

Politechnika Poznańska
Wydział Informatyki i Telekomunikacji

Wstęp do Cyfrowego Przetwarzania Sygnałów - Laboratorium

Próbkowanie i odtwarzanie sygnałów analogowych

1. Ćwiczenie

I - Aliasing.m:

Symulacje:

- a) E=1 t=0:0.01:5 $T_s = 1/4$, $T_s = 1/2$, $T_s = 1$
b) E=10 t=0:0.01:50 $T_s = 1/4$, $T_s = 1/2$, $T_s = 1$

1. Określić częstotliwości próbkowania jeżeli odstęp T_s między próbkami równa się: $1/4$, $1/2$, 1 sekundy
2. Odczytać w każdym przypadku
 - a) wartość X_s w punkcie $f_s/2$
 - b) maksymalną wartość X_s w punkcie $f=0$
3. Jaki jest wpływ częstotliwości próbkowania na wartość aliasingu?
4. Od czego zależy lokalizacja "repetycji" w widmie sygnału spróbkowanego?
5. Podać przyczynę zmiany wartości X_s (= w osi Y) gdy zmienia się T_s
6. Jaka jest relacja między czasem trwania sygnału $x(t)$ a szerokością jego widma?
7. **Wyliczyć** transformatę Fouriera sygnału analogowego $x(t)$

II - Sampling1.m

Symulacje:

- a) $T_s=0.01$; (odstęp między próbkami)
b) $T_s=0.05$;
c) $T_s=0.1$;

Zadania

1. Obliczyć częstotliwość f i okres T sygnału analogowego x_a
2. Ustalić relacje między odstępem między próbkami T_s a okresem sygnału analogowego T ,
w każdym przypadku
3. Ustalić relacje między częstotliwością próbkowania f_s a częstotliwością sygnału analogowego f ,
w każdym przypadku
4. Zarejestrować sygnały spróbkowane oraz odtworzone i zinterpretować otrzymane rezultaty
5. Wyznaczyć częstotliwość i amplitudę sygnału analogowego odtworzonego z próbek
(na podstawie centralnej części rys)

Sygnał jest w przybliżeniu poprawnie odtworzony z próbek, jeżeli jego amplituda i częstotliwość są takie jak w pierwotnym sygnale analogowym

II - Sampling1.m

Symulacje:

- a) $n=0:N$;
- b) $n=0.4:N$;
- c) $n=0.5:N$;

Zadania

6. Zarejestrować sygnały: analogowy, (x_a), analogowy próbkowany (x_p) i sygnał odtworzony (x_o)

przy różnych wartościach momentu rozpoczęcia próbkowania, czyli:
 $n=0:N$ $n=0.4:N$ $n=0.5:N$

7. Zinterpretować otrzymane rezultaty

2. Wzór sprawozdania

Wstęp do cyfrowego przetwarzania sygnałów - laboratorium		
Temat:		
Imię i nazwisko:		
Data ćwiczenia:	Data oddania sprawozdania:	Ocena:

Sprawozdanie powinno zawierać:

- Wykresy otrzymanych przebiegów,
- Odpowiedzi na pytania,
- Wnioski!

```

clear;

t=0:0.01:5;
f=-10:0.001:10;
Ts=1/4; fs=1/Ts; % odstęp między próbkami;
częstotliwość próbkowania

E=1; % parametr
x=exp(-t/E); %
sygnał analogowy
X=1./(1/E+1i*2*pi*f); %
Widmo sygnału analogowego

% Widmo sygnału spróbkowanego
Xs=zeros(size(f));
for n=0:10*E/Ts
    Xs=Xs+exp(-n*Ts/E)*exp(-1i*2*pi*f*n*Ts);
end

subplot(3,1,1); plot(t,x);title('x(t)');grid;
subplot(3,1,2); plot(f,abs(X));xlabel('f(Hz)');title('Widmo modułu X(f)');grid;
subplot(3,1,3); plot(f,abs(Xs));xlabel('f(Hz)');title('Widmo modułu Xs(f)');grid;

%-----
% Symulacje:

% a) E=1 t=0:0.01:5 Ts =1/4, Ts =1/2, Ts =1
% b) E=10 t=0:0.01:50 Ts =1/4, Ts =1/2, Ts =1

%-----
% Zadania

% 1. Określić częstotliwości próbkowania jeżeli odstęp Ts między próbkami
% równa się: 1/4, 1/2, 1 sekundy
% 2. Odczytać w każdym przypadku
% a) wartość Xs w punkcie fs/2
% b) maksymalną wartość Xs w punkcie f=0

% 3. Jaki jest wpływ częstotliwości próbkowania na wartość aliasingu?
% 4. Od czego zależy lokalizacja "repetycji" w widmie sygnału spróbkowanego?

% 5. Podać przyczynę zmiany wartości Xs (= w osi Y) gdy zmienia się Ts
% 6. Jaka jest relacja między czasem trwania sygnału x(t) a szerokością jego widma?

% 7. Wyliczyć transformatę Fouriera sygnału analogowego x(t)

