

# Witold Jabłoński

## Zad 1

```
clc;
clear all;

f1=2;
f2=4;
f3=16;
f4=32;

Tp = 1/128;
fp = 1/Tp;
tk = 0:Tp:2-Tp;
N = length(tk);
fk = 0:fp/N:(N-1)*fp/N;

x = sin(2*pi.*f1.*tk) + sin(2*pi.*f2.*tk) + sin(2*pi.*f3.*tk) + sin(2*pi.*f4.*tk);

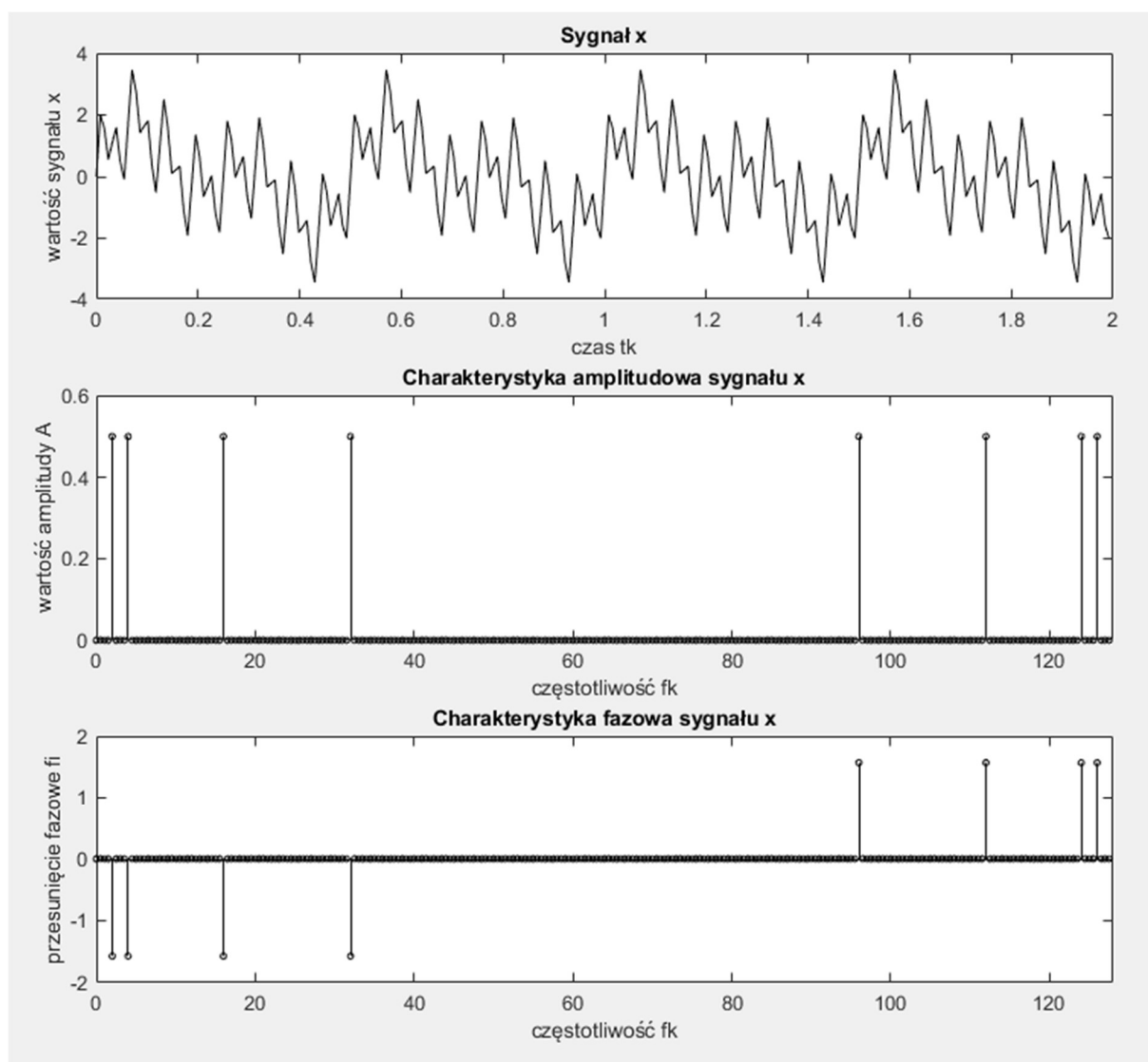
figure(1);

subplot(3,1,1)
plot(tk, x, 'k');
title("Sygnał x")
xlabel("czas tk")
ylabel("wartość sygnału x")

X = fft(x)/N;
A = abs(X);
An = angle(X);
An(A < 10^-5) = 0;

subplot(3,1,2)
stem(fk, A, 'k', 'MarkerSize', 3)
xlim([0, fp]);
title("Charakterystyka amplitudowa sygnału x")
xlabel("częstotliwość fk")
ylabel("wartość amplitudy A")

subplot(3,1,3)
stem(fk, An, 'k', 'MarkerSize', 3)
xlim([0, fp]);
title("Charakterystyka fazowa sygnału x")
xlabel("częstotliwość fk")
ylabel("przesunięcie fazowe fi")
```



