

# Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Η/Υ

## ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ Ι

6ο Εξάμηνο, Ακαδημαϊκό Έτος 2022-23

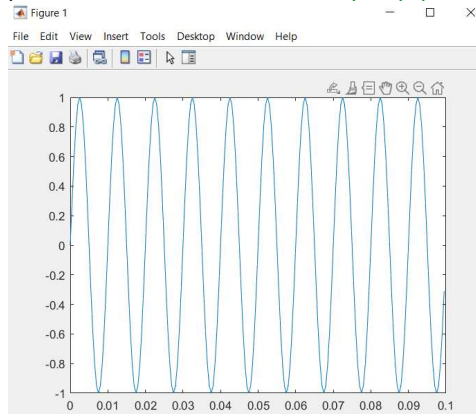
Κουράκου Σοφία 03120869

### Εργαστηριακή Άσκηση 1 :

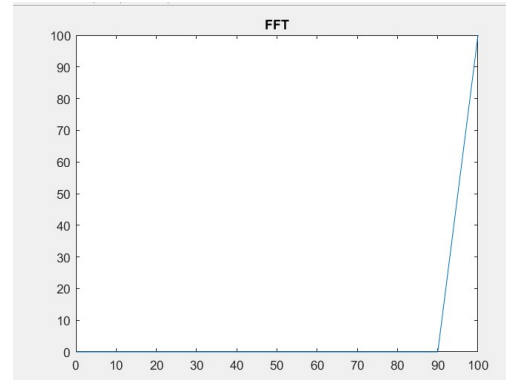
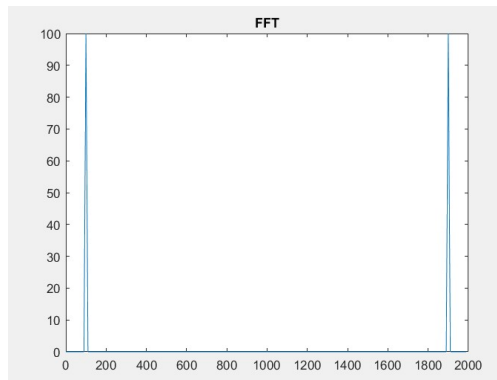
Εξοικείωση με το MATLAB®- Σήματα Διακριτού χρόνου

#### Μέρος 2: Δειγματοληψία – Ψηφιοποίηση

```
% ΜΕΡΟΣ 2
% % 2.1 Δημιουργήστε ένα ημιτονοειδές σήμα
Fs=2000; % συχνότητα δειγματοληψίας 2000 Hz
Ts=1/Fs; % περίοδος δειγματοληψίας
T=0.1; % διάρκεια του σήματος 0.1 sec
t=0:Ts:T-Ts; % χρονικές στιγμές δειγματοληψίας
A=1; % πλάτος σήματος
x=A*sin(2*pi*100*t); % διάνυσμα σήματος
L=length(x); % μήκος διανύσματος
plot(t,x) % σχεδιάγραμμα συναρτήσεως του χρόνου
pause % αναμονή για να δείτε το σχήμα
```



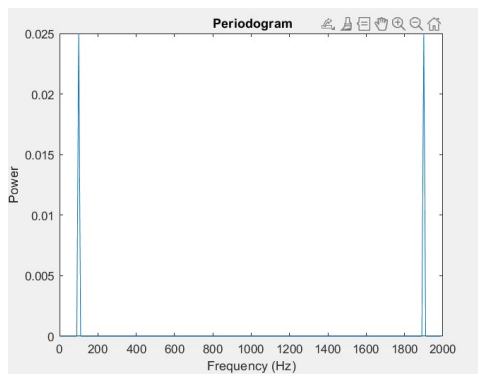
```
% % % 2.2 Σχεδιάστε τον διακριτό μετασχηματισμό Fourier του ημιτονοειδούς σήματος
N=1*L; % μήκος μετασχηματισμού Fourier
Fo=Fs/N; % ανάλυση συχνότητας
Fx=fft(x,N); % Αριθμητικός υπολογισμός του διακριτού μετασχηματισμού
% Fourier (DFT) για N σημεία. Εάν το μήκος του x είναι
% μικρότερο του N, το x θα παραγεμισθεί με μηδενικά
% μέχρι το μήκος N, αλλιώς θα κολοβωθεί
freq=(0:N-1)*Fo; % διάνυσμα συχνοτήτων
plot(freq,abs(Fx)) % πλάτος του FFT
title('FFT') % τίτλος διαγράμματος
pause % αναμονή, πιάστε ένα πλήκτρο για να συνεχίσετε
axis([0 100 0 L/2]) % εμφάνιση στην περιοχή 0 έως 100 με κλίμακα 0 έως L/2
pause % αναμονή, πιάστε ένα πλήκτρο για να συνεχίσετε
```



```

%% % % 2.3 Σχεδιάστε το περιόδγραμμα
power = Fx.*conj(Fx)/Fs/L; % Υπολογισμός πυκνότητας φασματικής ισχύος
                                % Εναλλακτικά, abs(x).^2 (απόλυτη τιμή)
                                % Ισχύς ανά συνιστώσα συχνότητας
plot(freq,power)
xlabel('Frequency (Hz)')
ylabel('Power')
title('{\bf Periodogram}') % τίτλος διαγράμματος με παχιά γράμματα (\bf)

