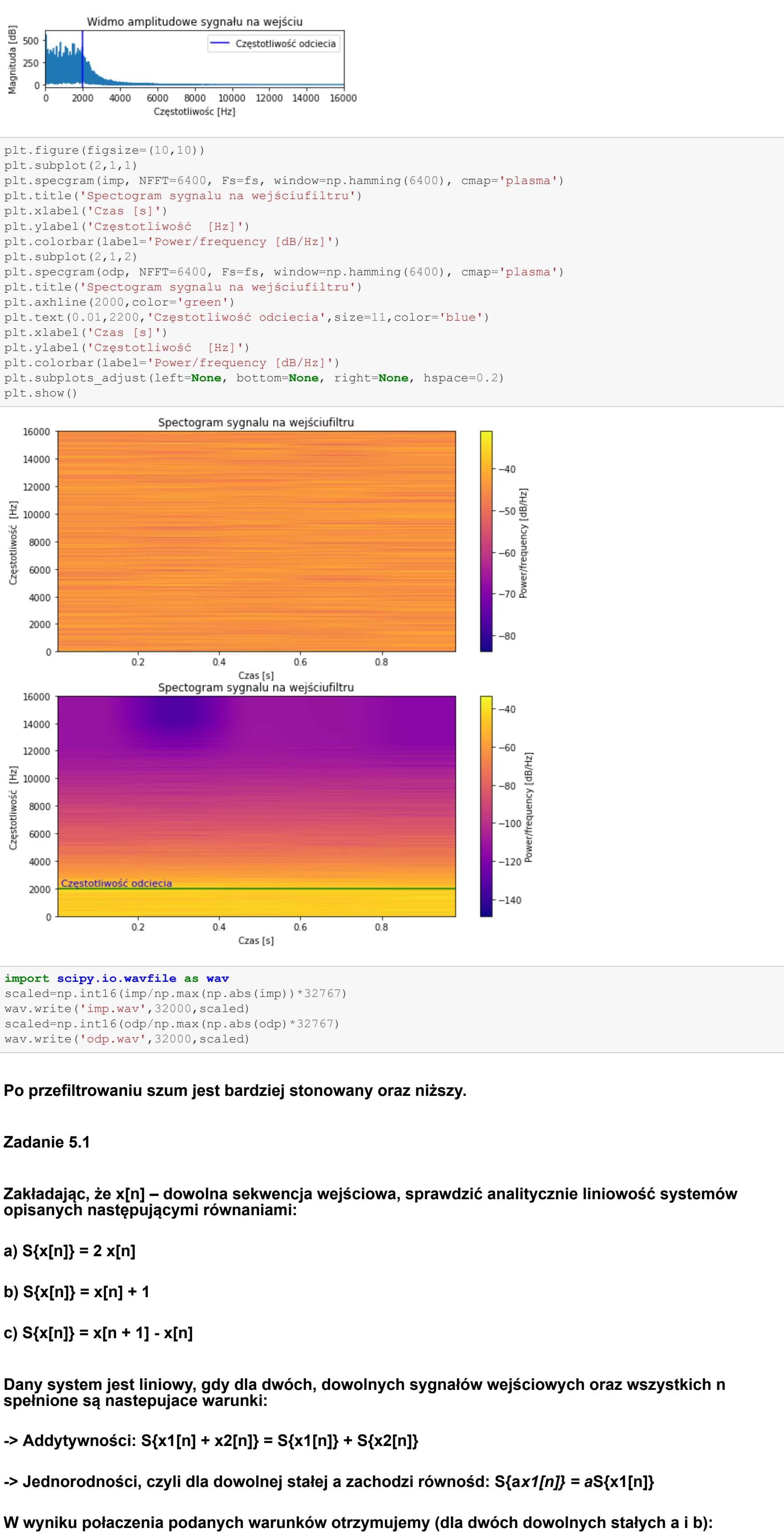
Zadanie 6.2

Zaprojektować filtr cyfrowy do przetwarzania sygnału mowy. Przyjąć następujące założenia projektowe:

- ☐ filtr dolnoprzepustowy
- ☐ częstotliwość odcięcia: 2 kHz
- ☐ typ filtru: IIR (nieskończona odpowiedź impulsowa)
- ☐ rząd filtru 3
- ☐ rodzaj optymalizacji: Chebyshev (typ 1)
- ☐ Zafalowania w paśmie zaporowym nie powinny przekroczyć 1 dB
- ☐ Tłumienie w paśmie zaporowym powinno wynieść co najmniej 20 dB

Do dokumentacji projektu należy dokonać:

- charakterystykę amplitudową i fazową zaprojektowanego filtru
 - wykresy w dziedzinie czasu sygnałów na wejściu i na wyjściu filtru,
 - wykresy periodogramów sygnałów na wejściu i wyjściu filtru,
 - spektrogramy sygnałów na wejściu i wyjściu zaprojektowanego filtru,
 - krótki opis słowny słuchowej różnicy w brzmieniu sygnałów na wejściu i wyjściu filtru.
- Wskazówka: skorzystać z funkcji `scipy.signal.cheby1`.



Wnioski:

Na podstawie powyższych wykresów można dostrzec, że tylko pierwszy i ostatni wykres jest liniowy.

Przyczynowość analizowanych systemów.

System jest przyczynowy, jeśli jego wyjście w każdym momencie zależy od przeszłych i teraźniejszych wartości sygnałów wejściowych w stosunku do danego momentu.

a) $S(x[n]) = 2 \cdot x[n]$ – wyjście nie zależy od przyszłych sygnałów wejściowych, zatem podany system jest systemem przyczynowym.

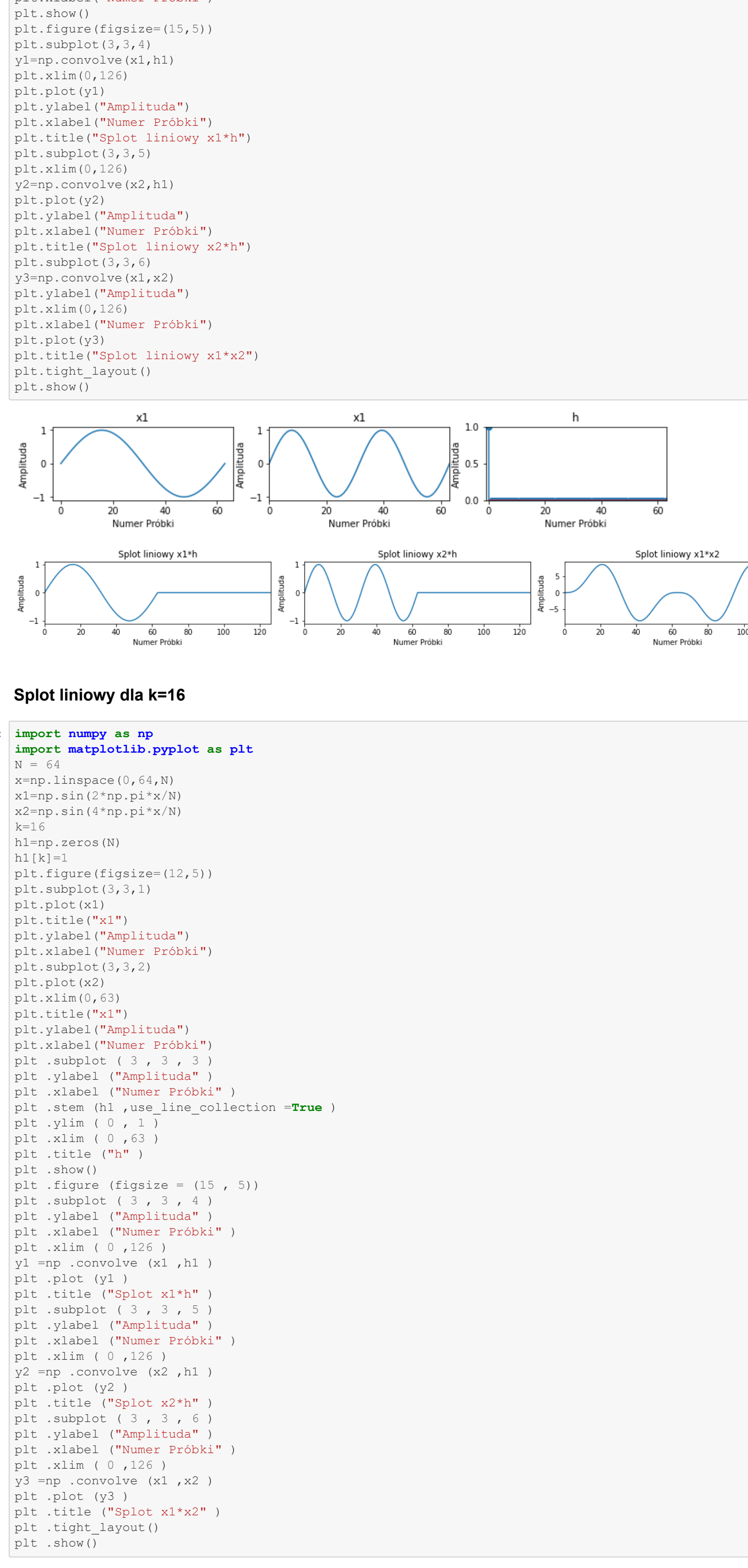
b) $S(x[n]) = x[n] + 1$ – wyjście nie zależy od przyszłych sygnałów wejściowych, zatem podany system jest systemem przyczynowym.