```

PRÓBKOWANIE I ODTWARZANIE - CZ1

```
clear;

tmax=1;
t=0:0.001:tmax;
xa=cos(20*pi*t); % sygnał
analogowy

Ts=0.01; % odstęp
między próbkami
% Ts=0.05;
% Ts=0.1;

fs=1/Ts; %
częstotliwość próbkowania
N=round(tmax/Ts); n=0:N;

xp=cos(20*pi*n*Ts); % sygnał
spróbkowany

subplot(1,2,1); plot(t,xa,n*Ts,xp,'r.','MarkerSize',15); grid;
ylabel('xa(t), xp(t)'); title('Próbkowanie sygnału analogowego xa z odstępem Ts');

% sygnał
odtworzony z próbek

xo=xp*sinc(fs*(ones(length(n),1)*t-(n*Ts)*ones(1,length(t))));

subplot(1,2,2); plot(t,xo);
ylabel('xo(t)'); title('Sygnał odtworzony z próbek');grid;

%-----
% Symulacje:

% a) Ts=0.01; % odstęp między próbkami
% b) Ts=0.05;
% c) Ts=0.1;

%-----
% Zadania

% 1. Obliczyć częstotliwość f i okres T sygnału analogowego xa
% 2. Ustalić relacje między odstępem między próbkami Ts a okresem sygnału analogowego T,
% w każdym przypadku
% 3. Ustalić relacje między częstotliwością próbkowania fs a częstotliwością sygnału
analogowego f,
% w każdym przypadku

% 4. Zarejestrować sygnały spróbkowane oraz odtworzone i zinterpretować otrzymane
rezultaty
% 5. Wyznaczyć częstotliwość i amplitudę sygnału analogowego odtworzonego z próbek
% (na podstawie centralnej części rys)

% Sygnał jest w przybliżeniu poprawnie odtworzony z próbek, jeżeli jego amplituda i
częstotliwość
% są takie jak w pierwotnym sygnale analogowym
```



```

clear;

tmax=1;
t=0:0.001:tmax;
xa=cos(20*pi*t);                                % sygnał
analogowy

Ts=0.05; N=round(tmax/Ts); fs=1/Ts;              % Próbkowanie

n=0:N;
% n=0.4:N;
% n=0.5:N;

xp=cos(20*pi*n*Ts);                              % sygnał
spróbkowany

subplot(1,2,1); plot(t,xa,n*Ts,xp,'r.','MarkerSize',15); grid;
ylabel('xa(t), xp(t)');
title('Próbkowanie sygnału analogowego xa z odstępem Ts');

% Odtwarzanie

xo=xp*sinc(fs*(ones(length(n),1)*t-(n*Ts)*ones(1,length(t))));

subplot(1,2,2); plot(t,xo); grid;
ylabel('xo(t)'); title('Sygnał xo odtworzony z próbek');

%-----
%-----
% Symulacje:

% a) n=0:N;
% b) n=0.4:N;
% c) n=0.5:N;

%-----
%-----
% Zadania

% 6. Zarejestrować sygnały: analogowy,(xa), analogowy spróbkowany (xp) i sygnał
odtworzony (xo)
% przy różnych wartościach momentu rozpoczęcia próbkowania, czyli:
% n=0:N    n=0.4:N    n=0.5:N

% 7. Zinterpretować otrzymane rezultaty

```


Wstęp do cyfrowego przetwarzania sygnałów - laboratorium		
Temat: Aliasing, sampling		
Imię i nazwisko: Marcel Garczyk		
Data ćwiczenia: 23.03.22r.	Data oddania sprawozdania: 23.03.22r.	Ocena:

I. Aliasing.m

1. Określić częstotliwości próbkowania jeżeli odstęp T_s między próbkami równa się: $1/4$, $1/2$, 1 sekundy.

E = 1 t = 0:0.01:5			E = 10 t = 0:0.01:50		
Ts					
1/4	1/2	1	1/4	1/2	1
fs					
4	2	1	4	2	1

1 pkt



2. Odczytać w każdym przypadku:

a) Wartość X_s w dla $f = f_s/2$

E = 1 t = 0:0.01:5			E = 10 t = 0:0.01:50		
Ts					
1/4	1/2	1	1/4	1/2	1
Xs					
0.527	0.62	0.723	0.6	0.42	0.47



~możesz?

