

UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN BUCUREȘTI

**Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia
Informației**

Prelucrarea Digitală a Semnalelor Proiect- Tema 1

Student: Stănescu Vlad-Constantin

Grupa: 434C

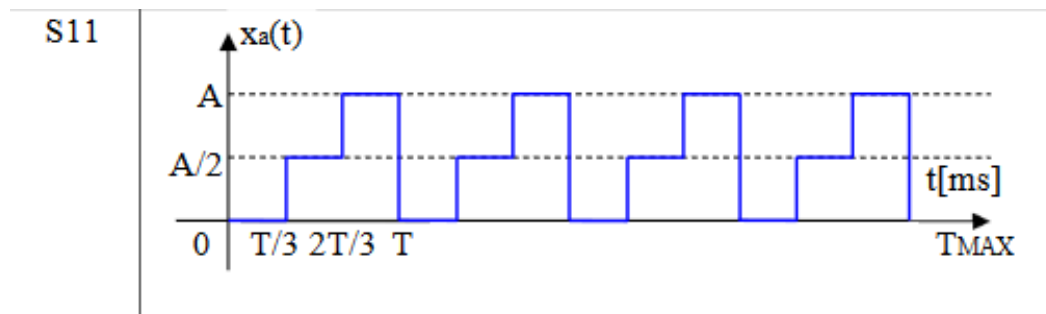
An universitar: 2022-2023

Profesor coordonator: Prof. Dr. Ing. Radu Mihnea Udrea

I. Semnale în timp discret și reprezentarea spectrelor

a) Se generează semnalul discret $x(n)$ obținut prin eșantionarea semnalului analogic $x_a(t)$ de tipul și cu parametrii conform tabelor 1 și 2 de la sfârșitul fișierului. Frecvența fundamentală $F_0 = 1/T$. Durata de generare este T_{MAX} .