```



```

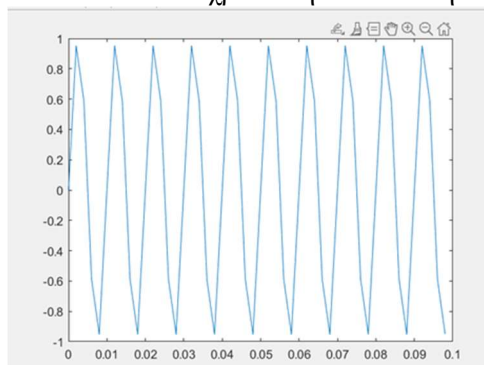
%% % % % 2.4 Υπολογίστε την ισχύ του ημιτονοειδούς σήματος
power_theory=A^2/2; % Ισχύς βάση της θεωρίας
dB=10*log10(power_theory); % σε dB
power_time_domain=sum(abs(x).^2)/L; % υπολογισμός στο πεδίο του χρόνου
power_frequency_domain=sum(power)*Fo;% υπολογισμός στο πεδίο συχνότητας

```

## 2.6

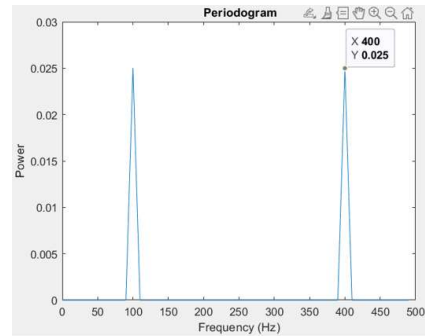
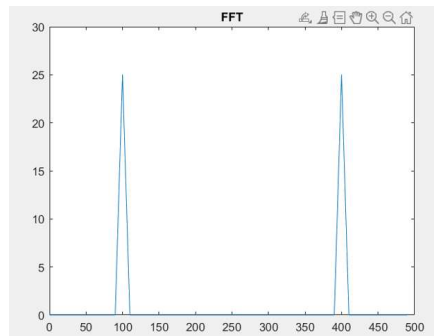
➤ Αλλάζοντας τις τιμές της συχνότητας δειγματοληψίας στα 500Hz και 1000Hz

α. Στο πεδίο του χρόνου η απεικόνιση δεν είναι "καθαρή", ενδεικτικά στα 500Hz

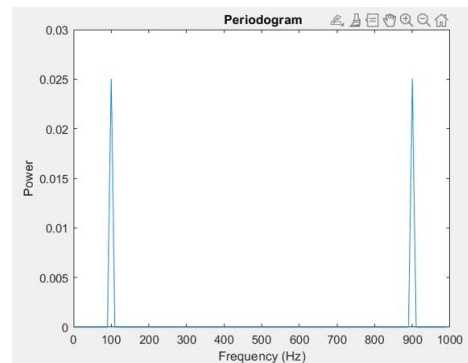
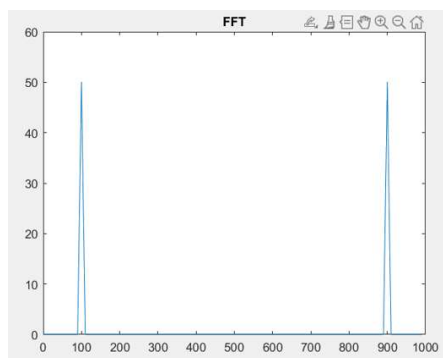


β. Στο πεδίο συχνοτήτων και στο περιόδγραμμα παρατηρείται διαφορά στην περιοδικότητα των peaks

