

Laboratorium 8

Sygnały Cyfrowe

Janusz Pawlicki

1. Wstęp

Sygnał cyfrowy jest to ciąg liczb zapisanych z określoną precyzją, którym przypisane są indeksy. Zazwyczaj indeksy są kolejnymi liczbami całkowitymi z przedziału zawartego w zakresie od minus do plus nieskończoności. W przypadku ćwiczeń z wykorzystaniem pakietu MATLAB precyzja zapisu danych liczbowych jest zmiennoprzecinkowa. Sygnał, w którym dyskretyzacji poddano jedynie dziedzinę, nazywa się często *sygnałem z czasem dyskretnym*. Słowo "czas" należy tutaj rozumieć umownie, gdyż wspomniany sygnał może na przykład reprezentować temperaturę wody jeziora w zależności od (zdyskretyzowanej) głębokości. W dalszej części instrukcji termin "sygnał cyfrowy" będzie oznaczał przybliżenie sygnału z czasem dyskretnym z dokładnością ograniczoną do skończonej precyzji pakietu MATLAB.

Sygnał cyfrowy może pochodzić z próbkowania i przetwarzania analogowo-cyfrowego sygnału ciągłego. Może jednak również powstać wprost w postaci ciągu liczb określonego w jakiś inny sposób. Przykładowo można przyjąć, że ciąg liczb całkowitych od 1 do 5 o indeksach od -9 do -5 jest sygnałem cyfrowym, bez konieczności wiązania tego ciągu z jakimkolwiek sygnałem ciągłym. Przy tak określonym przedziale indeksów zakłada się zazwyczaj, że poza nim wartości sygnału są zerowe:

Zapis w postaci układu dwóch wektorów o tej samej długości: wektora wartości ciągu oraz wektora indeksów.

Sygnał wyjściowy systemu liniowego jest równy sygnałowi wejściowemu podanemu operacji splotu z odpowiedzią impulsową tego systemu.

Def. 1. Odpowiedź impulsowa systemu to sygnał na wyjściu systemu, gdy na wejściu podano impuls jednostkowy (czyli pojedynczą próbkę o wartości 1).

Def. 2. Charakterystyka impulsowa (odpowiedź impulsowa) - to odpowiedź układu na wymuszenie w postaci delty Diraca przy zerowych warunkach początkowych. Znajomość odpowiedzi impulsowej pozwala nam przewidzieć odpowiedź układu na każde inne pobudzenie. Odpowiedź układu na dowolne pobudzenie jest bowiem splotem sygnału pobudzającego oraz odpowiedzi impulsowej układu.

2. Przebieg Laboratorium

Zadanie 2

Wygenerować i zaprezentować w postaci wykresu:

Skok jednostkowy w punkcie zero oraz przesuniętego w czasie (np. w punkcie 3),

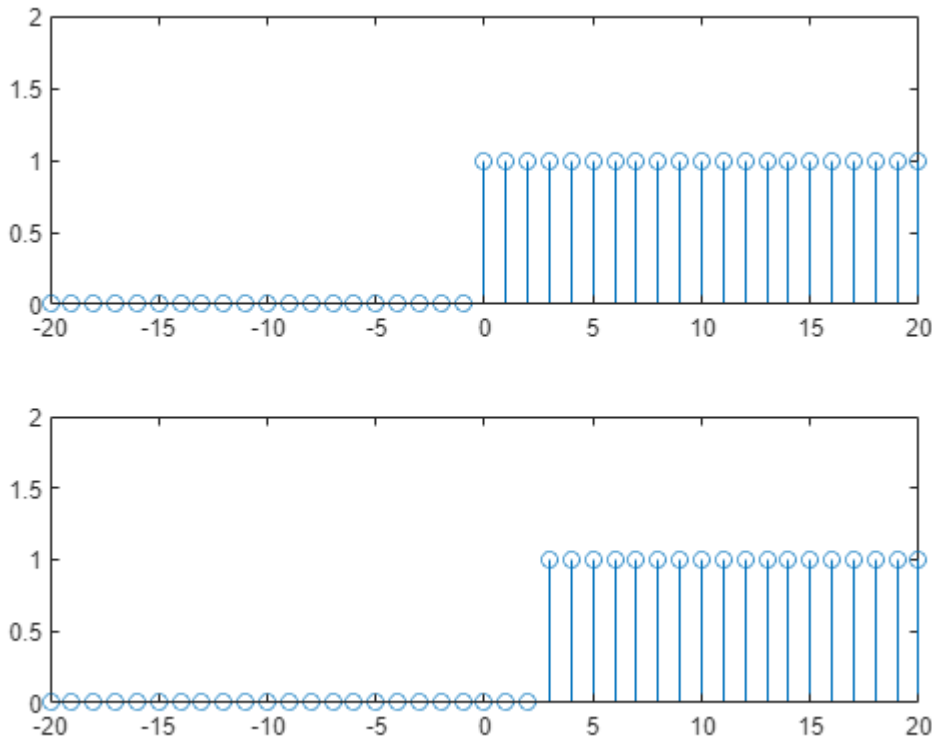
$$d[n] = \begin{cases} 1 & \text{dla } n \geq 0 \\ 0 & \text{dla } n < 0 \end{cases}, \quad d[n] = \begin{cases} 1 & \text{dla } n \geq 3 \\ 0 & \text{dla } n < 3 \end{cases}$$

```
clear;  
n=-20:20;
```

```

zero = 1-n(1);
x1=zeros(1,length(n));
x1(zero:end)=ones(1);
subplot(2,1,1), stem(n,x1), axis([-20 20 0 2])
k = zero + 3;
x2 = zeros(1,length(n));
x2(k:end)=ones(1);
subplot(2,1,2), stem(n,x2), axis([-20 20 0 2])