Ile wynosi przesunięcie fazowe dla prążków głównych?

1.5708

## Zad 2

```
clc;
clear all;

f1=2;
f2=4;

Tp = 1/128;
fp = 1/Tp;
tk = 0:Tp:2-Tp;
N = length(tk);
fk = 0:fp/N:(N-1)*fp/N;

x = sin(2*pi.*f1.*tk) + sin(2*pi.*f2.*tk);

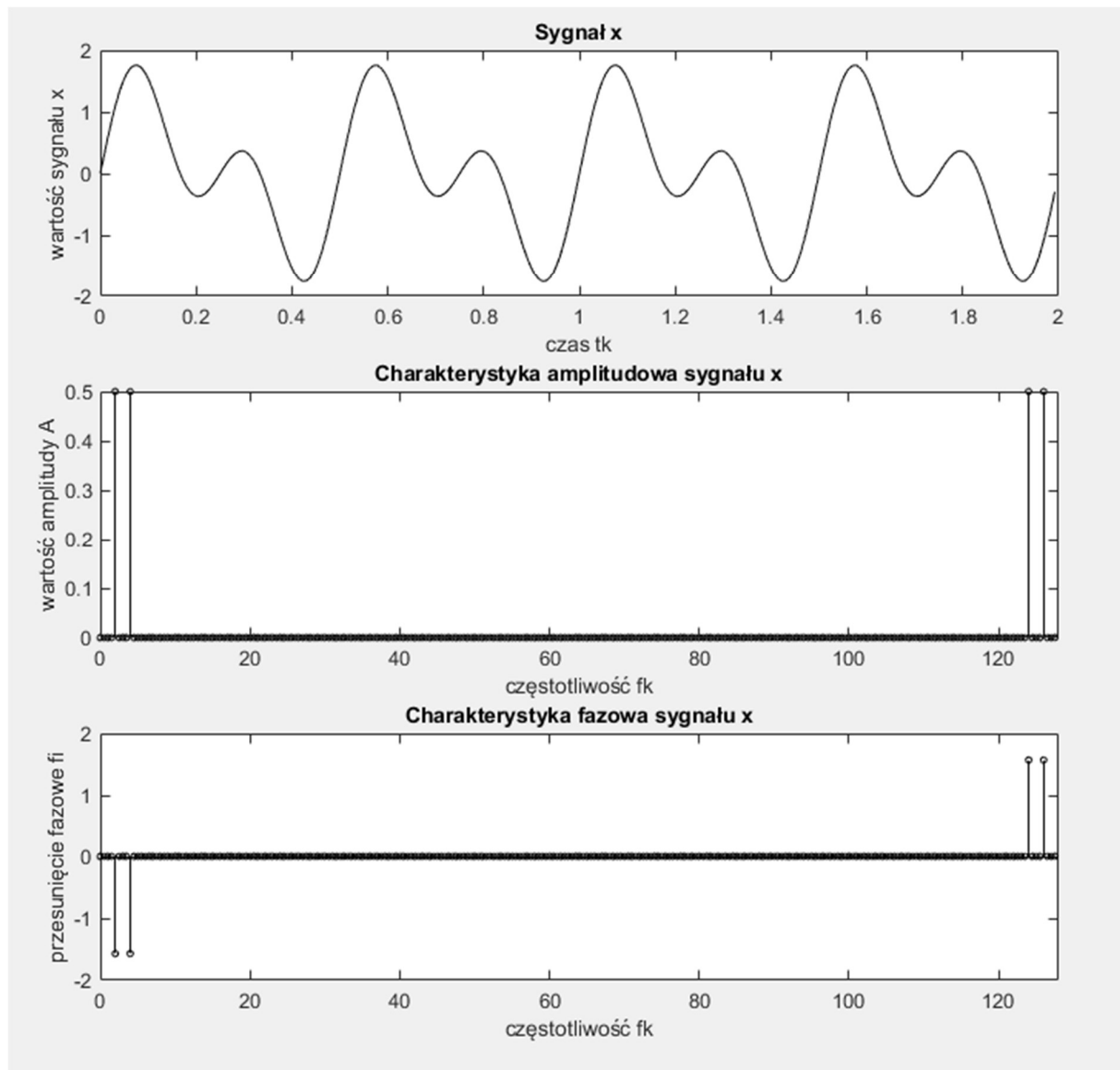
figure(2);

subplot(3,1,1)
plot(tk, x, 'k');
title("Sygnał x")
xlabel("czas tk")
ylabel("wartość sygnału x")

X = fft(x)/N;
A = abs(X);
An = angle(X);
An(A < 10^-5) = 0;

subplot(3,1,2)
stem(fk, A, 'k', 'MarkerSize', 3)
xlim([0, fp]);
title("Charakterystyka amplitudowa sygnału x")
xlabel("częstotliwość fk")
ylabel("wartość amplitudy A")

subplot(3,1,3)
xlim
stem(fk, An, 'k', 'MarkerSize', 3)
xlim([0, fp]);
title("Charakterystyka fazowa sygnału x")
xlabel("częstotliwość fk")
ylabel("przesunięcie fazowe fi")
```