- Reprezentați grafic cu funcția stem (axa timp în funcție de n) semnalul discret generat.
- Reprezentați grafic cu funcția plot (axa timp în milisecunde) semnalul analogic refăcut prin conversie D/A din semnalul discret.
- Determinați:
 - numărul total de eșantioane N_{es} pentru $x(n)$ corespunzător T_{MAX} ,
 - numărul de eșantioane N pentru care semnalul $x(n)$ este periodic,
 - câte perioade P sunt cuprinse în durata de achiziție T_{MAX} .



```
close all;
clc;
clear;
format long;
```

```
F0 = 500;
A = 2.5;
Tmax = 80*10^-3;
Fs = 12000;
Nfft = 512;
```

```

Nes = Tmax * Fs; %nr. total de esantioane: Nes=960
w0 = 2*pi*F0/Fs; %pulsatia normata
n = 0 : Nes - 1; %vector ce parcurge tot suportul de timp
T=1/F0;
P=Tmax/T; %nr. de perioade P = 40
N=Nes/P; %nr. de esantioane dintr-o perioada: N = 960/40=24

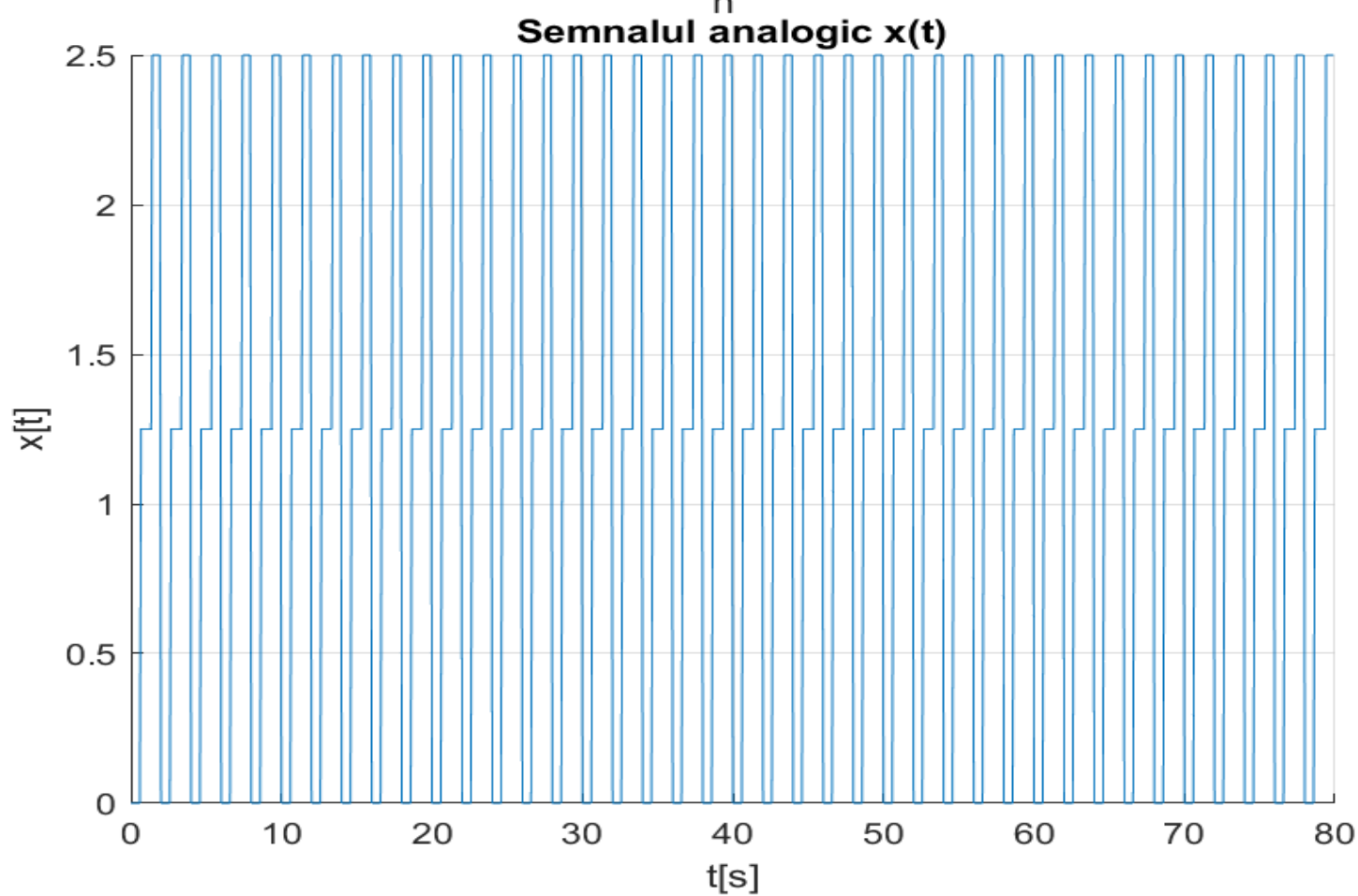
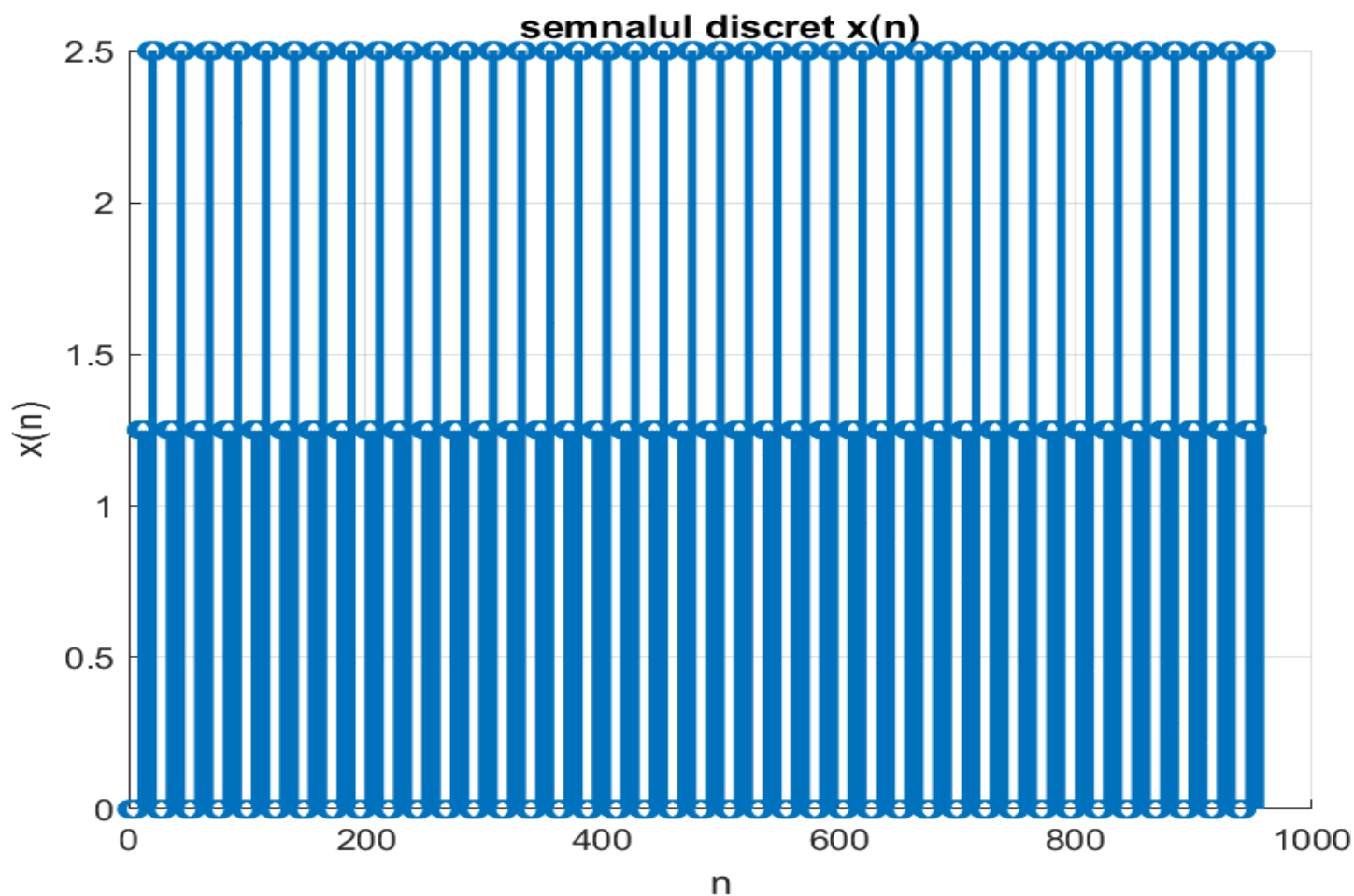
% Generarea semnalului discret x(n)
x1 = -(A/2)*square(w0*n, 33); %primul semnal dreptunghiular cu factor
de umplere=33
x2 = -(A/2)*square(w0*n, 67); %al doilea semnal dreptunghiular cu
factor de umplere=67
x1(x1 < 0) = 0; %elimina componentele negative
x2(x2 < 0) = 0;
x = x1 + x2; %semnalul dorit

figure(1);
hold on;
stem(n,x), title('semnalul discret x(n)')
xlabel('n'), ylabel('x(n)'), grid; %semnalul discret x(n)

% Generarea semnalului analogic x(t)
Ts=1/Fs; %Perioada de esantionare
t=0:Ts:Tmax-Ts;%suportul de timp pe care se reprezinta grafic
semnalul
x1_analogic = -(A/2)*square(2*pi*F0*t, 33);
x2_analogic = -(A/2)*square(2*pi*F0*t, 67);
x1_analogic(x1_analogic < 0) = 0;
x2_analogic(x2_analogic < 0) = 0;
x_analogic = x1_analogic + x2_analogic;

figure(2);
hold on;
plot(t*1000, x_analogic), title('Semnalul analogic x(t)')
xlabel('t[s]'), ylabel('x[t]'), grid;

