

# Laboratorium 8

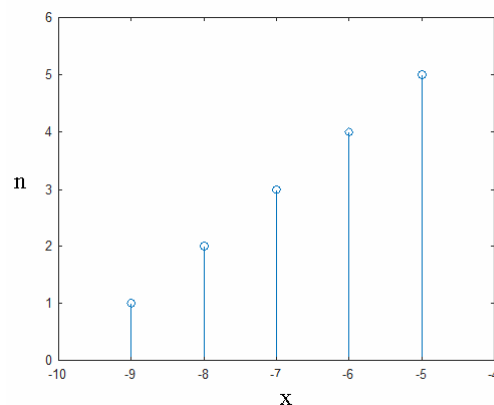
## 1. Sygnały cyfrowe

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.

```
x=[-9, -8, -7, -6, -5]
n=[1, 2, 3, 4, 5]
%plot (x, n)
%bar(x,n)
stem(x,n);
axis([-10 -4 0 6])
```



Rys. 1 Wykres przykładowego ciągu

Dwa inne, istotne z punktu widzenia teorii DSP sygnały cyfrowe to:

1) delta Kroneckera - funkcja dyskretna:

$$d[n] = \begin{cases} 1 & \text{dla } n = 0 \\ 0 & \text{dla } n \neq 0 \end{cases} \quad (1)$$

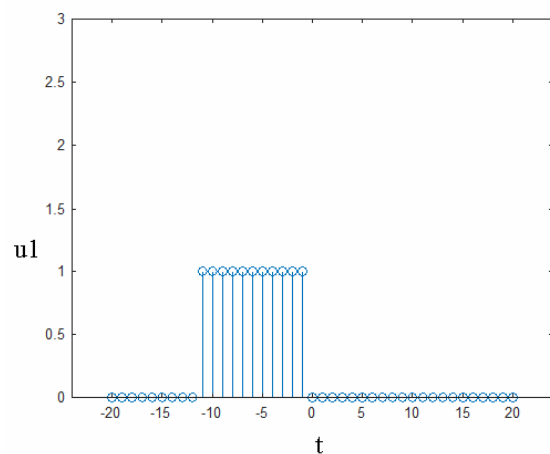
2) skok jednostkowy - jest funkcją nieciągłą która przyjmuje wartość 0 dla ujemnych argumentów i wartość 1 w pozostałych przypadkach:

$$d[n] = \begin{cases} 1 & \text{dla } n \geq 0 \\ 0 & \text{dla } n < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Skok jednostkowy można wyrazić za pomocą kombinacji liniowej delt Kroneckera

$$d[n] = \sum_{k=-\infty}^n d[k] \quad (3)$$

```
t=-20:20;
u1=zeros(1,41);
u1(10:20)=ones(1,11);
stem(t,u1);
axis([-24 24 0 3])
```



Rys. 2 Wykres przykładowego wykresu

Przesunięcie w dziedzinie indeksów (np. czasowych) oznacza, że sygnał poddany jest następującej zmianie:

$$x[n] \text{ ----- opóźnienie } o \text{ ----- } k \text{ ----- } x[n-k] \quad (4)$$

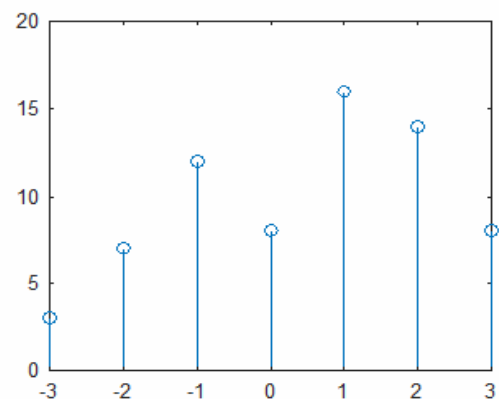
Korzystając z (4) można wyrazić deltę Kroneckera za pomocą kombinacji liniowej przesuniętych skoków jednostkowych.

Inną ciekawą zależnością jest wyrażenie dowolnego ciągu za pomocą kombinacji liniowej przesuniętych delt Kroneckera

$$x[n] = \sum_{k=-\infty}^n x[k] \delta[n-k] \quad (5)$$

Proszę przeanalizować przykład dodawania dwóch sekwencji ( $y3=y1+y2$ )

```
n=-3:3;y1=[1,3,5,6,7,9,2];  
y2=[2,4,7,2,9,5,6];  
y3=y1+y2;  
stem(n,y3)  
%stem(n,y1)  
%stem(n,y2)
```



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).

