

Sygnały cyfrowe

Mateusz Wójcik, 5.12.2024

Zajęcia dotyczą sygnałów cyfrowych, ograniczeń z nimi związanych, takich jak utrata pewnej liczby informacji oraz operacji jakich na takich sygnałach jesteśmy w stanie przeprowadzać. W trakcie zajęć zapoznaliśmy się z konspektem dotyczącym sygnałów cyfrowych, z wykorzystaniem takich funkcji jak **delta Kroneckera** oraz **skok jednostkowy**, oraz np. wzór na spłot sygnału próbkowanego. Zajęcia polegały na rozwijaniu kolejnych zadań i odpowiedzeniu na pytania.

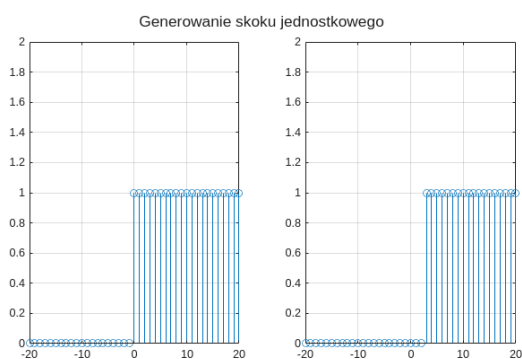
Zad 1

Z podstawami programu Matlab zapoznawaliśmy się na dotychczasowych zajęciach.

Zad 2

Wygenerowano na dwóch wykresach skoki jednostkowe przesunięte względem siebie.

```
N = 20;  
t = -N:N;  
u0 = double(t >= 0);  
u3 = double(t >= 3);  
figure()  
subplot(121)  
stem(t,u0)  
grid on  
axis([-20 20 0 2])  
  
subplot(122)  
stem(t,u3)  
grid on  
axis([-20 20 0 2])  
sgtitle("Generowanie skoku jednostkowego")
```



Zad 3

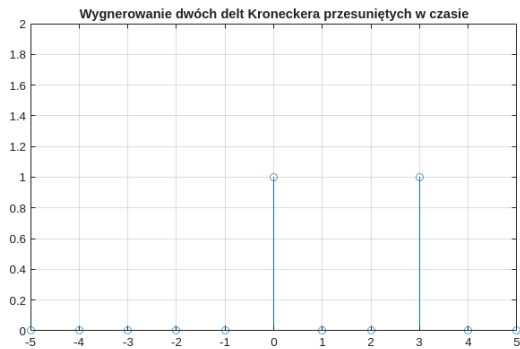
Wygenerowanie dwóch delt Kroneckera przesuniętych w czasie.

```
N = 5;  
t = -N:N;  
u0 = double(t == 0);  
u3 = double(t == 3);
```

```

signal = u0 + u3;
figure()
stem(t,signal)
title("Wygnerowanie dwóch delt Kroneckera przesuni tych w czasie")
grid on
axis([-N N 0 2])

```



Zad 4

Wygenerowanie różnicy skoków jednostkowych przesuniętych w czasie.

```

N = 20;
t = -N:N;
u0 = double(t >= 0);
u5 = double(t >= 5);
signal = u0 - u5;
figure()
stem(t,signal)
title("Wygenerowanie różnicy skoków jednostkowych przesuniętych w czasie")
grid on
axis([-N N 0 2])

```



Zad 5

Generowanie sinusoid o różnym czasie próbkowania.

```

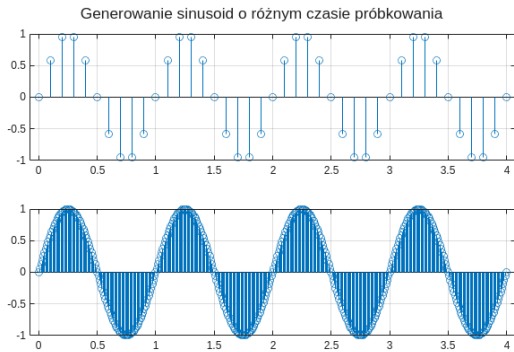
t1=0:1/10:4;
t2=0:1/100:4;

sin1 = sin(2*pi*t1);
sin2 = sin(2*pi*t2);

```

```
figure()
subplot(211)
stem(t1,sin1)
grid on

subplot(212)
stem(t2,sin2)
grid on
sgtitle("Generowanie sinusoid o różnym czasie próbkowania")
```