```




- b) Realizați o funcție care calculează și returnează parametrii specificați în tabelul 2 (c.c, nr. de perioade T din T_{MAX}) în dreapta graficului semnalului. Numărul de puncte pe care se efectuează calculele este implicit lungimea semnalului dar se poate furniza și ca al doilea parametru de intrare al funcției. Apelați funcția din programul principal și afișați rezultatele (testând pentru diverse valori ale numărului de puncte).

```
Nes=Tmax*Fs;  
x = x(1:Nes-1); % vectorul de timp discret  
cc=mean(x);  
  
T=1/F0;  
nr_per = Tmax/T; % Calculeaza numarul de perioade T din Tmax  
function [cc, nr_per] = b(x,Nes) % Calculeaza componenta  
continua si numarul de perioade T din Tmax pentru semnalul x(n)  
[cc, nr_per] = b(x,Nes);  
  
end
```

 cc

1.1966

 nr_per

40

- c) Calculați Transformata Fourier Discretă a semnalului $x(n)$, cu ajutorul funcției `fft`, pe un număr de puncte egal cu lungimea semnalului N_{es} .
- Reprezentați spectrul de amplitudine $|X(k)|$ în funcție de indicele k al TFD. Determinați indexul k_0 corespunzător frecvenței fundamentale F_0 . Ce relație există între k_0 și numărul de perioade P obținut la punctul a)? Explicați.

```
%Calcul TFD
```

```
X = fft(x,Nes);
```

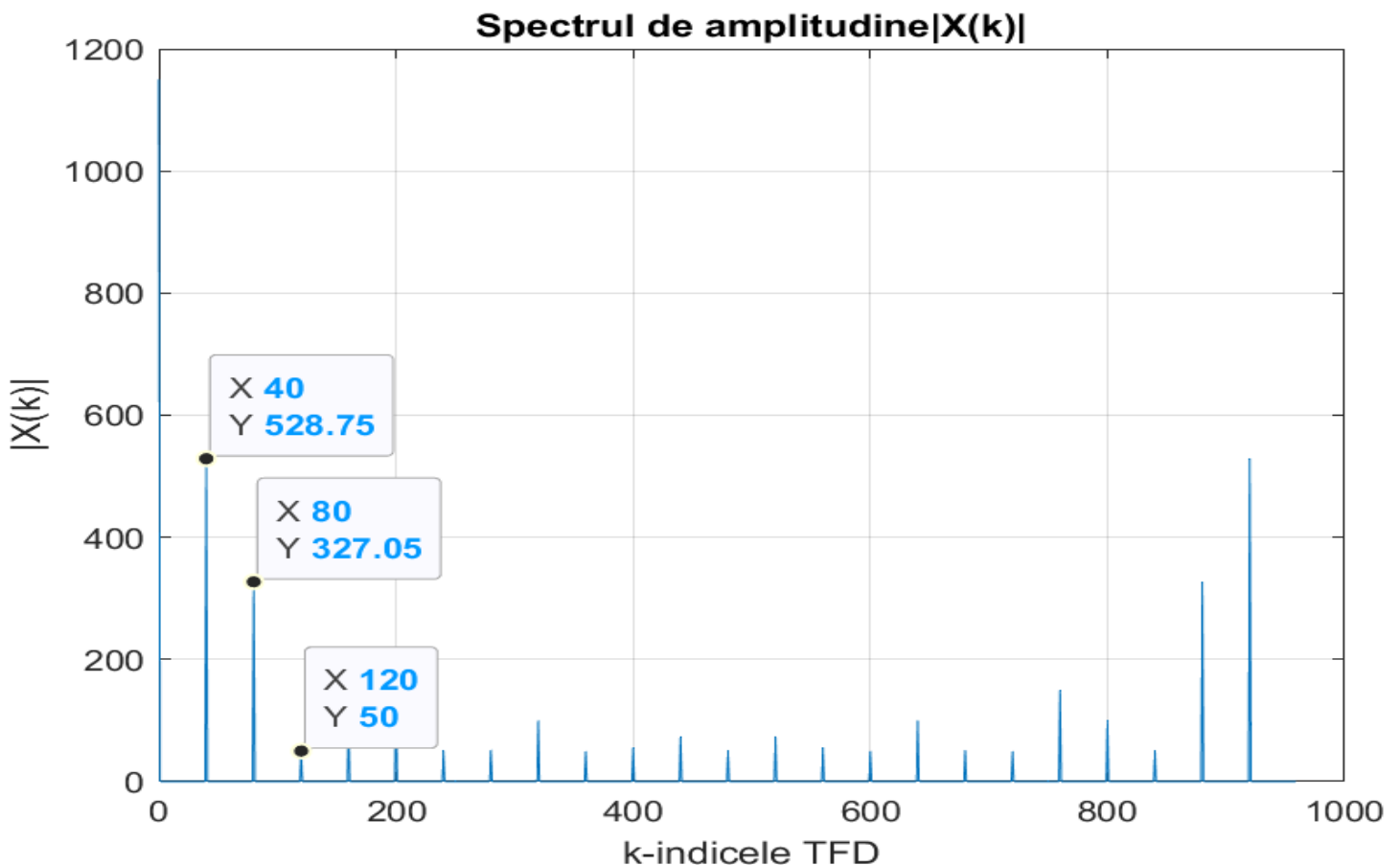
```
%Reprezentare in functie de indicele k
```

```
k = 0: Nes-1; % indicele TFD
```

```
%Spectrul de amplitudini in functie de indicele k: |X(k)|
```

```
figure(3), plot(k,(abs(X))), grid, title('Spectrul de  
amplitudine|X(k)|')
```

```
xlabel('k-indicele TFD'), ylabel('|X(k)|')
```