c) $S(x[n]) = x[n + 1] \cdot x[n]$ – wyjście zależy od przyszłych sygnałów wejściowych, zatem podany system nie jest systemem przyczynowym.

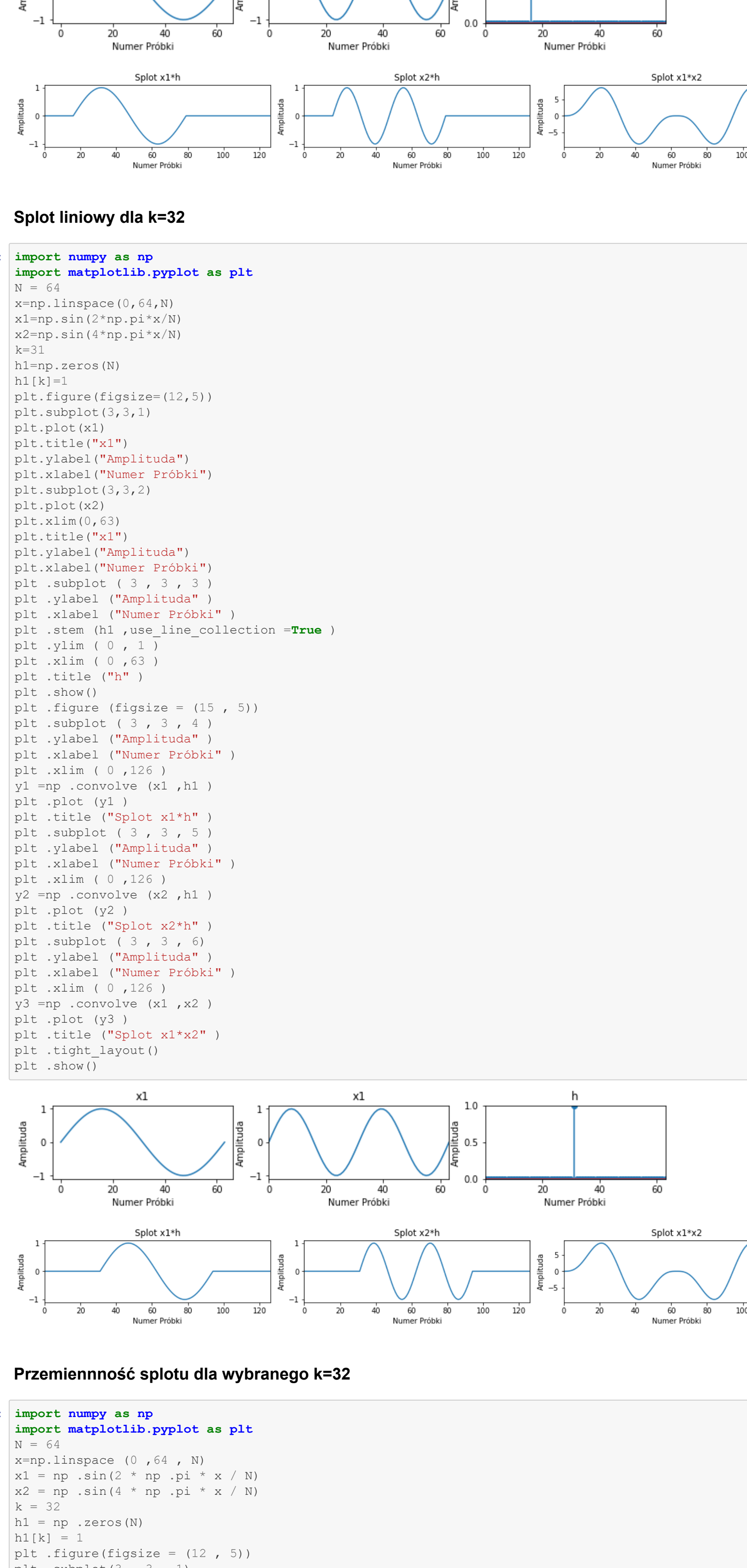
Zadanie 5.2

Wyznaczyć sygnały $x1[n] = \sin(2\pi n/N)$, $x2[n] = \sin(4\pi n/N)$ oraz $h[n] = \delta(n-k)$, gdzie $k = [0, 16, 32]$. $N = 64$ (założyć, że $0 \leq n < N$). Wyznaczyć spłot liniowy sygnałów $x1[n]$, $x2[n]$ z sygnałem $h[n]$ oraz samych ze sobą. Sporządzić wykresy, sprawdzić czy operacje spłotu są przemienne oraz liniowe (dla ustalonego sygnału $h[n]$).