2,5 pkt

b) Wartość X_s w dla $f = 0$

E = 1 t = 0:0.01:5			E = 10 t = 0:0.01:50		
Ts					
1/4	1/2	1	1/4	1/2	1
Xs					
4.5	2.5	1.6	40.5	20.5	10.5

✓

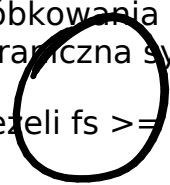
0 pkt

3. Jaki jest wpływ częstotliwości próbkowania na wartość aliasingu?

f_s - częstotliwość próbkowania

f_{gr} - częstotliwość graniczna sygnału

Aliasing nie wystąpi jeżeli $f_s \geq 2 \cdot f_{gr}$, jeżeli $f_s < 2 \cdot f_{gr}$, to wtedy wystąpi aliasing.



A jak to się ma do obserwowanego sygnału?

2 pkt + 1 pkt wniosek

4. Kolejne repetycje pojawiają się (mają swój środek) w kolejnych wielokrotnościach f_s .

✓

5. Zwiększenie okresu próbkowania T_s powoduje zmianę wykresu widma modułu $X_s(f)$

staje się ono węższe co powoduje, że dla tych samych f wypadają inne wartości X_s dla różnych T_s .

Ale co tam się dokładnie dzieje?

6. Im dłuższy czas trwania sygnału $x(t)$ tym jego widmo jest szersze.

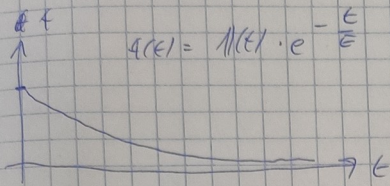
0 pkt

Odbioranie!

7. Transformata

2.7 CATEC

4 pkt



$$f(t) = \frac{1}{t} \cdot e^{-\frac{t}{\epsilon}}$$

$$F\{f(t)\} = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \cdot e^{-\frac{t}{\epsilon}} \cdot e^{-j\omega t} dt = \int_0^{\infty} e^{-t(\frac{1}{\epsilon} + j\omega)} dt =$$

$$= 0 - \frac{1}{\frac{1}{\epsilon} + j\omega} \left[e^{-t(\frac{1}{\epsilon} + j\omega)} \right]_0^{\infty} =$$

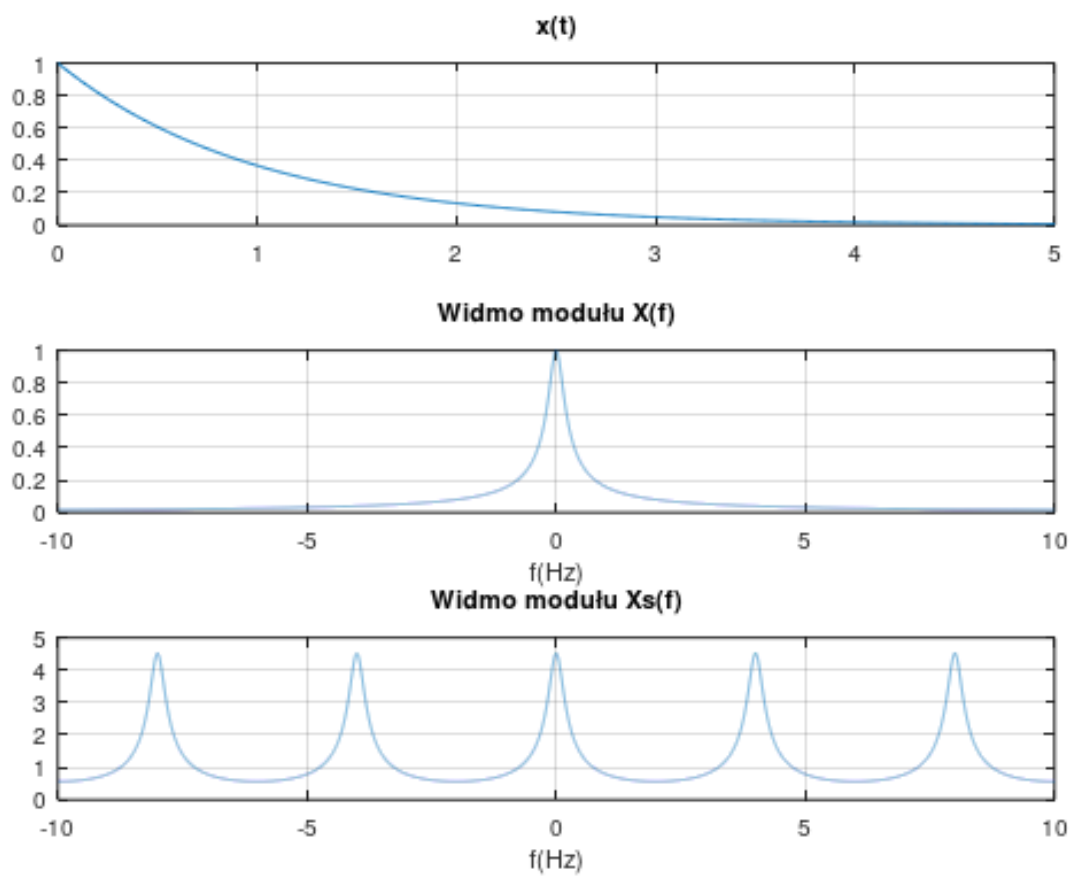
$$= -\frac{1}{\frac{1}{\epsilon} + j\omega} \left(e^{-\infty} - e^0 \right) = \frac{1}{\frac{1}{\epsilon} + j\omega}$$