Reprezentarea corespunde perioadei $[0, 2\pi)$

Indicele k_0 corespunzător frecvenței fundamentale F_0

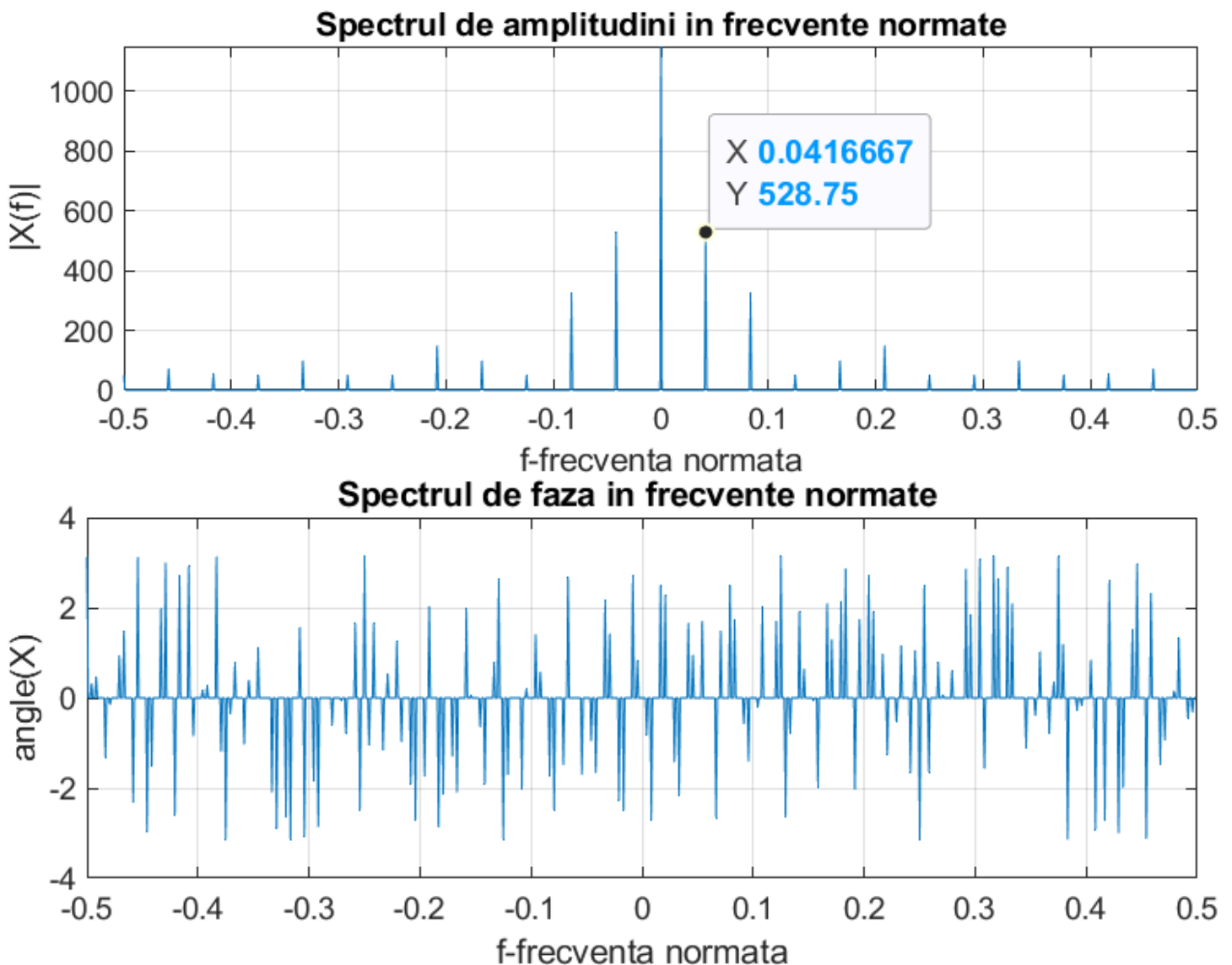
$k_0 = F_0 \cdot N_{es} / F_s \Rightarrow k_0 = (500 \cdot 960) / 12000 \Rightarrow k_0 = 40$