```



Zadanie 3

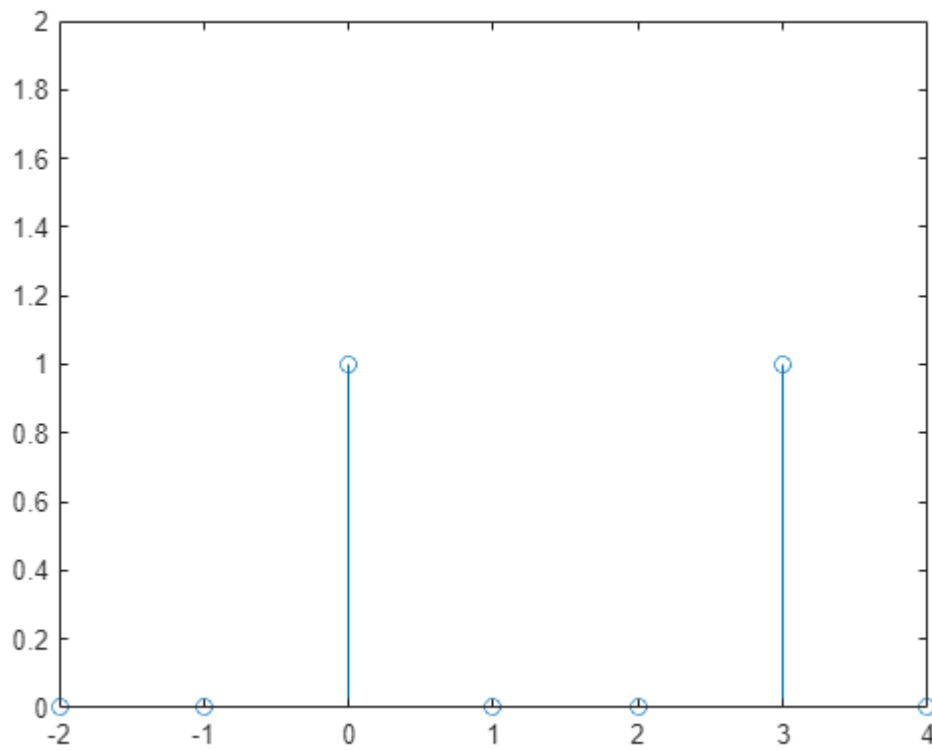
Wygenerować i zaprezentować w postaci wykresu:

delta Kroneckera w punkcie zero oraz przesuniętej w czasie (np. w punkcie 3),

```

clear;
n=-2:4;
x0 = 1-n(1);
y=zeros(1,length(n));
y(x0)=ones(1);
xk = x0+3;
y(xk)=ones(1);
figure
stem(n,y), axis([-2 4 0 2])

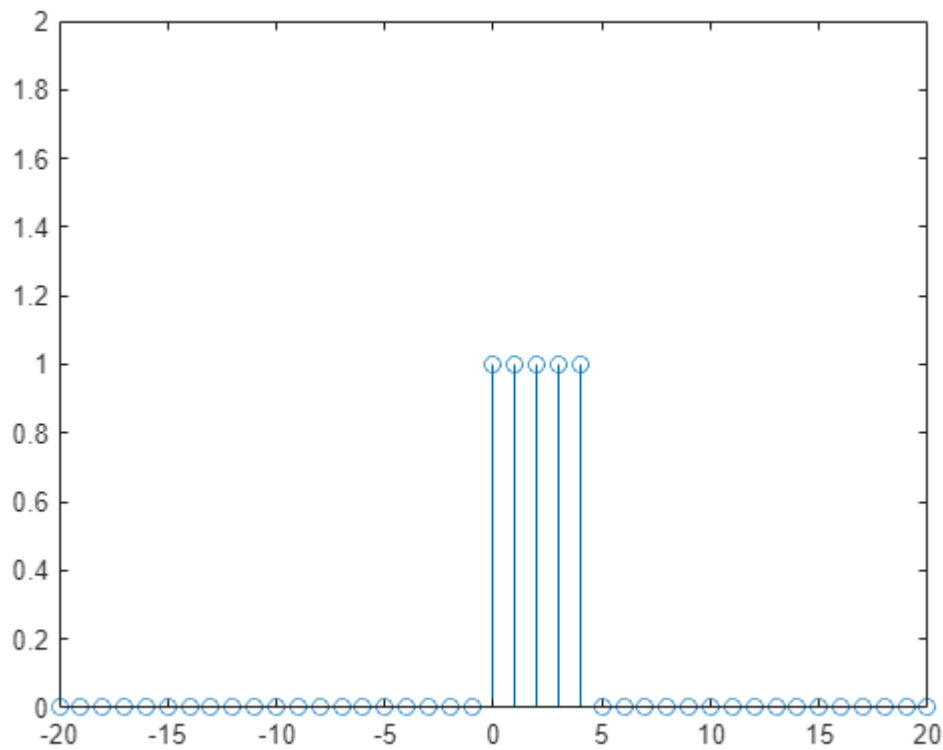
```