Jak objawia się idealna filtracja w dziedzinie częstotliwości?

Usunięciem składowej sygnału o częstotliwości wyższej niż  $f$  graniczna z sygnału  $x$  (w charakterystyce amplitudowej i fazowej znikają prążki odpowiedzialne za te częstotliwości).

### Zad 3

```
clc;
clear all;

f1=2;
f2=4;
f3=16;
f4=32;

Tp = 1/128;
fp = 1/Tp;
tk = 0:Tp:2-Tp;
N = length(tk);
fk = 0:fp/N:(N-1)*fp/N;
```

```

x = sin(2*pi.*f1.*tk) + sin(2*pi.*f2.*tk) + sin(2*pi.*f3.*tk) + sin(2*pi.*f4.*tk);

figure(3);

subplot(4,1,1)
plot(tk, x, 'k');
title("Sygnał x")
xlabel("czas tk")
ylabel("wartość sygnału x")

x2 = sin(2*pi.*f1.*tk) + sin(2*pi.*f2.*tk);

subplot(4,1,2)
plot(tk, x2, 'k');
title("Sygnał x po filtracji")
xlabel("czas tk")
ylabel("wartość sygnału x")
hold on
fc = 8;
n = 2;
fcf = fc*2/fp;

[b, a] = butter(n, fcf);
xf = filter(b, a, x);

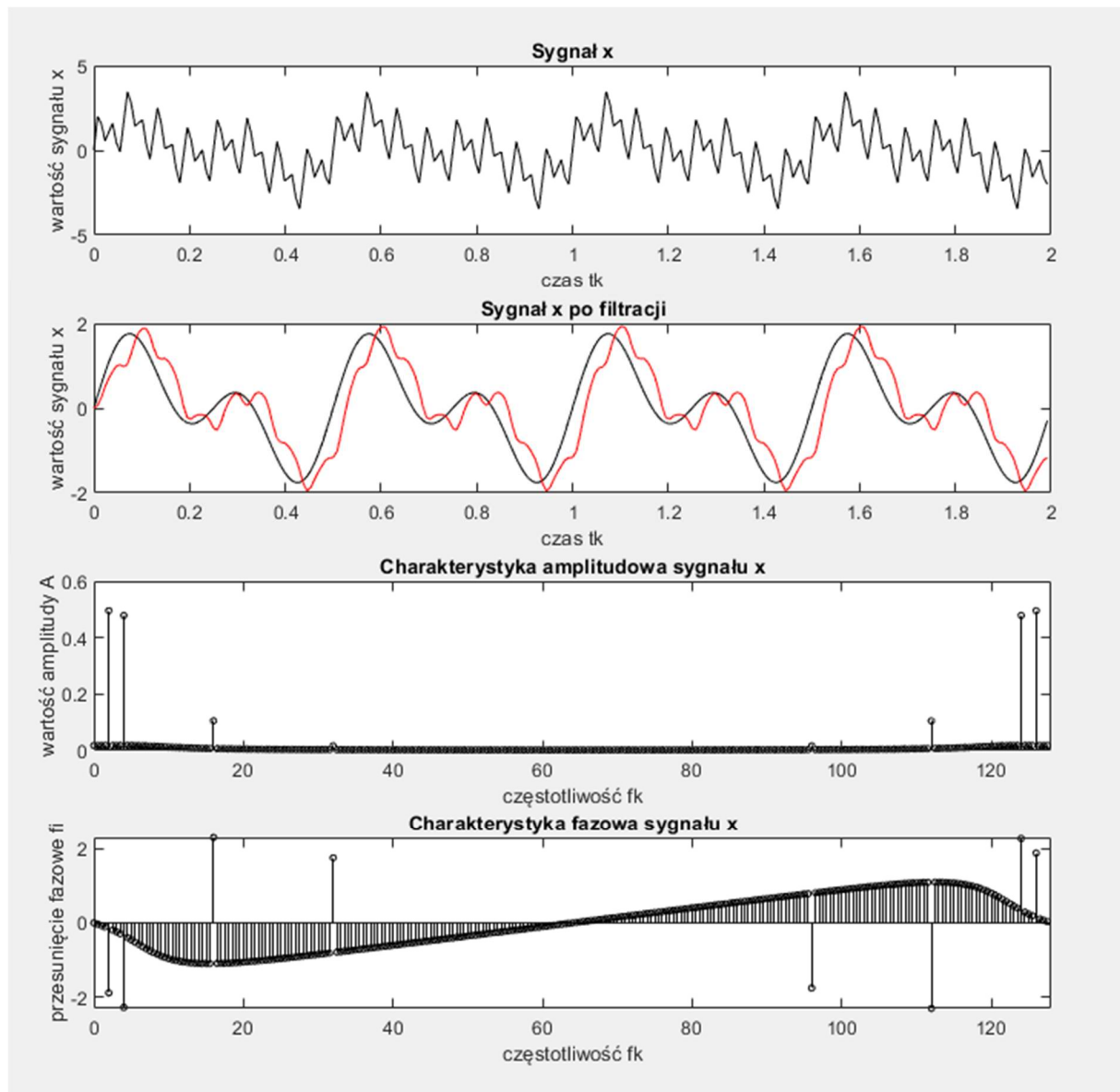
plot(tk, xf, 'r');
hold off

X = fft(xf)/N;
A = abs(X);
An = angle(X);
An(A < 10^-5) = 0;

subplot(4,1,3)
stem(fk, A, 'k', 'MarkerSize', 3)
xlim([0, fp]);
title("Charakterystyka amplitudowa sygnału x")
xlabel("częstotliwość fk")
ylabel("wartość amplitudy A")

subplot(4,1,4)
stem(fk, An, 'k', 'MarkerSize', 3)
xlim([0, fp]);
title("Charakterystyka fazowa sygnału x")
xlabel("częstotliwość fk")
ylabel("przesunięcie fazowe fi")