Zad 6

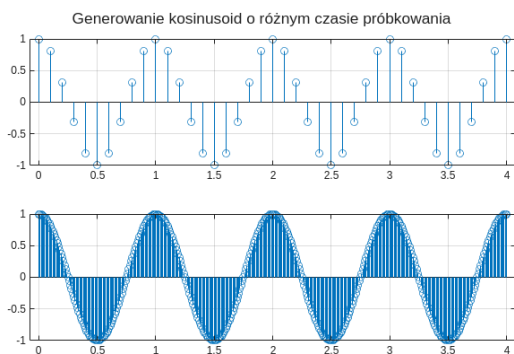
Generowanie sinusoid o różnym czasie próbkowania.

```
t1=0:1/10:4;
t2=0:1/100:4;

cos1 = cos(2*pi*t1);
cos2 = cos(2*pi*t2);

figure()
subplot(211)
stem(t1,cos1)
grid on

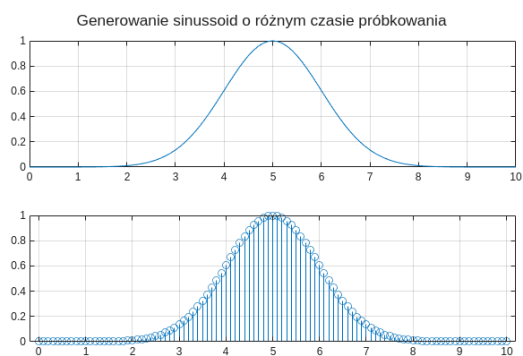
subplot(212)
stem(t2,cos2)
grid on
sgtitle("Generowanie kosinusoid o różnym czasie próbkowania")
```



Zad 7

Generowanie rozkładu Gaussa.

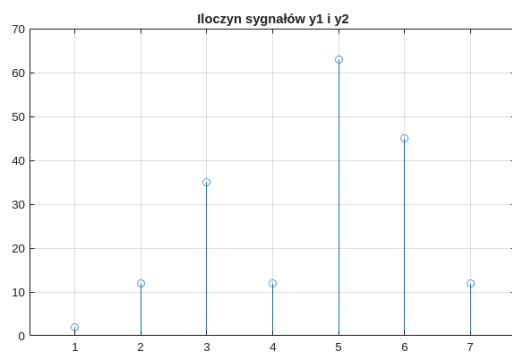
```
t = 0:0.1:10.;  
sig = gaussmf(t,[1 5]);  
  
figure()  
subplot(211)  
plot(t,sig)  
grid on  
  
subplot(212)  
stem(t,sig)  
grid on  
sgtitle("Generowanie sinusoid o różnym czasie próbkowania")
```



Zad 8

Wygenerowanie iloczynu sygnałów y1 i y2.

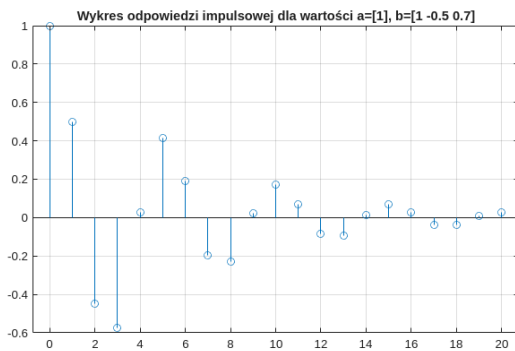
```
y1=[1,3,5,6,7,9,2];  
y2=[2,4,7,2,9,5,6];  
y = y1.*y2;  
figure()  
stem(y)  
grid on  
title("Iloczyn sygnałów y1 i y2")
```



Zad 9

Generowanie odpowiedzi impulsowej dla wartości $a=[1]$, $b=[1 \ -0.5 \ 0.7]$.

```
n=0:20;  
x=[1,zeros(1,20)];  
a=1;  
b=[1 -0.5 0.7];  
y=filter(a,b,x);  
stem(n,y)  
grid on  
title("Wykres odpowiedzi impulsowej dla wartości a=[1], b=[1 -0.5 0.7]")
```

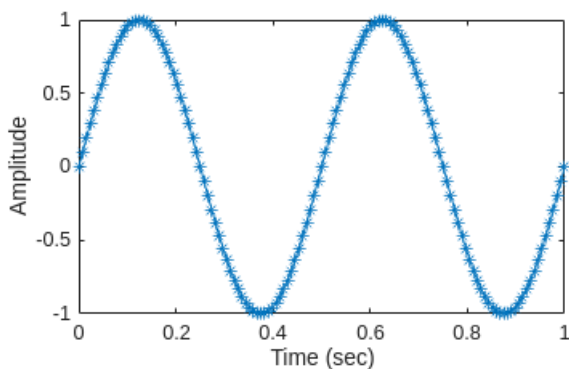


Zad 10

Generowanie sygnału sinusoidalnego.

```
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, '*-')  
xlabel('Time (sec)')  
ylabel('Amplitude')
```