Zadanie 4

Wygenerować i zaprezentować w postaci wykresu: Różnicę dwóch skoków jednostkowych (pierwszy skok jednostkowy w punkcie 0 i drugi skok jednostkowy punkcie 5).

```
clear;
n=-20:20;
zero = 1-n(1);
x1=zeros(1,length(n));
x1(zero:end)=ones(1);
k = zero + 5;
x2 = zeros(1,length(n));
x2(k:end)=ones(1);
x = x1-x2;
figure
stem(n,x), axis([-20 20 0 2])
```

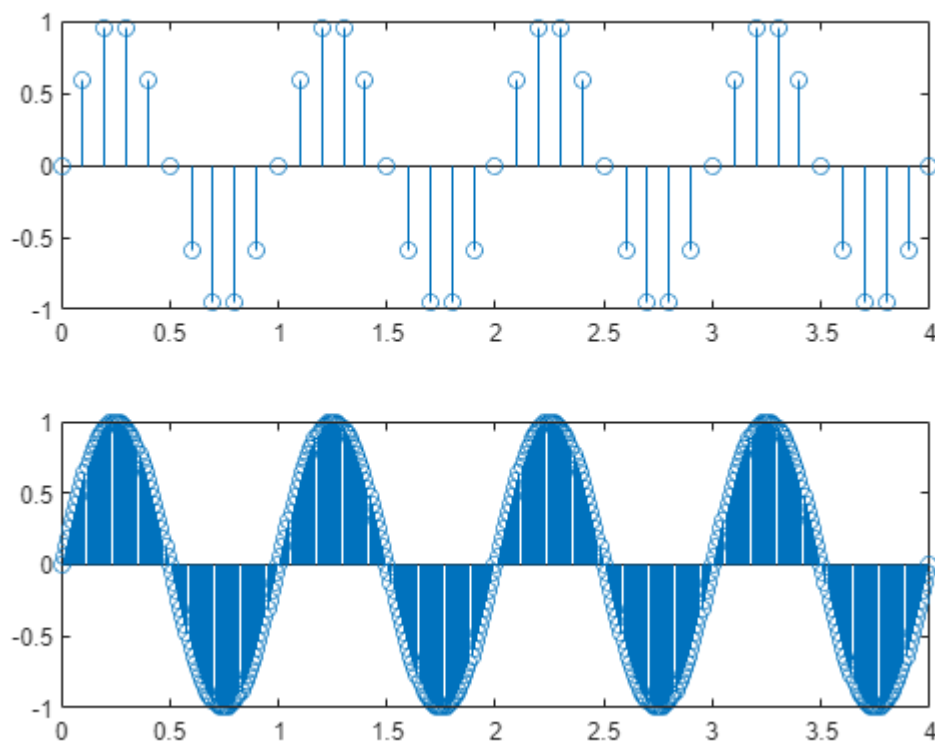


Zadanie 5

Wygenerować i zaprezentować w postaci wykresu: próbkowaną sinusoidę z czasem

próbkowania $t_1=0:1/10:4$; i z czasem próbkowania $t_2=0:1/100:4$;

```
clear;
t1=0:0.1:4;
t2=0:0.01:4;
y1 = sin(2*pi*t1);
y2 = sin(2*pi*t2);
figure
subplot(2,1,1), stem(t1, y1);
subplot(2,1,2), stem(t2, y2);
```