```



Jak wygląda sygnał przefiltrowany filtrem Butterwortha na początku przedziału czasowego? Dlaczego występuje taki efekt?

Sygnał po filtracji Butterwortha jest przesunięty w czasie. Taki efekt występuje ponieważ filtr Butterwortha przesuwa charakterystykę fazową dla częstotliwości w paśmie zaporowym.

Znaleźć przesunięcia fazowe prążków głównych. Jak filtracja wpłynęła na przesunięcia fazowe prążków głównych w paśmie przepustowym?

-1.8907 -2.2831 2.3113 1.7616

Do  $f$  granicznej przesunięcie rośnie następnie maleje. Przesunięcie fazowe prążków głównych zmieniło się po zastosowaniu filtru Butterwortha.

## Zad 4

```
clc;
clear all;

f1=2;
f2=4;
f3=16;
f4=32;

Tp = 1/128;
fp = 1/Tp;
tk = 0:Tp:2-Tp;
N = length(tk);
fk = 0:fp/N:(N-1)*fp/N;

x = sin(2*pi.*f1.*tk) + sin(2*pi.*f2.*tk) + sin(2*pi.*f3.*tk) + sin(2*pi.*f4.*tk);

figure(4);

subplot(4,1,1)
plot(tk, x, 'k');
title("Sygnał x")
xlabel("czas tk")
ylabel("wartość sygnału x")

x2 = sin(2*pi.*f1.*tk) + sin(2*pi.*f2.*tk);

subplot(4,1,2)
plot(tk, x2, 'k');