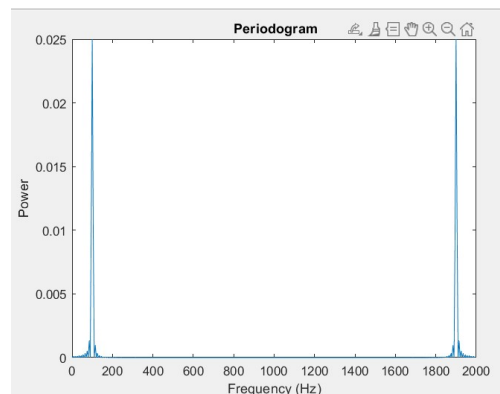
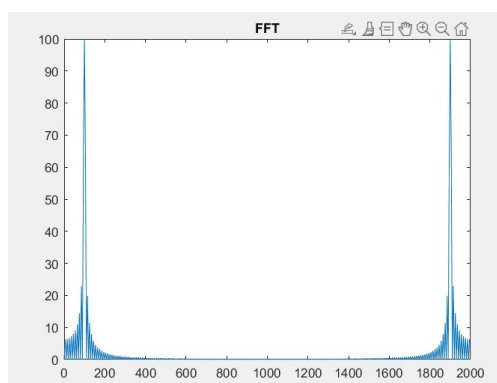
500 Hz :



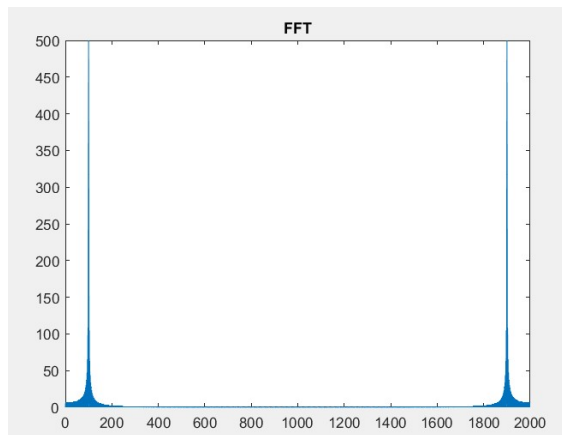
1000 Hz :



- Για  $f_s=1000$  μεταβάλλοντας το μήκος του μετασχηματισμού Fourier για τις τιμές  $N=L, 2L, 4L$  με την αύξηση του  $N$  παρατηρείται πως η φασματική πυκνότητα αποκτά λοβούς σε επιπλέον συχνότητες γύρω από τις κεντρικές. Το φαινόμενο της φασματικής διαρροής παραπέμπει σε συνάρτηση sinc. Όμοια εικόνα παρατηρείται και για το περιοδόγραμμα. Ενδεικτικά για  $N=2L$  :



- Μεταβάλλοντας τη διάρκεια  $T$  του σήματος για τις τιμές  $T=0.2, 0.5, 1$  για μήκος μετασχηματισμού Fourier  $2N$ , παρατηρείται μια απότομη άνοδος στην κεντρική συχνότητα, προσεγγίζοντας έτσι τη συνάρτηση δέλτα. Ενδεικτικά για  $T=0.5$

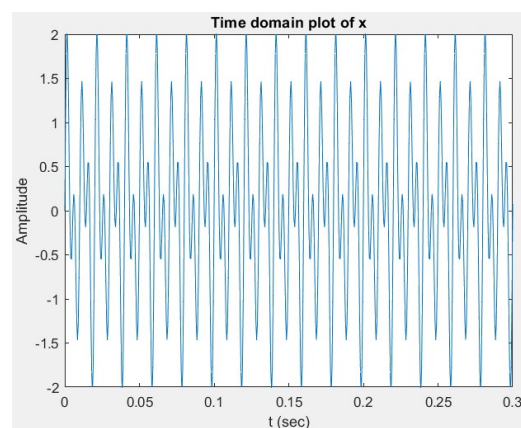
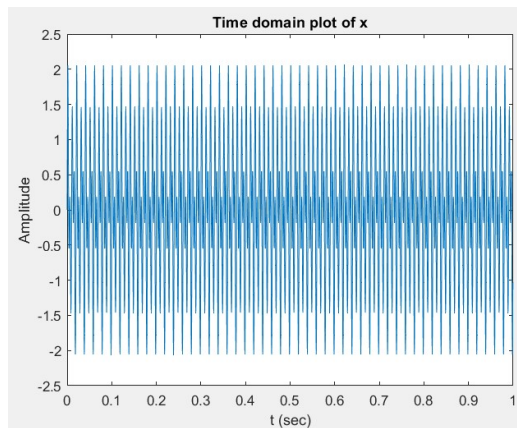