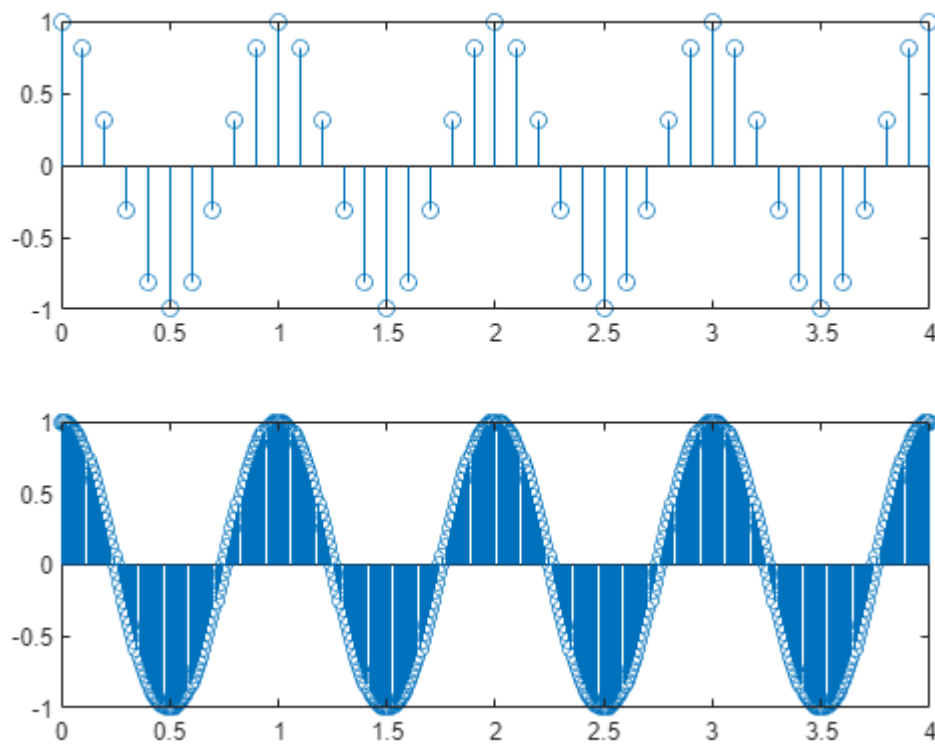


Zadanie 6

Wygenerować i zaprezentować w postaci wykresu: próbkowaną kosinusoidę z czasem

próbkowania $t_1=0:1/10:4$; i z czasem próbkowania $t_2=0:1/100:4$;

```
clear;
t1=0:0.1:4;
t2=0:0.01:4;
y1 = cos(2*pi*t1);
y2 = cos(2*pi*t2);
figure
subplot(2,1,1), stem(t1, y1);
subplot(2,1,2), stem(t2, y2);
```

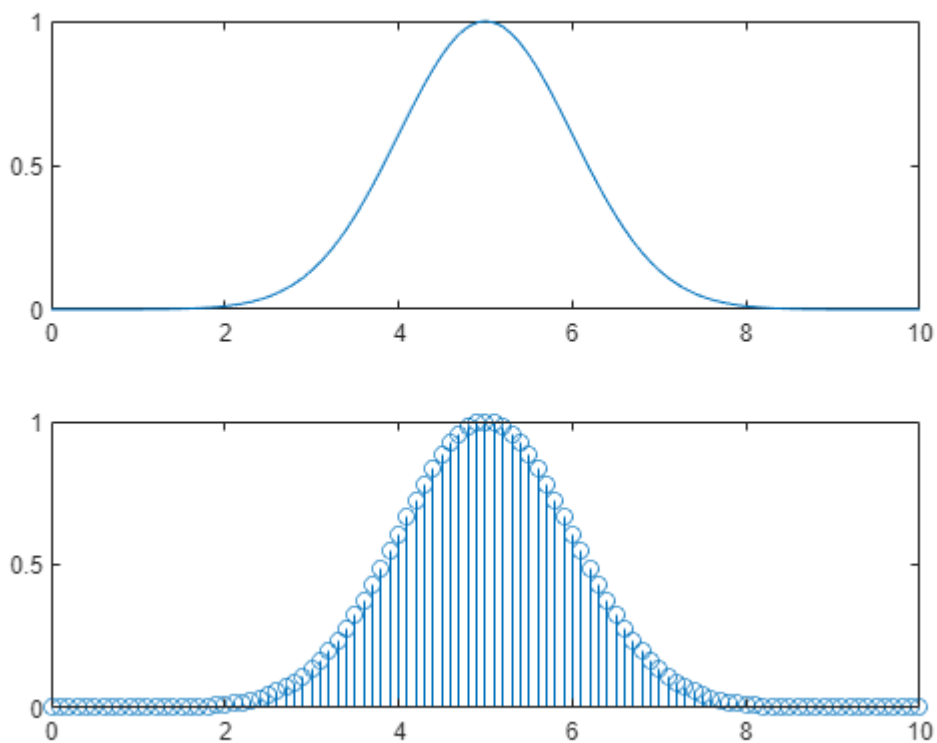


Zadanie 7

Wygenerować i zaprezentować w postaci wykresu: próbkowaną krzywą gaussa - funkcja

`gaussmf(t,[1 5])` z czasem próbkowania $t = 0:0.1:10$.

```
clear;
t = 0:0.1:10;
y = gaussmf(t, [1, 5]);
figure
subplot(2,1,1), plot(t, y);
subplot(2,1,2), stem(t, y);
```