✓

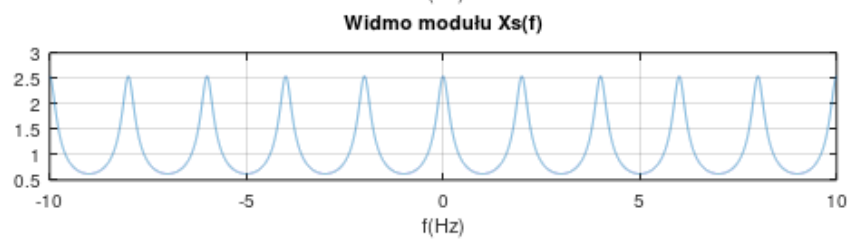
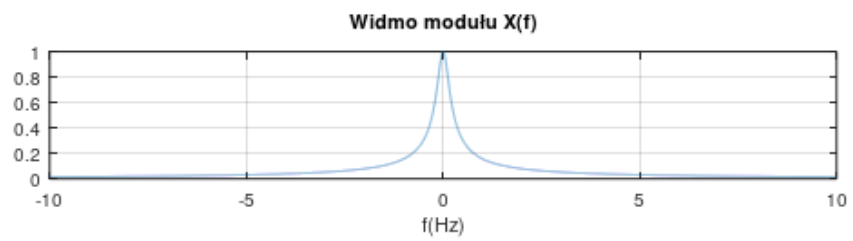
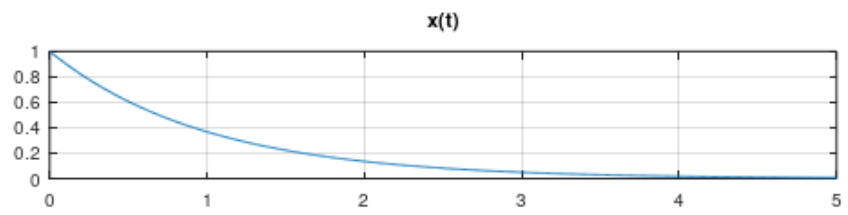
8. Wyresy