$k_0 / N_{es} = F_0 / F_s$ și $P = T_{max} \cdot F_0 \Rightarrow F_0 = P / T_{max} \Rightarrow k_0 = N_{es} \cdot P / T_{max} \cdot 1 / F_s$ și $N_{es} = T_{max} \cdot F_s$

rezulta ca între indicele k_0 și numărul de perioade P există o relație de egalitate $\Rightarrow k_0 = P$

- Reprezentați spectrul de amplitudine și de fază în frecvențe normale. Determinați pe grafic (folosind cursorul) frecvența normală f_0 corespunzătoare frecvenței fundamentale F_0 și frecvențele normale corespunzătoare armonicilor.

```
%Spectrul de amplitudini in frecvente normale
f = -0.5 : 1/Nes : 0.5 - 1/Nes;
figure(4),
subplot(2,1,1),plot(f,fftshift(abs(X))),grid,title('Spectrul de
amplitudini in frecvente normale')
xlabel('f-frecventa normala'), ylabel('|X(f)|')
%Spectrul de faza in frecvente normale
subplot(2,1,2),plot(f,fftshift(angle(X))),grid,title('Spectrul
de faza in frecvente normale ')
xlabel('f-frecventa normala'),ylabel('angle(X)')
% fundamentala se afla la f0 = 0.0417 (f0=F0/Fs)
```



- Reprezentați spectrul de amplitudine în frecvențe nenormate [Hz]. Determinați pe grafic (folosind cursorul) componentele spectrale corespunzătoare componentei continue, fundamentalei F_0 și armonicilor. La ce frecvențe apar componentele armonice?