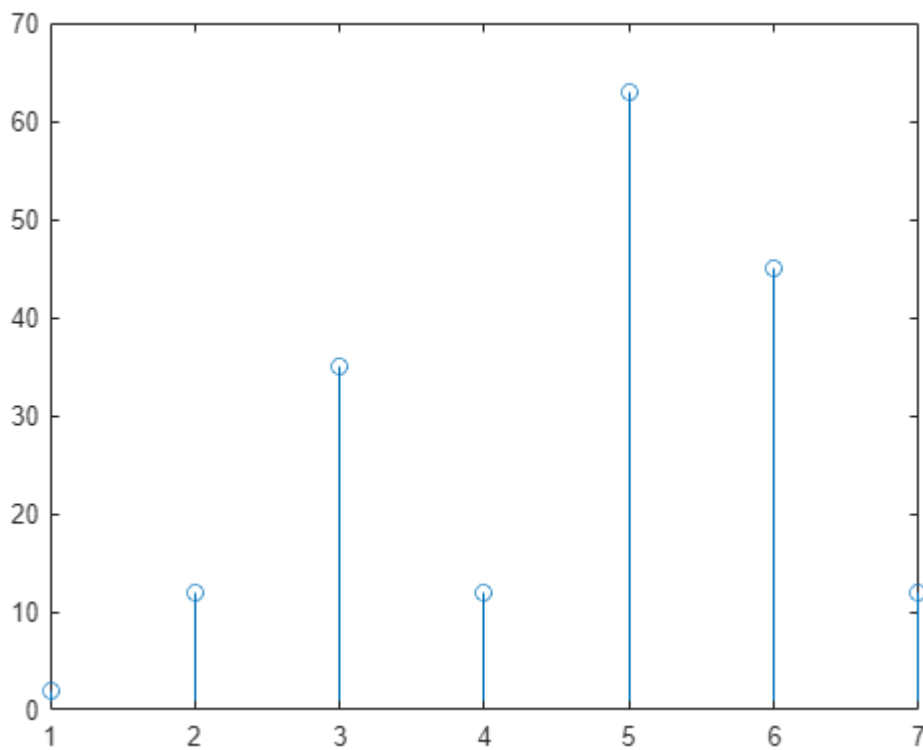


Zadanie 8

Proszę przemnożyć 2 sygnały $y1=[1,3,5,6,7,9,2]$; $y2=[2,4,7,2,9,5,6]$;

i wyrysować wynik na wykresie. Mnożenie wykonujemy przez `.*` (kropka i gwiazdka)

```
clear;
y1 = [1,3,5,6,7,9,2];
y2 = [2,4,7,2,9,5,6];
y3 = y1.*y2;
figure
stem(y3);
```

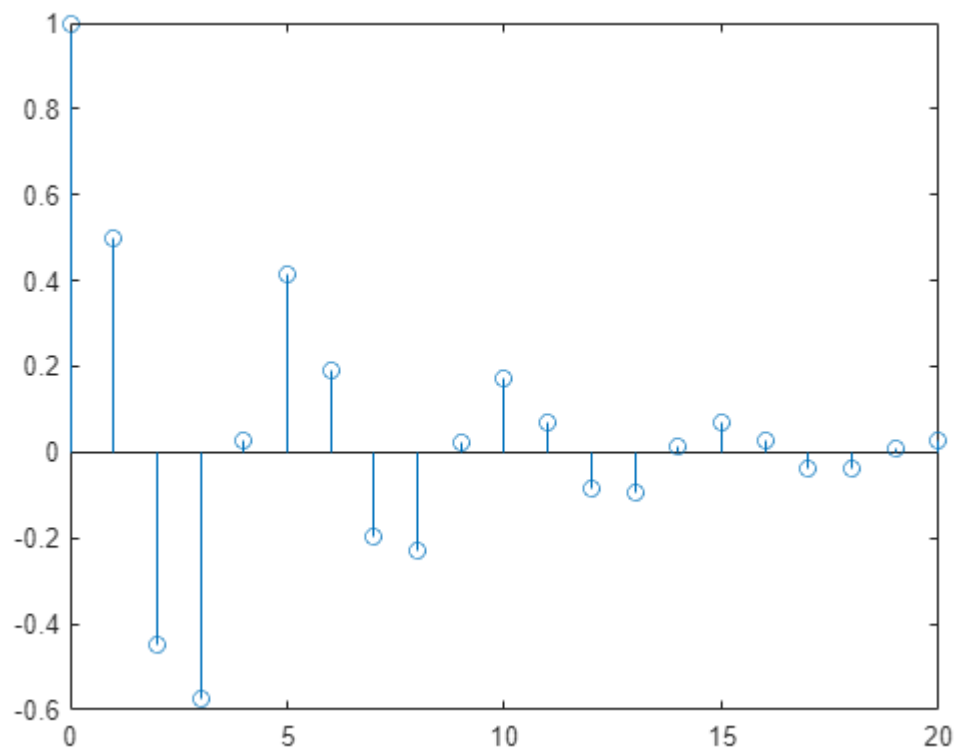


Zadanie 9

Proszę narysować wykres odpowiedzi impulsowej dla $n=0:20$ wyrażonej następującym wzorem:

$$x(n)=y(n)-0.5y(n-1)+0.7y(n-2)$$

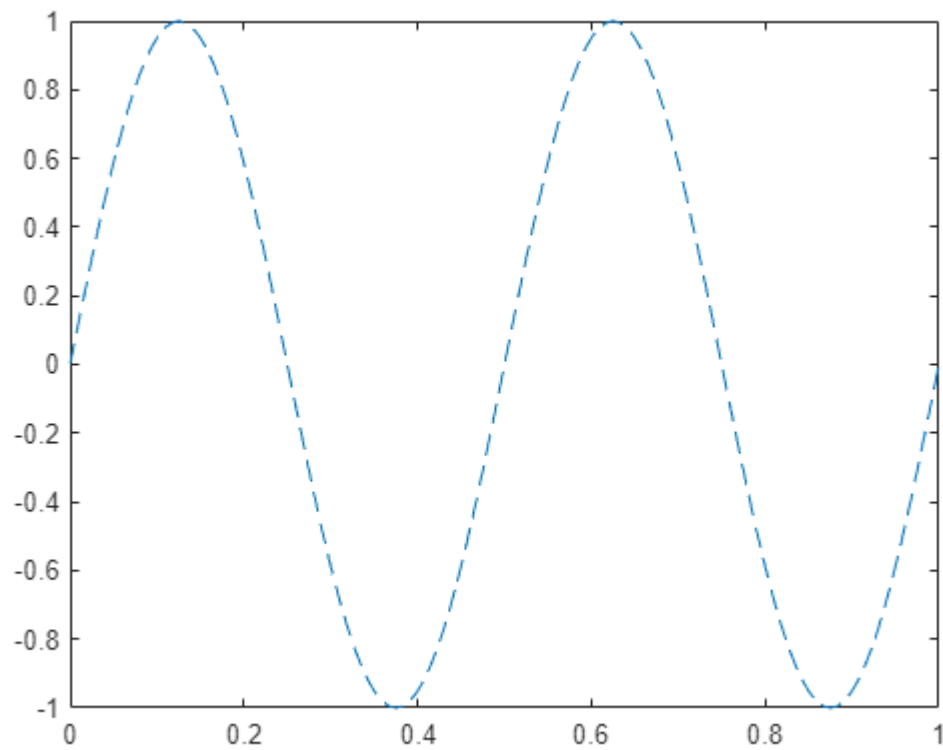
```
clear;
n=0:20;
x=[1,zeros(1,20)];
a=[1];
b=[1 -0.5 0.7];
y=filter(a,b,x);
figure
stem(n,y);
```

Zadanie 10

Proszę wygenerować sygnał sinusoidalny z liczbą próbek $n=128$, $t=k/128$, $k=0:n$; Amplitudą $A=1$ i częstotliwością podstawową $f_0=2$, $p=0$, $y=A*\sin((2*\pi*f_0*t)+p)$.

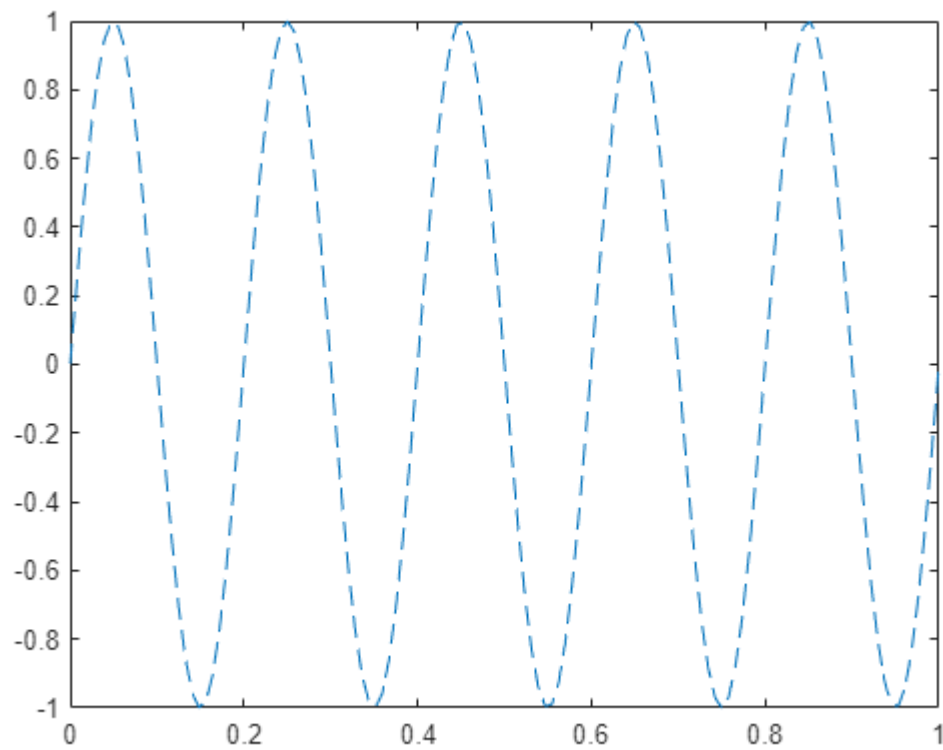
```
clear;
n = 128;
k = 0:n;
t = k/128;
A = 1;
fo = 2;
p = 0;
y = A*sin((2*pi*fo*t)+p);
figure
plot(t, y, '--');
```



Zadanie 11

Proszę wygenerować sygnał sinusoidalny z liczbą próbek $n=128$, $t=k/128$, $k=0:n$; Amplitudą $A=1$ i częstotliwością podstawową $f_0=5$, $p=0$, $y=A*\sin((2*\pi*f_0*t)+p)$.