a) $E = 1$

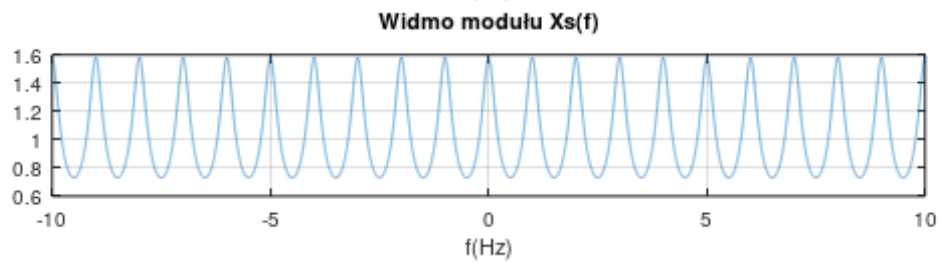
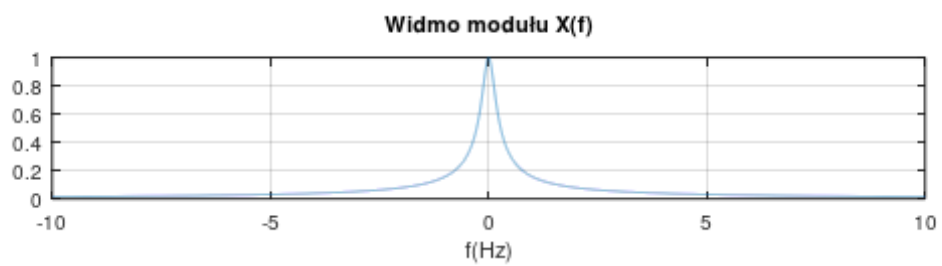
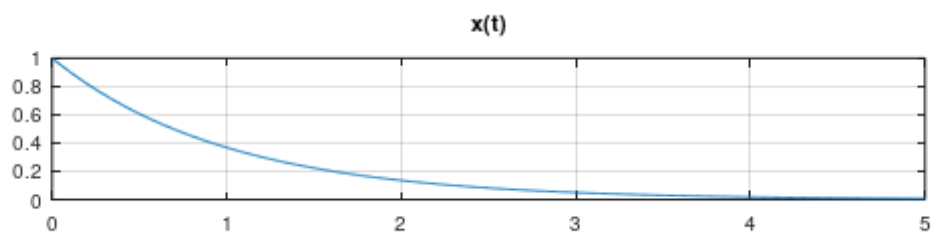
$$T = 1/4$$