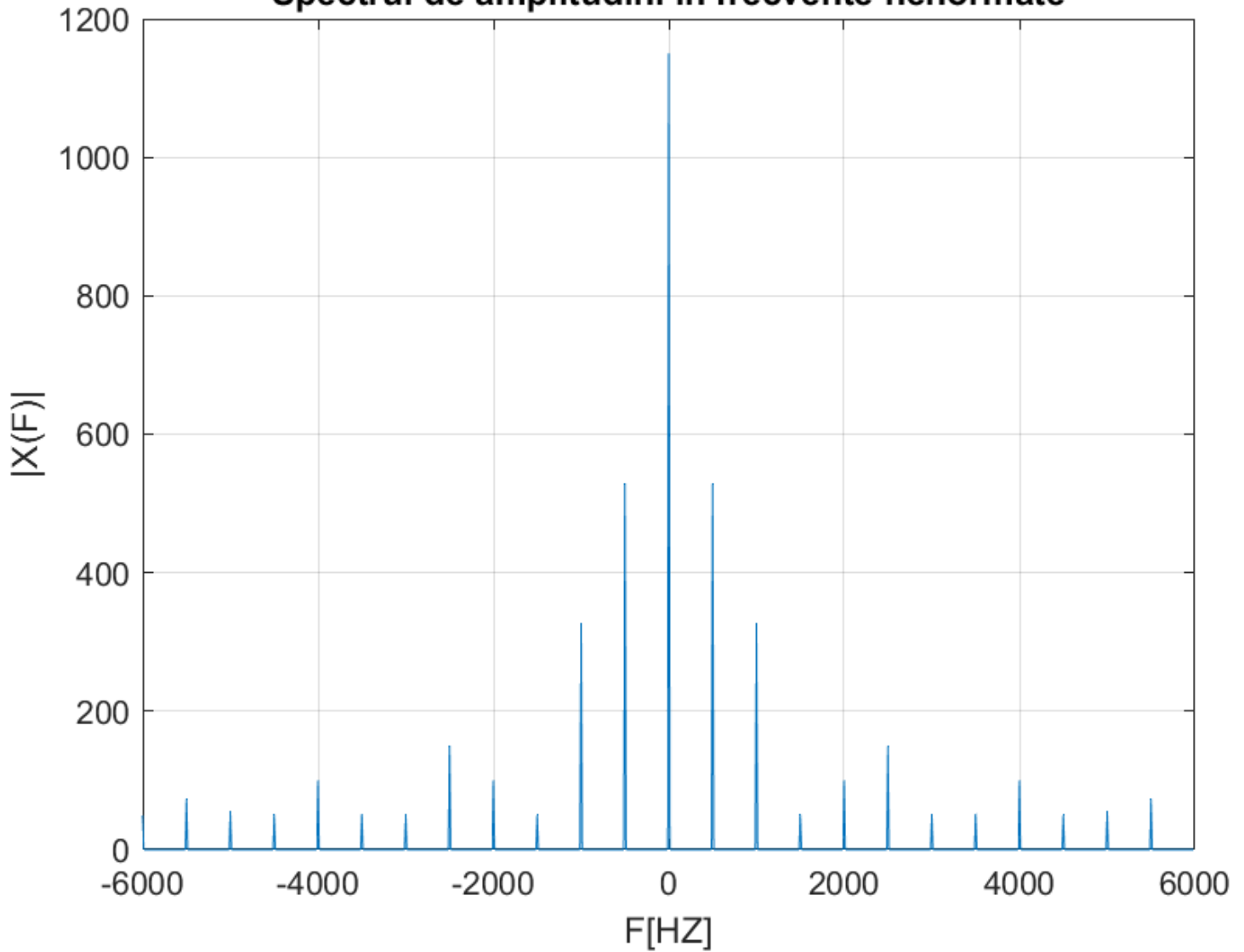
```
%Spectrul de amplitudini in frecvente nenormate F
```

```
F = -Fs/2 : Fs/Nes : Fs/2 - Fs/Nes;
```

```
figure(5),plot(F,fftshift(abs(X))),grid,title('Spectrul de  
amplitudini in frecvente nenormate')
```

```
xlabel('F[HZ]'),ylabel('|X(F)|')
```