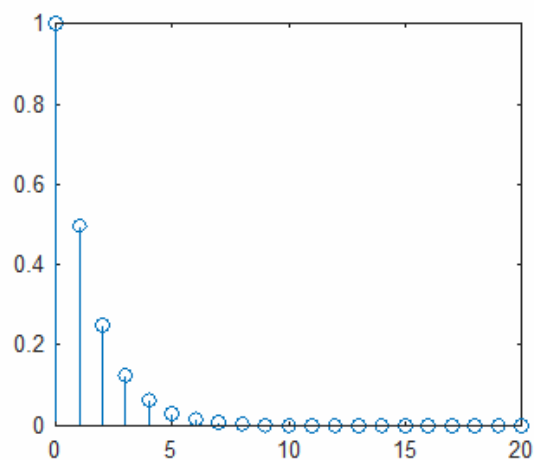
**Def. 2.** Charakterystyka impulsowa (odpowiedź impulsowa) - to odpowiedź układu na wymuszenie w postaci delty Diraca przy zerowych warunkach początkowych. Znajomość odpowiedzi impulsowej pozwala nam przewidzieć odpowiedź układu na każde inne pobudzenie. Odpowiedź układu na dowolne pobudzenie jest bowiem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

*Przykład: W akustyce często wyznacza się odpowiedź impulsową pomieszczenia (np. kościoła) poprzez nagranie w nim krótkiego impulsu dźwiękowego (np. strzału z pistoletu). Pozwala to później na przetwarzanie innych nagrań (splatanie ich z odpowiedzią impulsową pomieszczenia) i w rezultacie otrzymanie takiego efektu, jakby zostały one nagrane w tym właśnie pomieszczeniu.*

Proszę przeanalizować przykład odpowiedzi impulsowej wyrażonej następującym wzorem  $x(n)=y(n)-0.5y(n-1)$

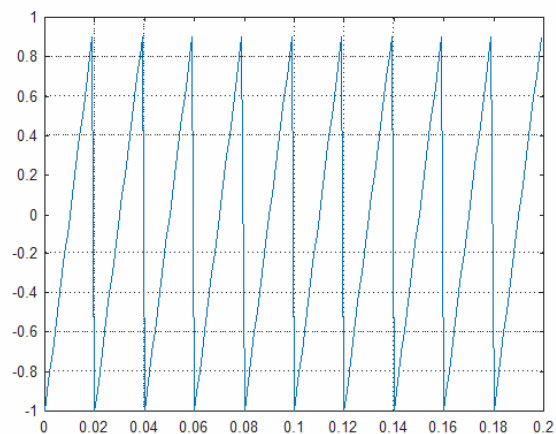
## Przetwarzanie sygnałów cyfrowych

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



Proszę przeanalizować program do generowania sygnału pikokształtnego

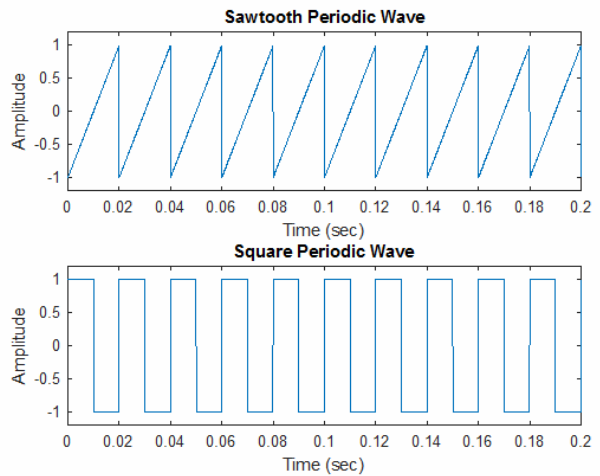
```
T = 10*(1/50);  
fs = 1000;  
t = 0:1/fs:T-1/fs;  
x = sawtooth(2*pi*50*t);  
plot(t,x)  
grid on
```



Proszę przeanalizować program do generowania sygnału pikokształtnego i prostokątnego