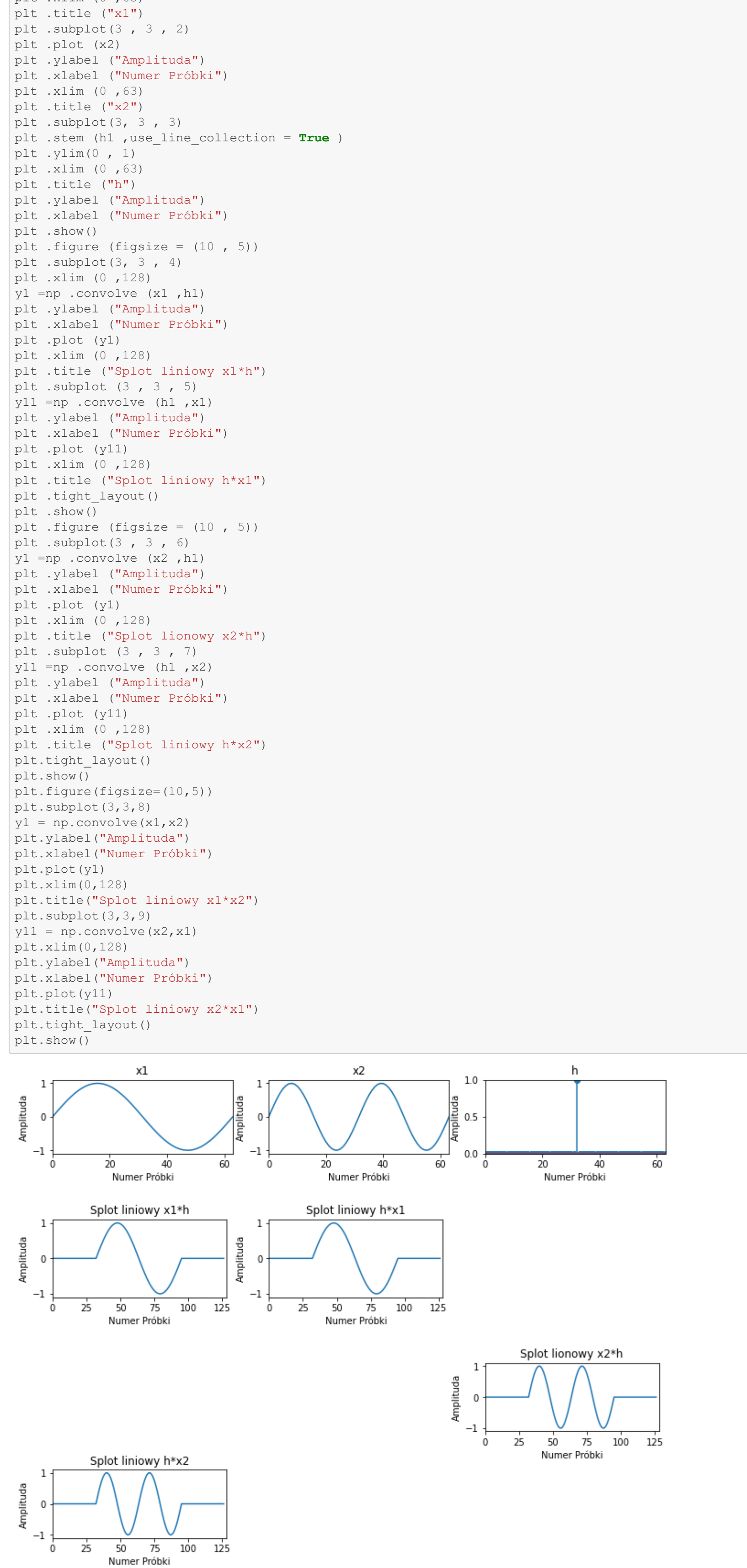
Spłot liniowy dla $k=0$



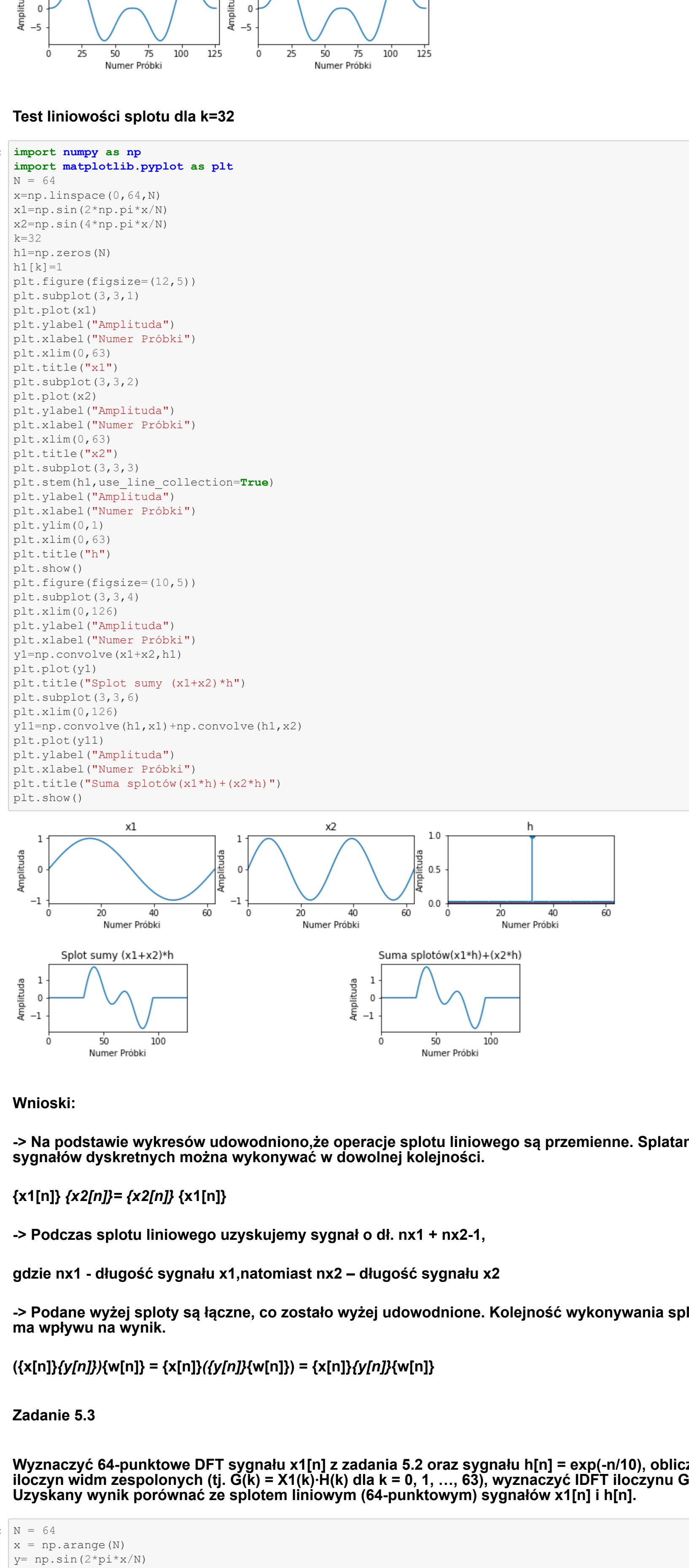
Spłot liniowy dla $k=16$



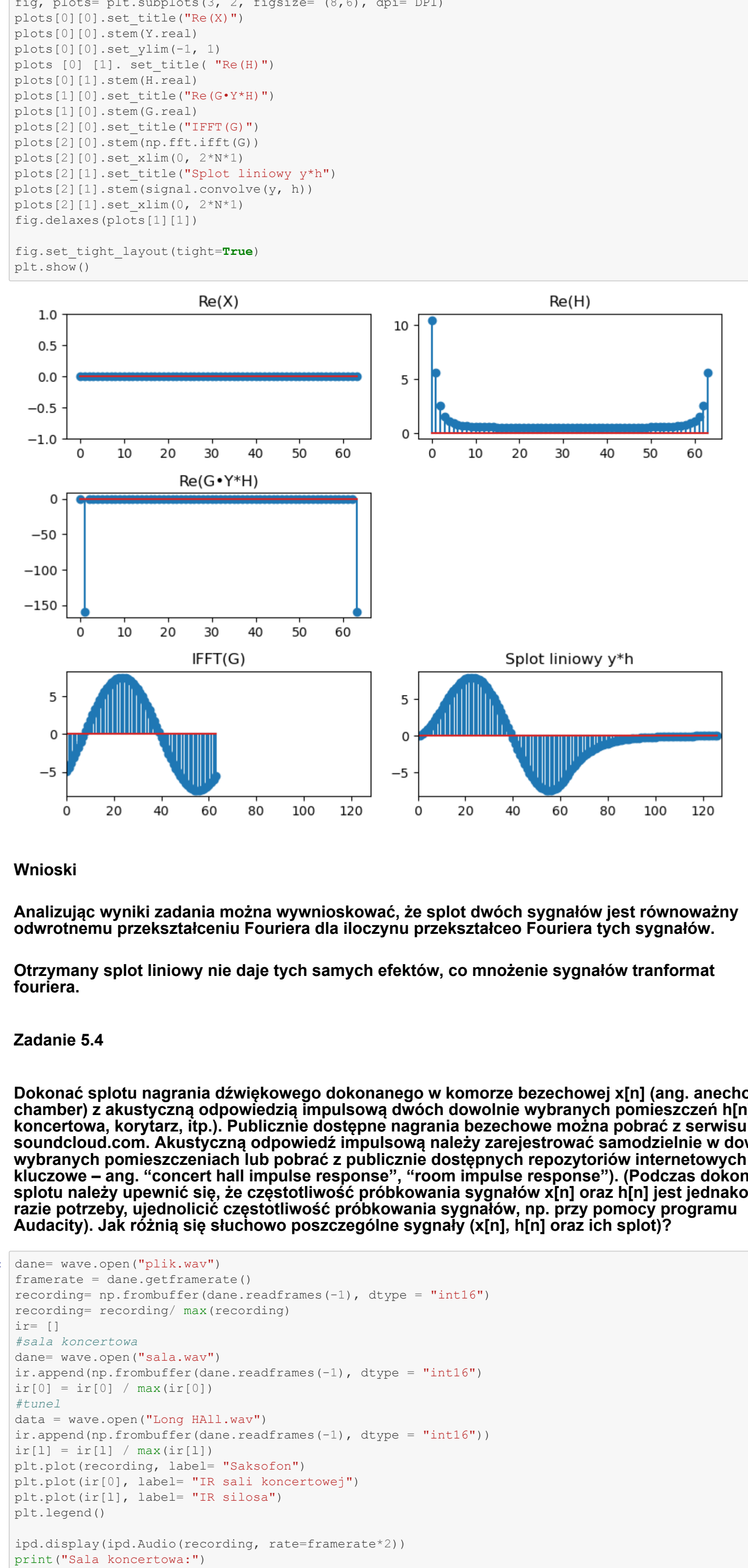
Spłot liniowy dla $k=32$



Przemienność spłotu dla wybranego $k=32$



Test liniowości spłotu dla $k=32$



Wnioski:

→ Na podstawie wykresów udowodniono, że operacje spłotu liniowego są przemienne. Spłatanie sygnałów dyskretnych można wykonywać w dowolnej kolejności.

$\{x1[n]\} \{x2[n]\} = \{x2[n]\} \{x1[n]\}$

→ Podczas spłotu liniowego uzyskujemy sygnał o dl. $nx1 + nx2 - 1$.