title("Sygnał x po filtracji")
xlabel("czas tk")
ylabel("wartość sygnału x")
hold on
fc = 8;
n = ;
fcf = fc*2/fp;

[b, a] = butter(n, fcf);
xf = filter(b, a, x);

plot(tk, xf, 'r');
hold off

X = fft(xf)/N;
A = abs(X);
An = angle(X);
An(A < 10^-5) = 0;

subplot(4,1,3)
stem(fk, A, 'k', 'MarkerSize', 3)
xlim([0, fp]);
title("Charakterystyka amplitudowa sygnału x")
xlabel("częstotliwość fk")
ylabel("wartość amplitudy A")

subplot(4,1,4)
stem(fk, An, 'k', 'MarkerSize', 3)
xlim([0, fp]);
title("Charakterystyka fazowa sygnału x")
```

```

xlabel("częstotliwość fk")
ylabel("przesunięcie fazowe fi")

figure(5);

subplot(4,1,1)
plot(tk, x, 'k');
title("Sygnał x")
xlabel("czas tk")
ylabel("wartość sygnału x")

x2 = sin(2*pi.*f1.*tk) + sin(2*pi.*f2.*tk);

subplot(4,1,2)
plot(tk, x2, 'k');
title("Sygnał x po filtracji")
xlabel("czas tk")
ylabel("wartość sygnału x")
hold on
fc = 8;
n = 6;
fcf = fc*2/fp;

[b, a] = butter(n, fcf);
xf = filter(b, a, x);

plot(tk, xf, 'r');
hold off

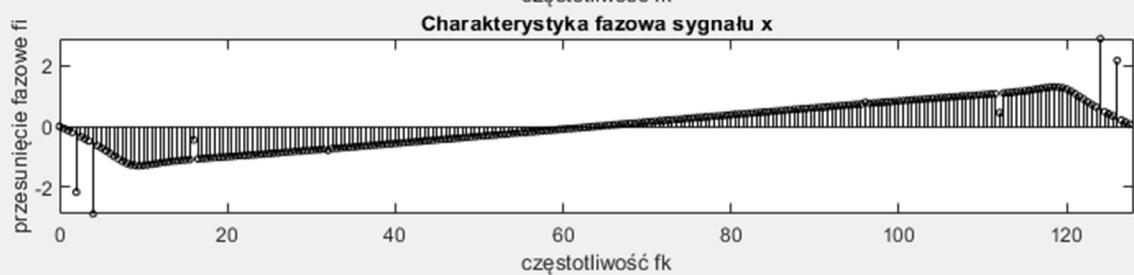