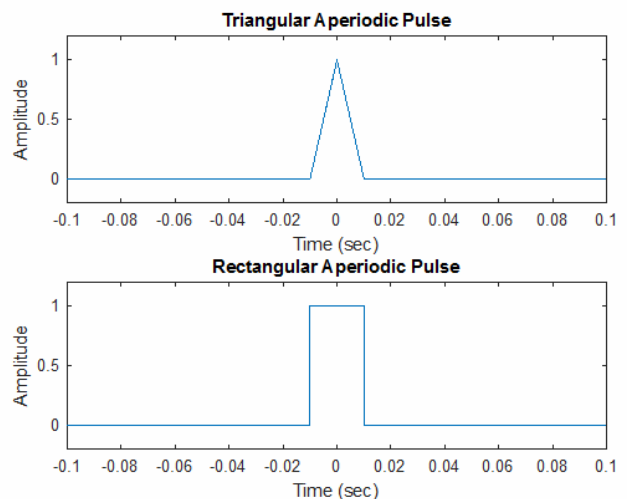
## Przetwarzanie sygnałów cyfrowych

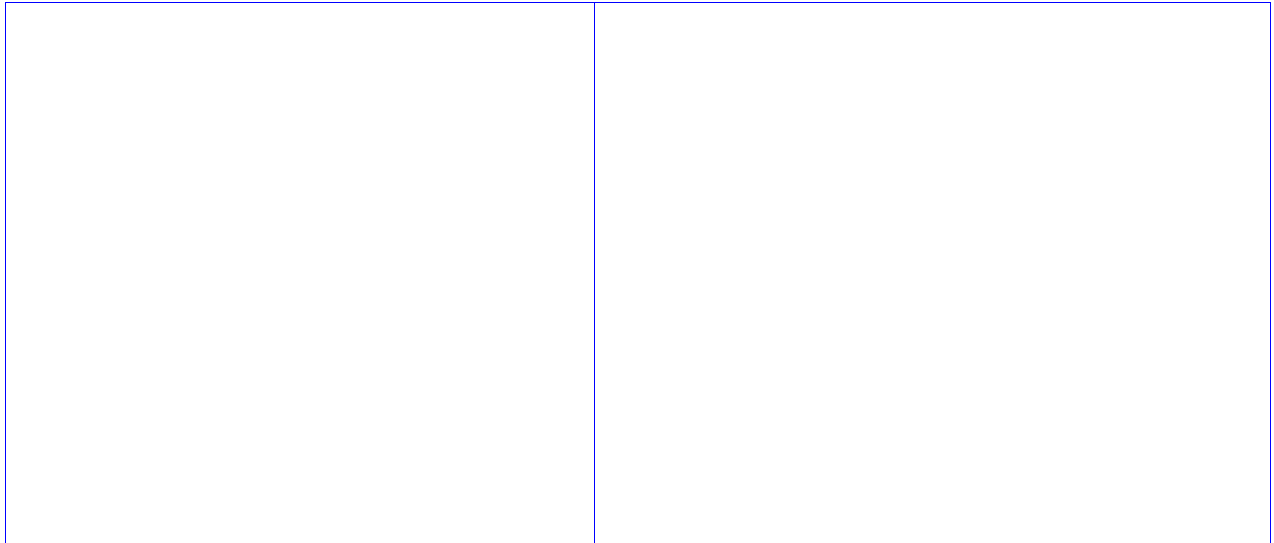
```
fs = 10000;  
t = 0:1/fs:1.5;  
x1 = sawtooth(2*pi*50*t);  
x2 = square(2*pi*50*t);  
subplot(2,1,1)  
plot(t,x1)  
axis([0 0.2 -1.2 1.2])  
xlabel('Time (sec)')  
ylabel('Amplitude')  
title('Sawtooth Periodic Wave')  
subplot(2,1,2)  
plot(t,x2)  
axis([0 0.2 -1.2 1.2])  
xlabel('Time (sec)')  
ylabel('Amplitude')  
title('Square Periodic Wave')
```



Proszę przeanalizować program do generowania impulsu trójkątnego i prostokątnego

```
fs = 10000;  
t = -1:1/fs:1;  
x1 = tripuls(t,20e-3);  
x2 = rectpuls(t,20e-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')
```





### Zadania do wykonania

W sprawozdaniu powinny znaleźć się:

- 1) Informacje na temat w jaki sposób reprezentujemy sygnały cyfrowe na komputerze i Matlabie.
- 2) Wykonane zadania - skrypty w m.plikach oraz otrzymane wykresy.
- 3) Wnioski z przeprowadzonych zadań.