gdzie $nx1$ – długość sygnału $x1$, natomiast $nx2$ – długość sygnału $x2$

→ Podane wykresy spłoty są łączne, co zostało wyżej udowodnione. Kolejność wykonywania spłotu nie ma wpływu na wynik.

$\{x(n)\} \{y(n)\} \{w(n)\} = x(n) \{y(n)\} \{w(n)\} = \{x(n)\} \{y(n)\} \{w(n)\}$

Zadanie 5.3

Wyznaczyć 64-punktowe DFT sygnału $x1[n]$ z zadania 5.2 oraz sygnału $h[n] = \exp(-n/10)$, obliczyć iloczyn widm zespolonych ($G(k) = X1(k) \cdot H(k)$ dla $k = 0, 1, \dots, 63$), wyznaczyć IDFT iloczynu $G(k)$. Uzyskany wynik porównać ze spłotem liniowym (64-punktowym) sygnałów $x1[n]$ i $h[n]$.



Wnioski

Analizując wyniki zadania można wywnioskować, że spłot dwóch sygnałów jest równoważny odwrótnemu przekształceniu Fouriera dla iloczynu przekształceń Fouriera tych sygnałów.

Otrzymane spłoty liniowe nie dają tych samych efektów, co mnożenie sygnałów tranformat Fouriera.

Zadanie 5.4

Dokonać spłotu nagrania dźwiękowego dokonanego w komorze bezchowej $x[n]$ (ang. anechoic chamber) z akustyczną odpowiedzią impulsową dwóch dowolnie wybranych pomieszczeń $h[n]$ (sala koncertowa, korytarz, itp.). Publicznie dostępne nagrania bezchowej można pobrać z serwisu soundcloud.com. Akustyczną odpowiedź impulsową należy zarejestrować samodzielnie w dowolnie wybranych pomieszczeniach lub pobrać z publicznie dostępnych repozytoriów internetowych (słowa kluczowe – ang. "concert hall impulse response", "room impulse response"). (Podczas dokonywania spłotu należy upewnić się, że częstotliwość próbkowania sygnałów $x[n]$ oraz $h[n]$ jest jednakowa. W razie potrzeby, ujednolicić częstotliwość próbkowania sygnałów, np. przy pomocy programu Audacity). Jak różnią się słuchowo poszczególne sygnały $x[n]$, $h[n]$ oraz ich spłoty?