$$T = 1/2$$

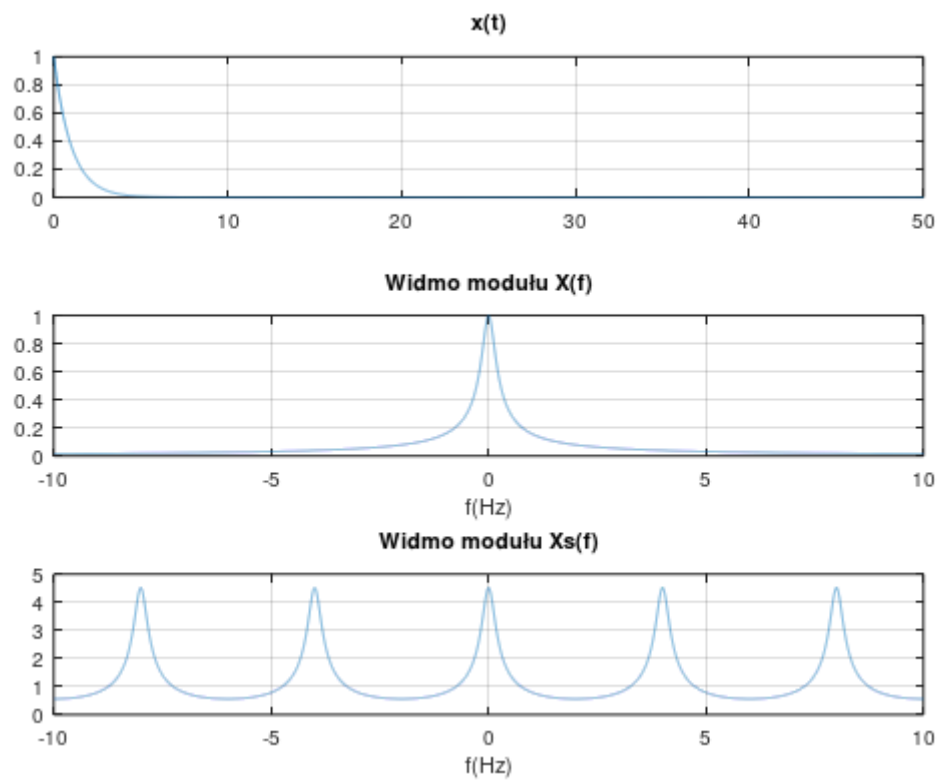


$T=1$

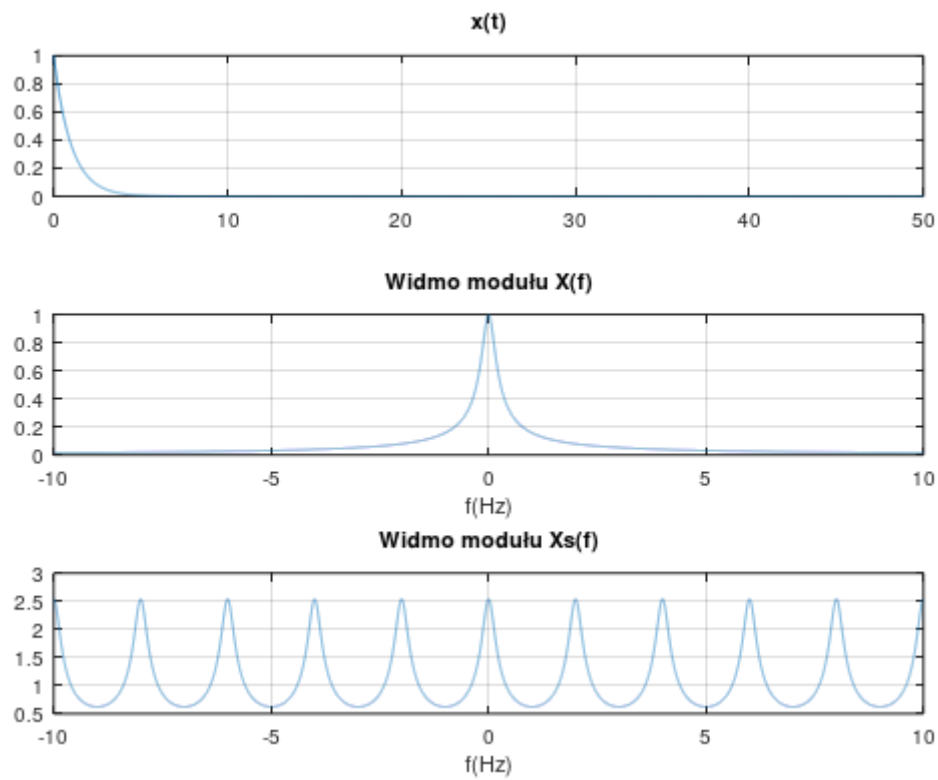


b) $E = 10$

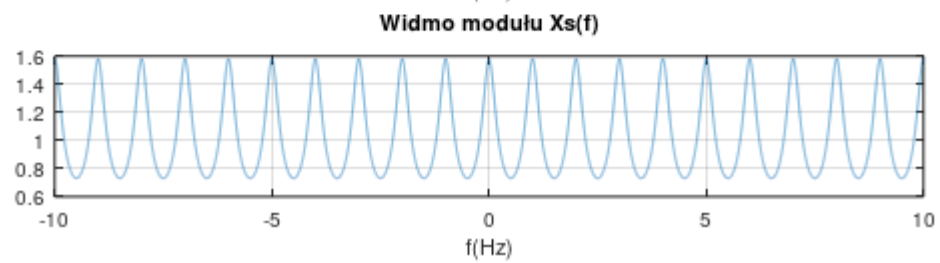
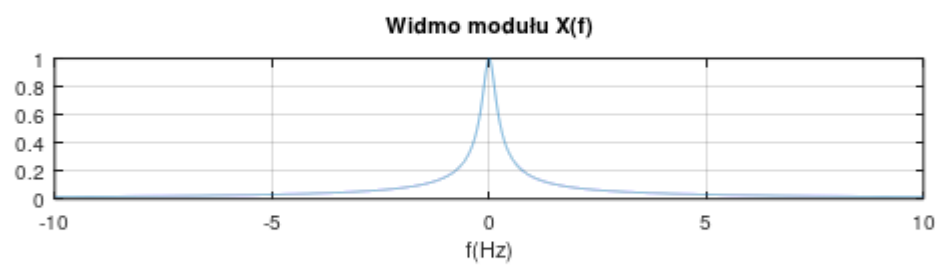
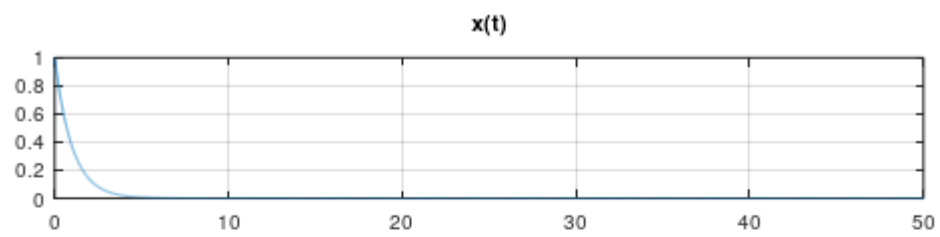
$$T = 1/4$$



$$T = 1/2$$



$$T=1$$



II. Sampling1.m

Symulacje:

- a) $T_s=0.01$; (odstęp między próbkami)
b) $T_s=0.05$;
c) $T_s=0.1$;

Zadania

1. Obliczyć częstotliwość f i okres T sygnału analogowego x ✕

- 1 pkt
a) $f_s = 1/0.01 = 100$
b) $f_s = 1/0.05 = 20$
c) $f_s = 1/0.1 = 10$

← to nie
dla analogowego!

2) Związek okresu sygnału T i okresu próbkowania T_s

a) Okres T_s jest 100x mniejszy niż T .

b) Okres T_s jest 50x mniejszy niż T .

c) Okres T_s jest 10x mniejszy niż T .

→ $\frac{0.1}{0.01} = 10 !!!$ 0 pkt

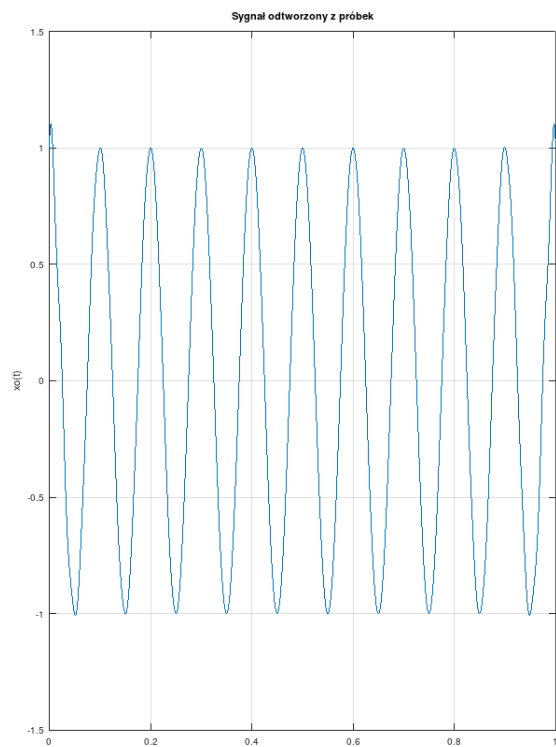
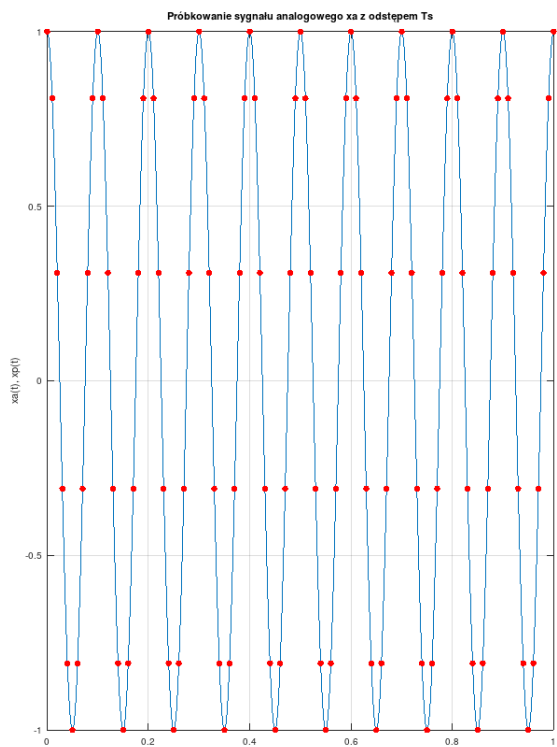
3) Ustalić relacje między częstotliwością próbkowania f_s a częstotliwością sygnału analogowego f , w każdym przypadku

$$T = 0.01$$

4)

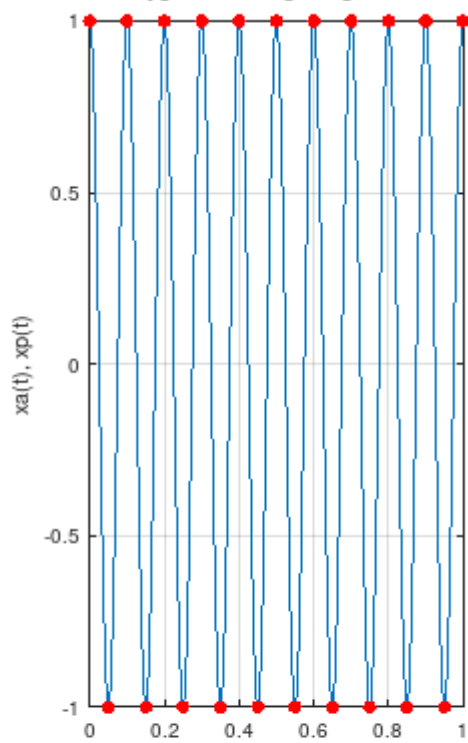
?