#### Zad. 1

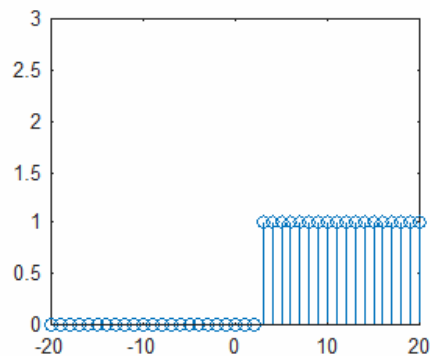
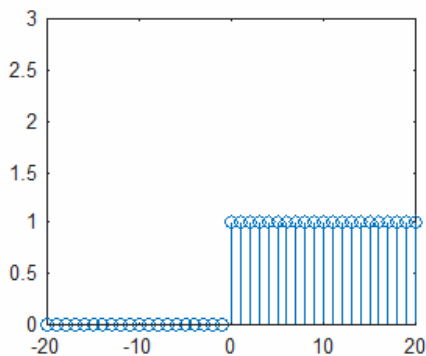
Zapoznać się z podstawami posługiwania się programem MATLAB

#### Zad. 2

Wygenerować i zaprezentować w postaci wykresu:

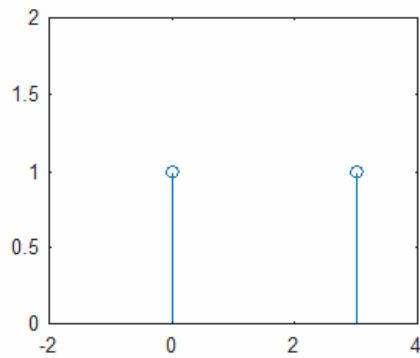
Skok jednostkowy w punkcie zero oraz przesuniętego w czasie (np. w punkcie 3),

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



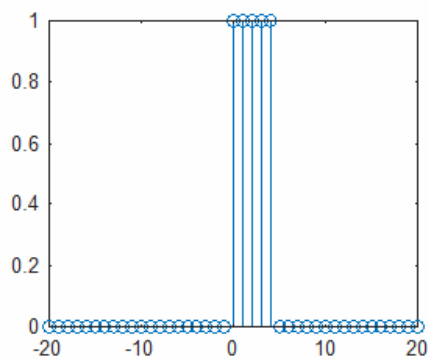
### Zad 3

Wygenerować i zaprezentować w postaci wykresu:  
deltę Kroneckera w punkcie zero oraz przesuniętej w czasie (np. w punkcie 3),