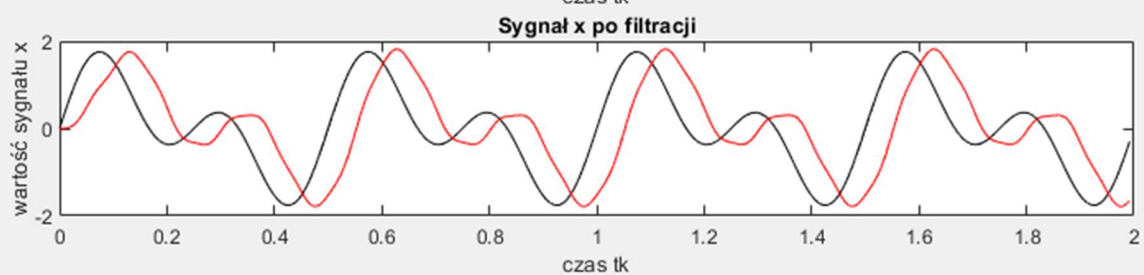
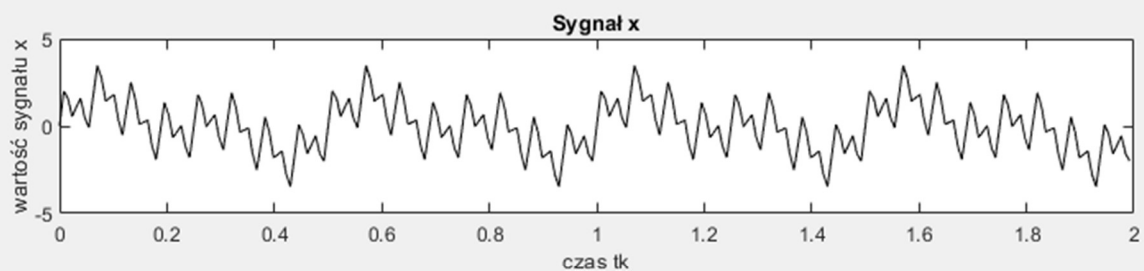
X = fft(xf)/N;
A = abs(X);
An = angle(X);
An(A < 10^-5) = 0;

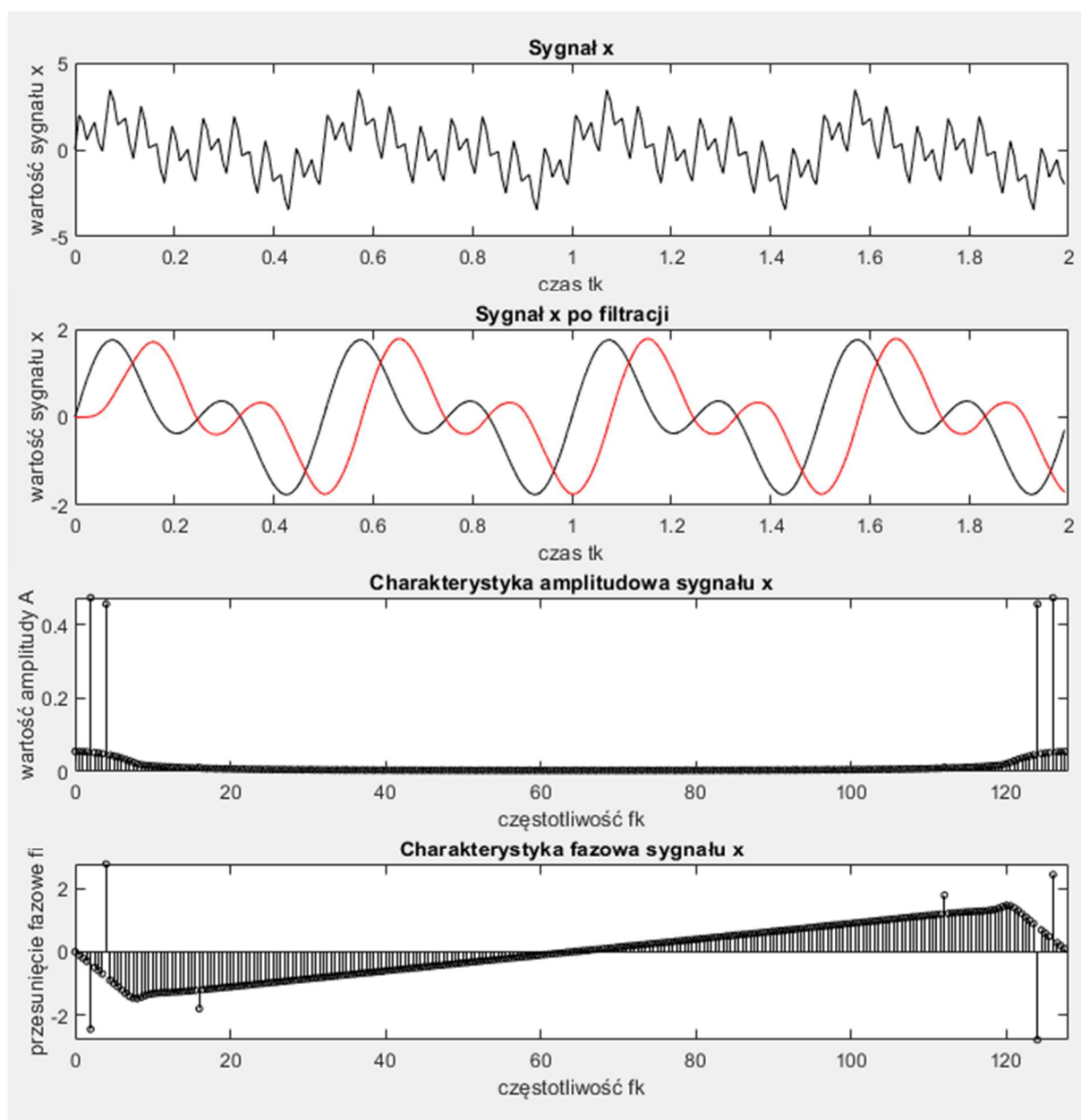
subplot(4,1,3)
stem(fk, A, 'k', 'MarkerSize', 3)
xlim([0, fp]);
title("Charakterystyka amplitudowa sygnału x")
xlabel("częstotliwość fk")
ylabel("wartość amplitudy A")

subplot(4,1,4)
stem(fk, An, 'k', 'MarkerSize', 3)
xlim([0, fp]);
title("Charakterystyka fazowa sygnału x")
xlabel("częstotliwość fk")
ylabel("przesunięcie fazowe fi")

```







Jak rząd filtra wpływa na amplitudy prążków głównych w paśmie przepustowym, a jak w paśmie zaporowym? Jak rząd filtra wpływa na przesunięcia fazowe prążków głównych w paśmie przepustowym?

Filtry o wyższym rzędzie potrafią bardziej efektywnie tłumić sygnały poza pasmami przepustowymi. Wyższy rząd filtra oznaczają bardziej zbliżone do idealnego filtru amplitudy prążków głównych.

Wyższy rząd filtra oznacza również szybsze narastanie zbocza przesunięcia fazowego do  $f$  granicznej.