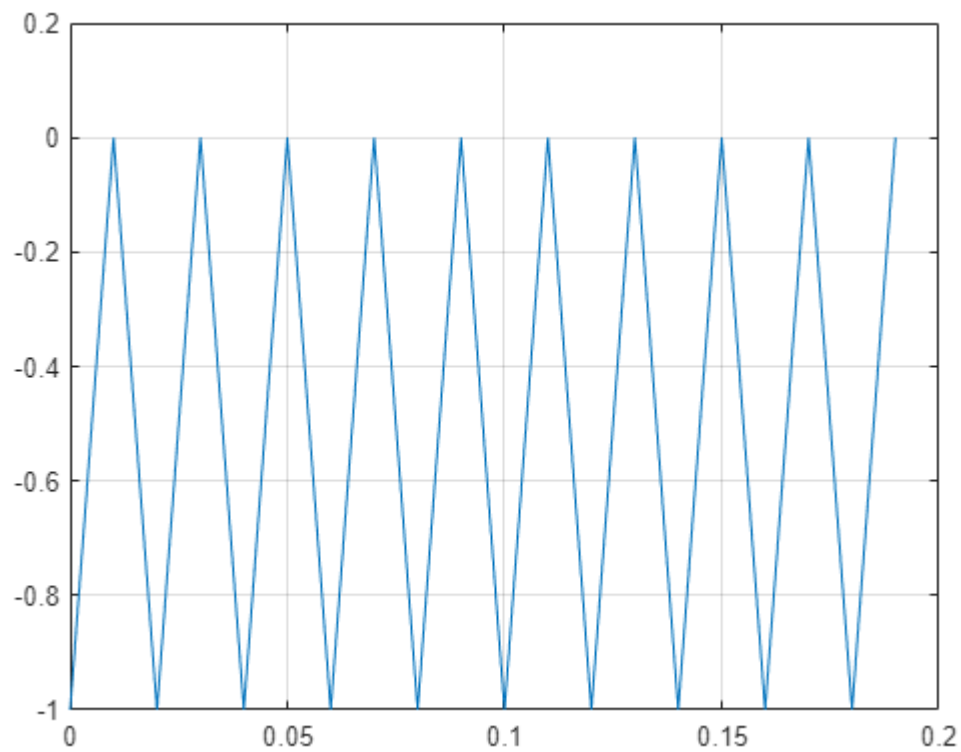
```
clear;
n = 128;
k = 0:n;
t = k/128;
A = 1;
fo = 5;
p = 0;
y = A*sin((2*pi*fo*t)+p);
figure
plot(t, y, '--');
```



Zadanie 12

Na podstawie przykładu, wygenerować wykres pikokształtny dla częstotliwości próbkowania $f_s = 100$.

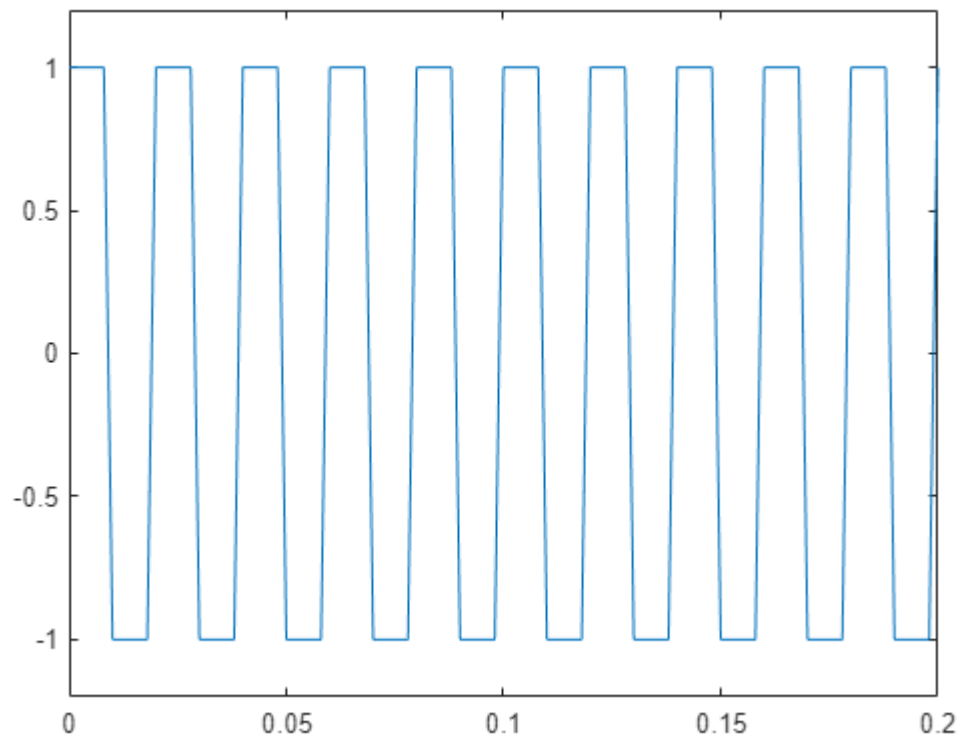
```
clear;  
T = 10*(1/50);  
fs = 100;  
t = 0:1/fs:T-1/fs;  
x = sawtooth(2*pi*50*t);  
plot(t,x)  
grid on
```



Zadanie 13

Na podstawie przykładu, wygenerować wykres prostokątny dla częstotliwości próbkowania $f_s = 500$.

```
clear;
fs = 500;
t = 0:1/fs:1.5;
x = square(2*pi*50*t);
plot(t, x);
axis([0 0.2 -1.2 1.2])
```