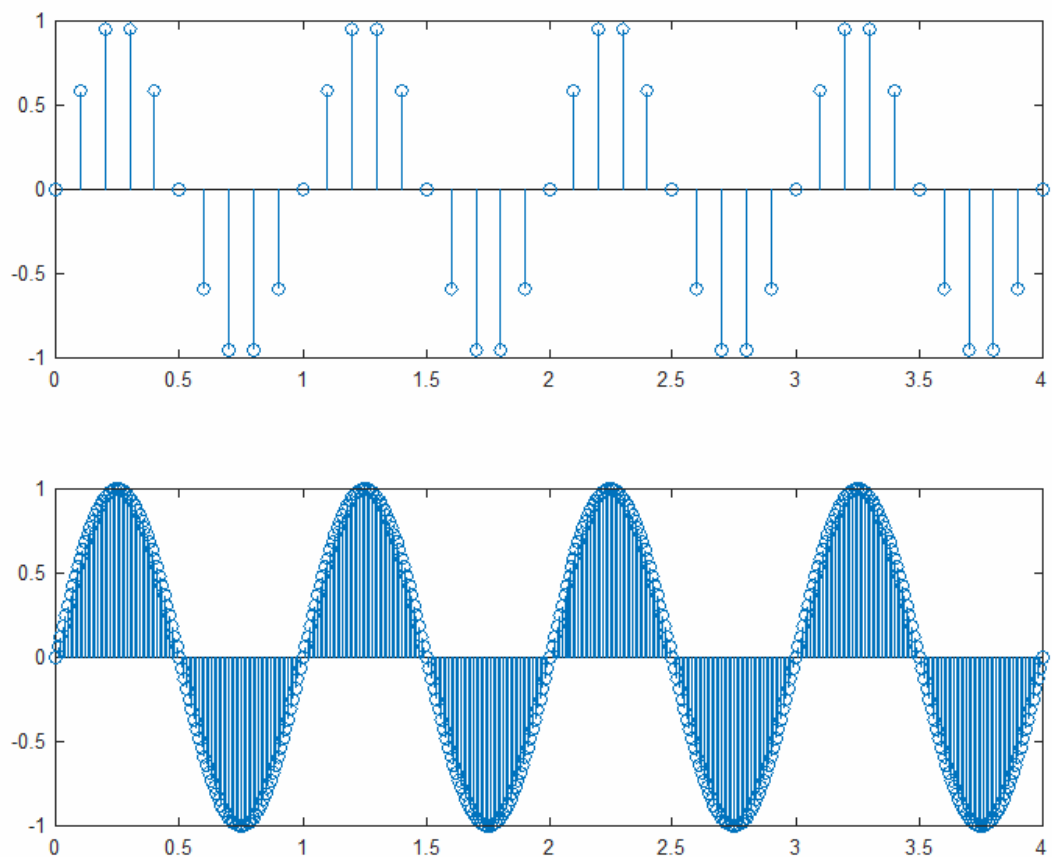
### Zad 4

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



### Zad 5

Wygenerować i zaprezentować w postaci wykresu: próbkowaną sinusoidę z czasem próbkowania  $t_1=0:1/10:4$ ;  
i z czasem próbkowania  $t_2=0:1/100:4$ ;

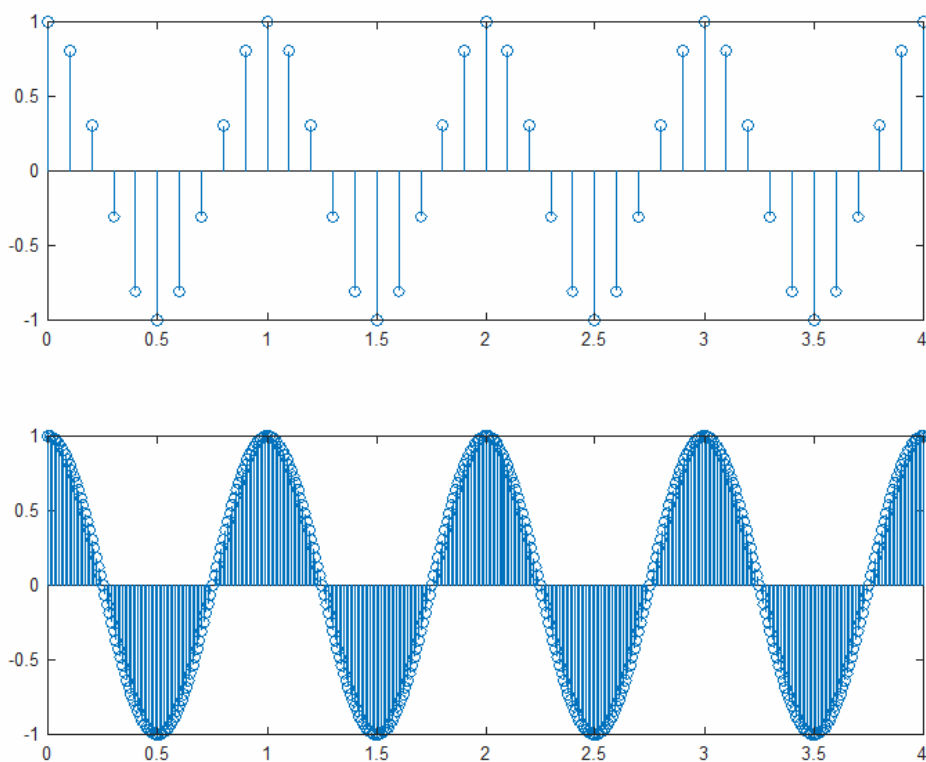


### Zad 6

Wygenerować i zaprezentować w postaci wykresu: próbkowaną kosinusoidę z czasem próbkowania  $t_1=0:1/10:4$ ;  
i z czasem próbkowania  $t_2=0:1/100:4$ ;