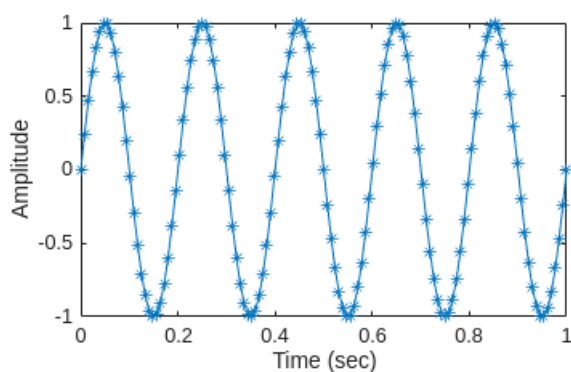


Zad 11

Generowanie sygnału sinusoidalnego.

```
n=128;  
k=0:n;  
t=k/128;  
A = 1;  
fo = 5;  
p = 0;  
y=A*sin((2*pi*fo*t)+p);
```

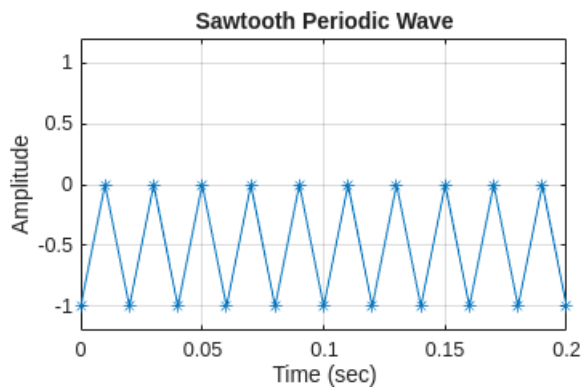
```
figure  
plot(t,y, "*-")  
xlabel('Time (sec)')  
ylabel('Amplitude')
```



Zad 12

Generowanie sygnału pikokształtnego dla częstotliwości próbkowania $f_s = 100$.

```
fs = 100;  
t = 0:1/fs:1.5;  
y = sawtooth(2*pi*50*t);  
  
figure()  
plot(t,y,"*-")  
axis([0 0.2 -1.2 1.2])  
grid on  
xlabel('Time (sec)')  
ylabel('Amplitude')  
title('Sawtooth Periodic Wave')
```



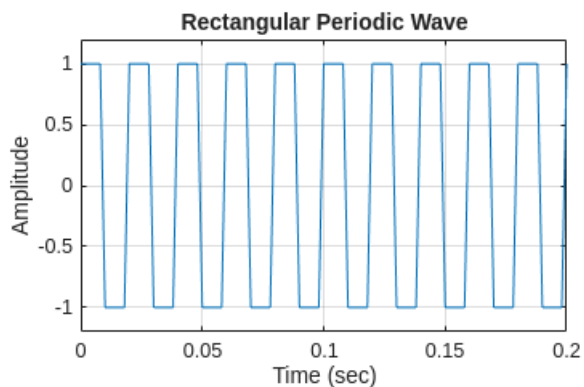
Można zauważyć, że z powodu zbyt małej częstotliwości próbkowania został tutaj przedstawiony sygnał tylko o wartościach ujemnych.

Zad 13

Generowanie sygnału prostokątnego dla częstotliwości próbkowania $f_s = 500$.

```
fs = 500;
t = 0:1/fs:1.5;
y = square(2*pi*50*t);

figure()
plot(t,y)
axis([0 0.2 -1.2 1.2])
grid on
xlabel('Time (sec)')
ylabel('Amplitude')
title('Rectangular Periodic Wave')
```



Można zauważyć, że dla sygnału prostokątnego zbocze nie jest idealnie pionowo nachylone, co jest związane z odległościami pomiędzy kolejnymi punktami.