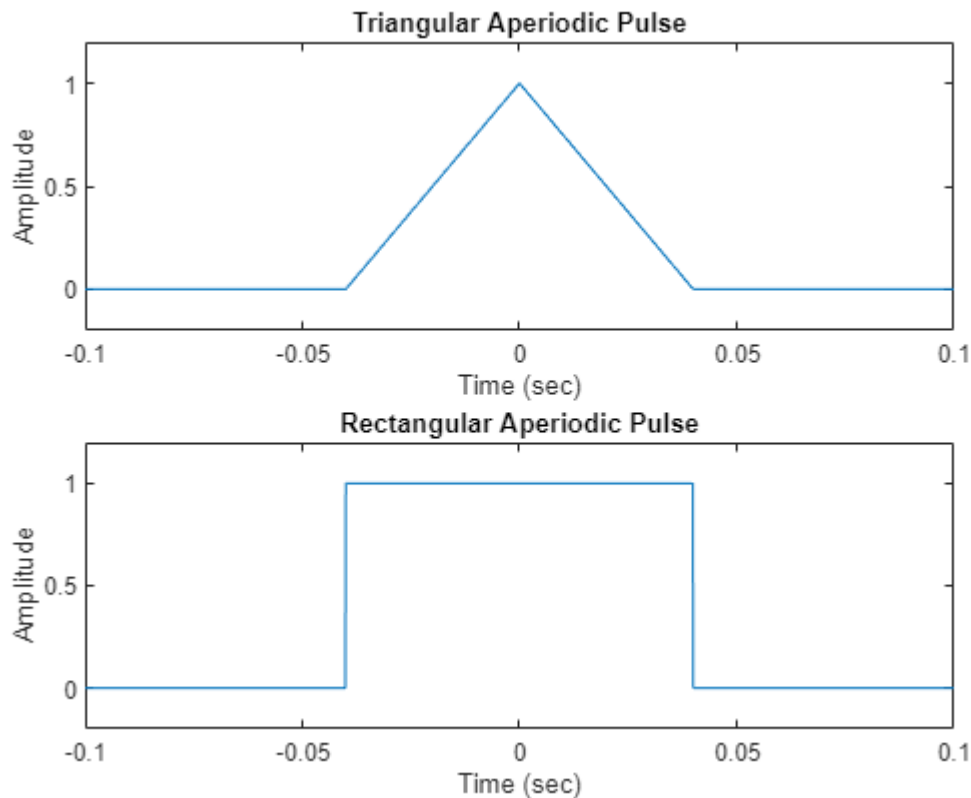


Zadanie 14

Na podstawie przykładu, wygenerować impuls trójkątny i prostokątny o szerokości 0.08.

Proszę użyć funkcji `tripuls()`, `rectpuls()`

```
clear;
fs = 10000;
t = -1:1/fs:1;
x1 = tripuls(t,80e-3);
x2 = rectpuls(t,80e-3);
subplot(2,1,1)
plot(t,x1)
axis([-0.1 0.1 -0.2 1.2])
xlabel('Time (sec)')
ylabel('Amplitude')
title('Triangular Aperiodic Pulse')
subplot(2,1,2)
plot(t,x2)
axis([-0.1 0.1 -0.2 1.2])
xlabel('Time (sec)')
ylabel('Amplitude')
title('Rectangular Aperiodic Pulse')
```



Pytania:

1) W jaki sposób reprezentujemy sygnały cyfrowe na komputerze i w Matlabie?

Sygnały cyfrowe są reprezentowane w postaci wektora liczb, którego indeksy są numerami kolejnych próbek. Można je powiązać np. z dyskretnymi chwilami czasu.

2) Jakie informacje może zawierać sygnał cyfrowy? Wymienić jakieś przykłady?

Sygnał cyfrowy może reprezentować właściwie dowolną mierzalną wielkość, np. temperaturę, położenie, wilgotność, natężenie światła, natężenie dźwięku, ciśnienie itd.

3) Czy Pana/Pani zdaniem da się zamienić sygnały cyfrowe na sygnały analogowe?

Tak, matematycznie wykorzystuje się algorytmy interpolacji. Fizycznie zaś istnieją przetworniki cyfrowo-analogowe (C/A, DAC), które służą do zamiany sygnału cyfrowego na analogowy (najczęściej napięcie).

4) Na czym polega różnica pomiędzy przekazem analogowym a cyfrowym w telewizji?

Sygnał analogowy telewizyjny (np. w formacie NTSC lub PAL) jest przesyłany w postaci zmiennego napięcia (bądź fali). Dowolne wahania tego napięcia (wywołane np. zewnętrznym polem elektromagnetycznym) powodują zakłócenia sygnału. Sygnał cyfrowy jest pozbawiony tej wady, niewielkie wahania napięcia nie mają wpływu na jego jakość. Ponadto istnieją metody weryfikacji poprawności przekazu (sumy kontrolne).

5) Czy sygnał cyfrowy może mieć wiele wymiarów?

Nie, sygnał cyfrowy jest ograniczony do dwóch wymiarów. Natomiast może być określony w różnych przestrzeniach (zawierać inne informacje niż tylko zmiana w czasie).

6) Czy częstotliwość próbkowania jest ważna?

Tak, im więcej próbek zostanie pobranych (czyli im większa będzie częstotliwość próbkowania), tym dokładniej końcowy plik cyfrowy odwzoruje oryginał. Wyższa częstotliwość próbkowania zapewnia lepszą jakość reprodukcji sygnału.