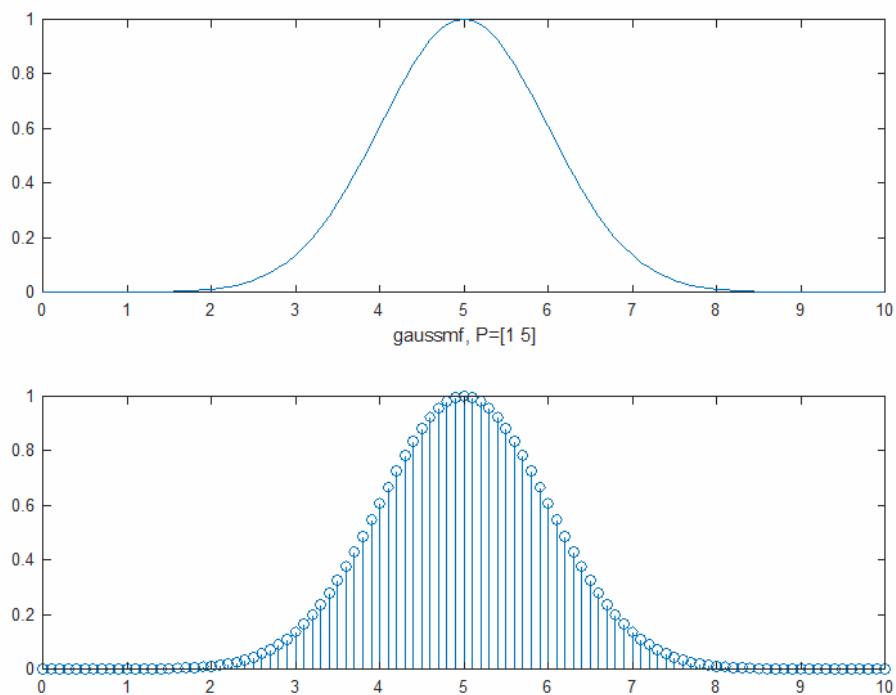


## Przetwarzanie sygnałów cyfrowych



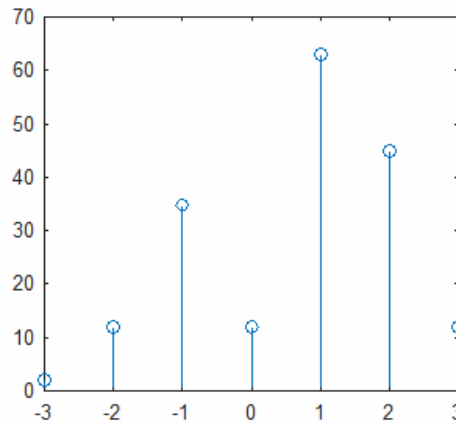
### Zad 7

Wygenerować i zaprezentować w postaci wykresu: próbkowaną krzywą gaussa - funkcja `gaussmf(t,[1 5])` z czasem próbkowania  $t = 0:0.1:10$ .



### Zad 8

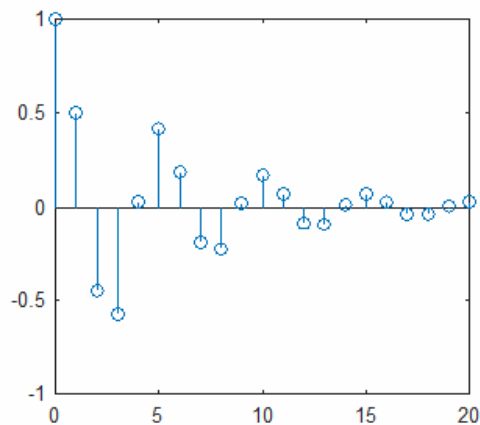
Proszę przemnożyć 2 sygnały  $y_1 = [1, 3, 5, 6, 7, 9, 2]$ ;  $y_2 = [2, 4, 7, 2, 9, 5, 6]$  i wyrysować wynik na wykresie. Mnożenie wykonujemy przez  $\cdot *$  (kropka i gwiazdka)