Zad 14

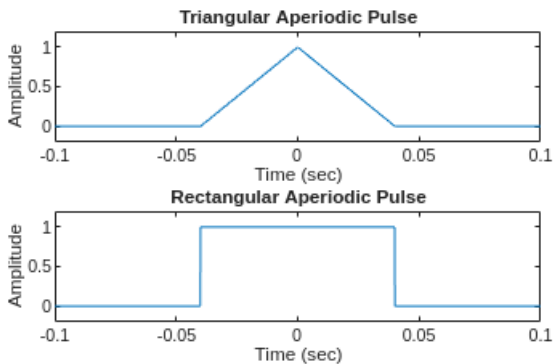
Generowanie impulsu trójkątnego i prostokątnego o szerokości 0.08.

```
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 na komputerze są reprezentowane jako pewien określony ciąg zer i jedynek, tzn. bitów informacji. Matlab jest kolejną warstwą abstrakcji (po systemie operacyjnym, itd.) między komputerem, a użytkownikiem, która pozwala na przechowywanie tablic liczb w postaci zmiennoprzecinkowej, która jest określona bezpośrednio w odpowiedniej normie międzynarodowej. To pozwala użytkownikowi na przetwarzanie sygnałów cyfrowych w sposób bardziej intuicyjny i zbliżony do matematycznych rozwiązań.

2) Jakie informacje może zawierać sygnał cyfrowy? Wymień jakie przykłady?

Sygnał cyfrowy przenosi informacje w postaci dyskretnych wartości, takich jak "0" i "1". Może zawierać dane tekstowe (np. wiadomości e-mail), multimedialne (dźwięk MP3, wideo, obrazy JPEG), pomiarowe (wyniki z czujników), oraz sieciowe (pakiety TCP/IP). W automatyce steruje urządzeniami (PLC, silniki), a w systemach komputerowych przenosi dane binarne (instrukcje, pliki). Służy do synchronizacji czasowej, przesyłania danych szyfrowanych (HTTPS) czy informacji o lokalizacji (GPS). Może sygnalizować stan systemu (flagi, błędy) i działa zgodnie z określonymi protokołami lub standardami, które definiują jego format i interpretację.

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

Tak, istnieje cała grupa komponentów - przetwornik cyfrowo-analogowy (DAC), która realizuje tę operację, a następnie przenosi analogowy sygnał np. na drgania membrany głośnika, które powodują dźwięk. Dzieje się to oczywiście z pewną rozdzielczością, która zależy od przetwornika, który wykorzystuje się w danej aplikacji.

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

Telewizja analogowa i cyfrowa różni się sposobem transmisji sygnału, co wpływa na jakość odbioru i funkcjonalność. Telewizja analogowa przesyła obraz i dźwięk w sposób ciągły za pomocą fal elektromagnetycznych. Jest prosta w odbiorze, a starsze telewizory nie wymagają dodatkowego sprzętu. Jednak jej jakość zależy od siły sygnału i warunków przesyłu sygnału (np. warunków atmosferycznych) – zakłócenia powodują szумы i zniekształcenia. Analogowe pasmo częstotliwościowo pozwala na przesył jednego kanału, co jest nieefektywne. Z kolei telewizja cyfrowa przesyła skompresowane dane, co umożliwia transmisję wielu kanałów w jednym paśmie. Oferuje wysoką jakość obrazu i dźwięku, obsługę HD i dodatkowe funkcje, takie jak elektroniczny przewodnik po programach (EPG). Jednak cyfrowy sygnał wymaga odpowiedniego sprzętu i stabilności – przy jego braku obraz może całkowicie zanikać. Telewizja cyfrowa lepiej wykorzystuje pasmo, ale starszy sprzęt wymaga dekodowników, co może być utrudnieniem.

5) Czy sygnał cyfrowy może mieć wiele wymiarów?

Sygnał cyfrowy może mieć wiele wymiarów. Przykładem wielowymiarowości jest np. obrazy cyfrowe, filmy, dźwięk wielokanałowy (np. stereo lub surround) czy sygnały w systemach MIMO w telekomunikacji. W systemach wielokanałowych każdy kanał jest traktowany jako osobny wymiar, a w obrazach cyfrowych piksel może być wektorem (np. w przestrzeni RGB, lub innych sposobach kodowania koloru). W zastosowaniach sygnały wielowymiarowe pojawiają się w obrazowaniu medycznym (np. tomografia 3D lub 4D z czasem), czy w analizie danych z sensorów IoT (np. temperatura, wilgotność, ciśnienie).

6) Czy częstotliwość próbkowania jest ważna?

Na podstawie tych i wcześniejszych zajęć laboratoryjnych można odpowiedzieć na to pytanie twierdząc. W zależności z jakim sygnałem mamy do czynienia, częstotliwość próbkowania jest kluczowa jeżeli liczymy na odpowiednie odwzorowanie sygnału, o czym mówi twierdzenie Nyquista-Shannona. W tym laboratorium można było zauważyć negatywny wpływ doboru złej częstotliwości m.in. w zadaniu 12.

Wnioski

Na zajęciach laboratoryjnych ugruntowano wiedzę na temat sygnałów cyfrowych i ich ograniczenia dotyczącego wiernego odwzorowania sygnałów analogowych. Oprócz tego powtórzono i utrwalono wiedzę z generowania podstawowych przebiegów funkcyjnych. Na pewno trzeba mieć wiadomość, że przechodząc z sygnału analogowego na cyfrowy bezpowrotnie tracimy część informacji, która była zawarta w tym sygnale. Natomiast dzięki wiadomości tych ograniczeń i konsekwencji jakie ze sobą niesie jesteśmy w stanie efektywnie wykorzystywać sygnały cyfrowe i uzyskiwać bardzo dobre przybliżenia.