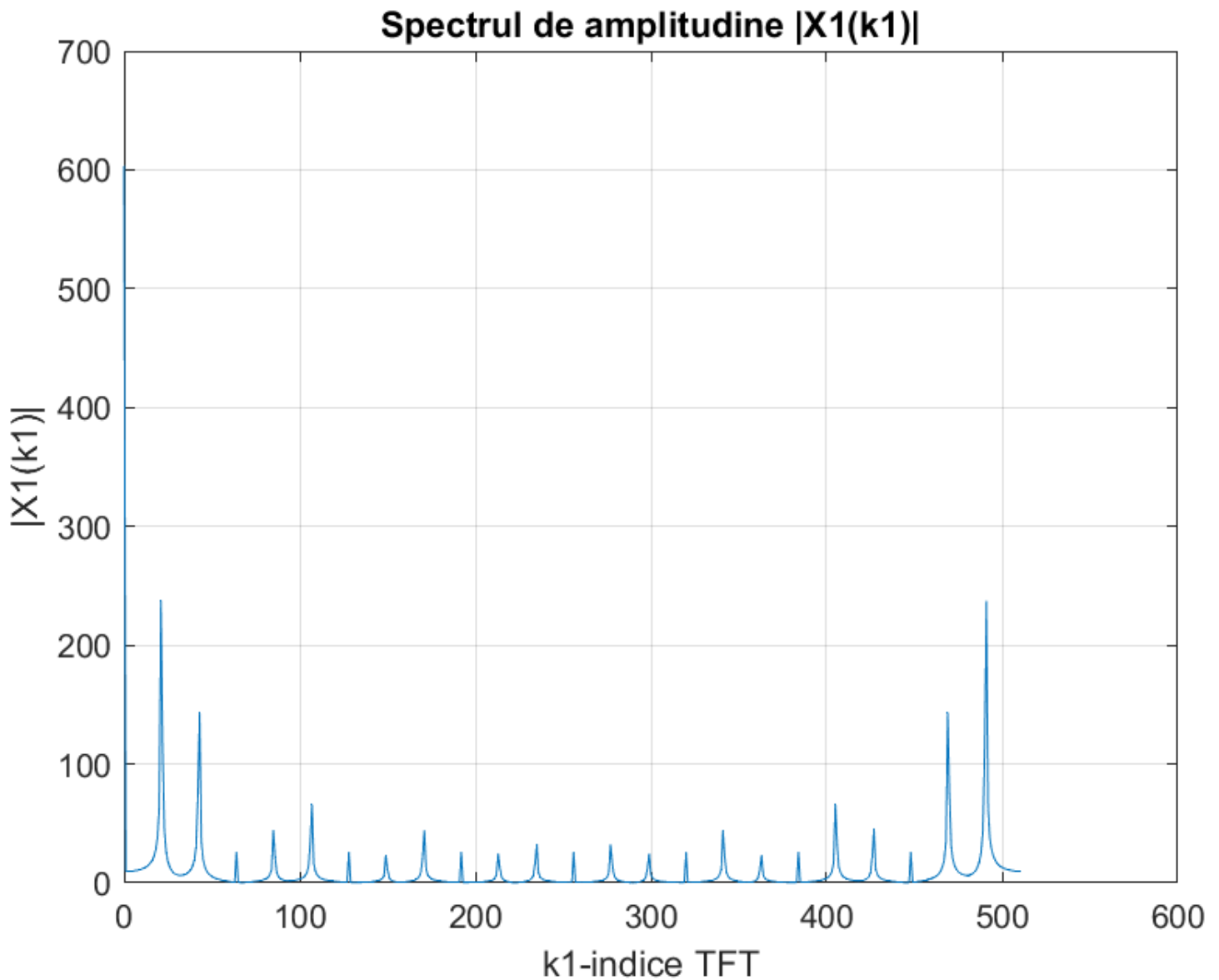
Spectrul de amplitudini in frecvente nenormate



d) Reluați cerințele de la punctul c) pentru calculul TFD a semnalului discret pe un număr de puncte egal cu NFFT (conform tabelului 1).

- Determinați pe graficul spectrului de amplitudine $|X(k)|$ în funcție de indicele k (folosind cursorul) noul index k_0 corespunzător frecvenței fundamentale F_0 .

```
N_fft = 512;  
X1 = fft(x,N_fft);  
k1 = 0 : N_fft-1; % noul indice k1 al TFD  
%Spectrul de amplitudini in functie de indicele k1 : |X1(k1)|  
figure(6),plot(k1,abs(X1)),grid,title('Spectrul de amplitudine  
|X1(k1)|')  
xlabel('k1-indice TFT'), ylabel('|X1(k1)|')  
% k1=21 (Nfft*F0/Fs=21)
```



- Determinați pe graficul spectrului de amplitudine în frecvențe nenormate [Hz] (folosind cursorul) frecvența fundamentală F0. Calculați eroarea de determinare a frecvenței fundamentale F0 ca urmare a modificării rezoluției spectrale.

```
%Spectrul de amplitudini in frecvente nenormate
```

```
F1 = -Fs/2 : Fs/N_fft : Fs/2 - Fs/N_fft;
```

```
figure(7),plot(F1,fftshift(abs(X1))),grid,title('Spectrul de  
amplitudini in frecvente nenormate')
```

```
xlabel('F1[Hz]'),ylabel('|X1(F1)|')
```

```
% Fundamentală se afla în F1 = 492.188 Hz
```

```
% Eroarea de determinare a lui F0:
```

```
% e = |F - F0|/F0 * 100% = |492.188-500|/500 * 100% = 1.5624%
```

Spectrul de amplitudini in frecvente nenormate