### Zad 9

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

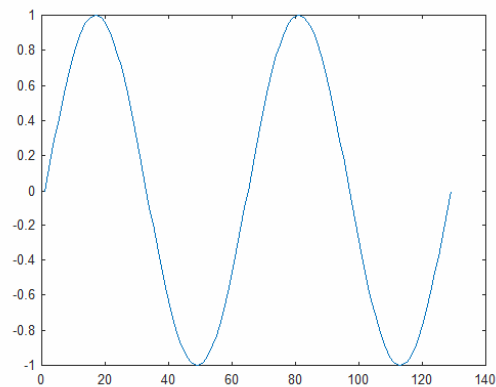
$$x(n) = y(n) - 0.5y(n-1) + 0.7y(n-2)$$



### Zad 10

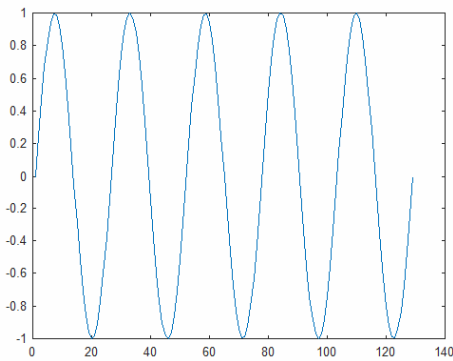
Proszę wygenerować sygnał sinusoidalny z liczbą próbek  $n=128$ ,  $t=k/128$ ,  $k=0:n$ ; Amplitudą  $A=1$  i częstotliwością podstawową  $f_0=2$ ,  $p=0$ ,  $y=A*\sin((2*\pi*f_0*t)+p)$ .

## Przetwarzanie sygnałów cyfrowych



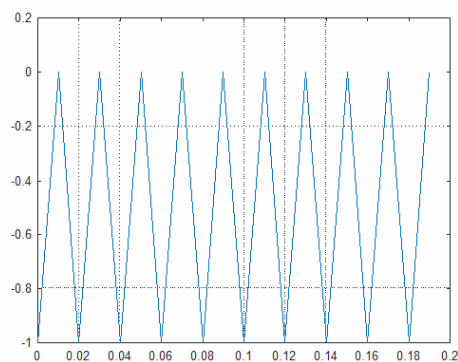
### Zad 11

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



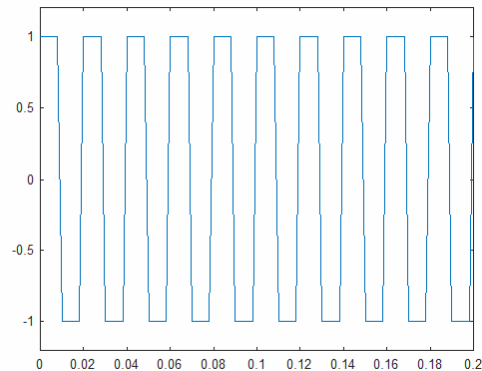
### Zad 12

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



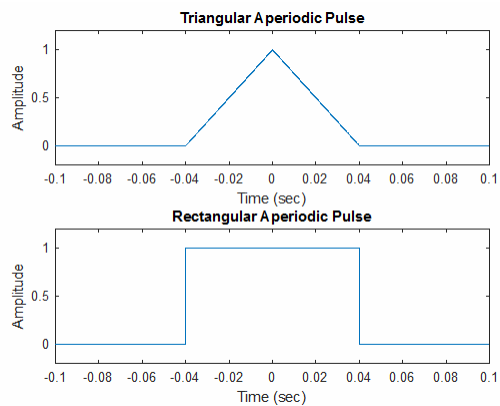
### Zad 13

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



#### Zad 14

Na podstawie przykładu, wygenerować impuls trójkątny i prostokątny o szerokości 0.08  
Proszę użyć funkcji `tripuls()`, `rectpuls()`



#### Pytania

- 1) W jaki sposób reprezentujemy sygnały cyfrowe na komputerze i w Matlabie?
- 2) Jakie informacje może zawierać sygnał cyfrowy? Wymienić jakieś przykłady?
- 3) Czy Pana/Pani zdaniem da się zamienić sygnały cyfrowe na sygnały analogowe?
- 4) Na czym polega różnica pomiędzy przekazem analogowym a cyfrowym w telewizji?
- 5) Czy sygnał cyfrowy może mieć wiele wymiarów?
- 6) Czy częstotliwość próbkowania jest ważna?