.

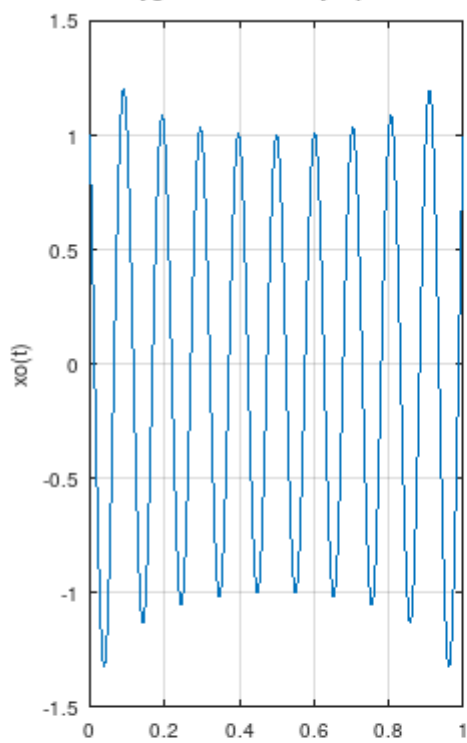


$T=0.02$

Próbkowanie sygnału analogowego x_a z odstępem T_s

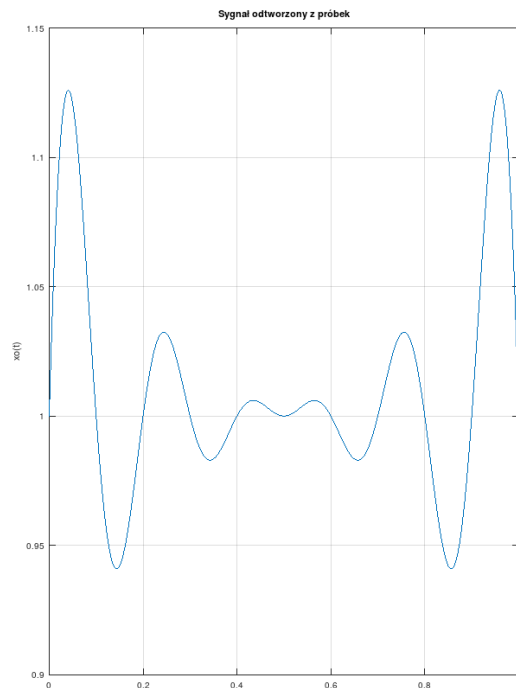
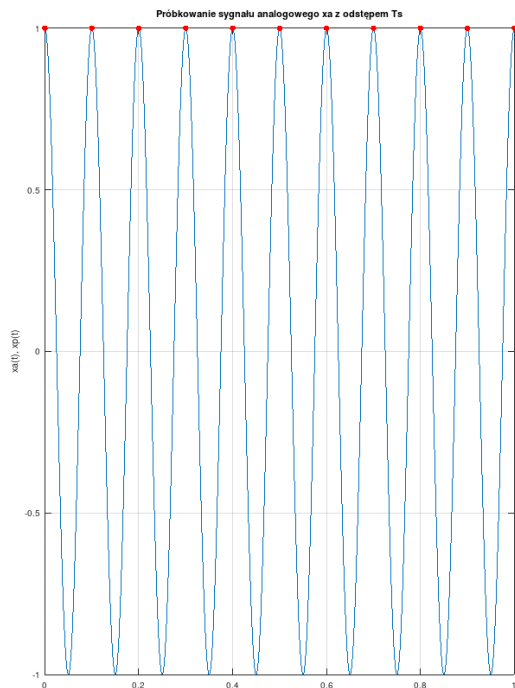


Sygnał odtworzony z próbek



$$T = 0.1$$

1.4.2x



Obserwacje? formulae?

$$12.5 / 30$$



$$41.6 / 100$$