### Μέρος 3:

#### **Part 1 Δημιουργία σήματος**

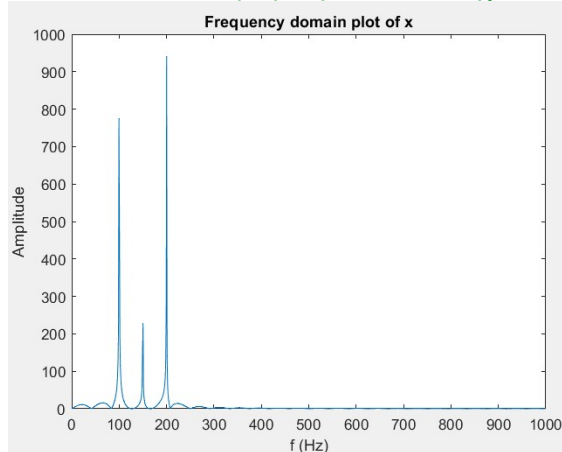
```
% % Part 1 Δημιουργήστε το σήμα
close all
clear all
clc
Fs=2000;           % συχνότητα δειγματοληψίας 2000 Hz
Ts=1/Fs;           % περίοδος δειγματοληψίας
L=2000;            % μήκος σήματος (αριθμός δειγμάτων)
T=L*Ts;            % διάρκεια σήματος
t=0:Ts:(L-1)*Ts;   % χρονικές στιγμές υπολογισμού το σήματος
x=sin(2*pi*100*t)... % ημιτονικό σήμα συχνότητας 100 Hz
+ 0.3*sin(2*pi*150*(t-2))... % συνιστώσα 150 Hz
+ sin(2*pi*200*t); % συνιστώσα 200 Hz

% Σχεδιάστε το σήμα στο πεδίο του χρόνου
figure(1)           % άνοιγμα παραθύρου για γραφική παράσταση
plot(t,x)           % γραφική παράσταση του σήματος
title('Time domain plot of x') % τίτλος γραφικής παράστασης
xlabel('t (sec)')    % λεζάντα στον άξονα x
ylabel('Amplitude') % λεζάντα στον άξονα y
pause               % αναμονή, πιάστε ένα πλήκτρο για συνέχεια
axis([0 0.3 -2 2]) % εμφάνιση του σήματος από 0 έως 0.3 sec και
                  % κλίμακα από -2 έως 2
pause               % αναμονή, πιάστε ένα πλήκτρο για συνέχεια
```



```
% Υπολογίστε τον διακριτό μετασχηματισμό Fourier
N = 2^nextpow2(L); % μήκος μετασχηματισμού Fourier.
                    % H nextpow2 βρίσκει τον εκθέτη της δύναμης του 2 που
                    % είναι μεγαλύτερη ή ίση από το όρισμα L
                    % εναλλακτικά, =ceil(log2(L))
Fo=Fs/N;           % ανάλυση συχνότητας
f=(0:N-1)*Fo;      % διάνυσμα συχνοτήτων
X= fft(x,N);        % αριθμητικός υπολογισμός του διακριτού
                    %μετασχηματισμού Fourier (DFT) για N σημεία
```

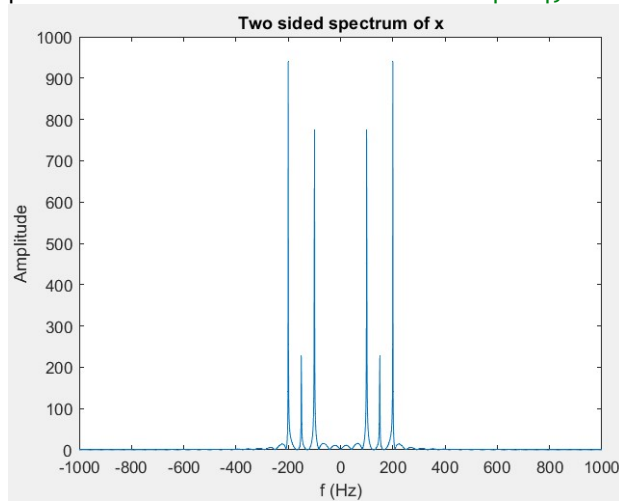
```
% Σχεδιάστε το σήμα στο πεδίο συχνότητας Αφού το σήμα είναι πραγματικό
% μπορείτε να σχεδιάσετε μόνο τις θετικές συχνότητες
figure(2)           % άνοιγμα παραθύρου γραφική παράσταση
plot(f(1:N/2),abs(X(1:N/2))) % γραφική παράσταση θετικών συχνοτήτων
title('Frequency domain plot of x') % τίτλος γραφικής παράστασης
xlabel('f (Hz)')    % λεζάντα στον άξονα x
ylabel('Amplitude') % λεζάντα στον άξονα y
pause               % αναμονή για να δείτε το σχήμα
% πιέστε ένα πλήκτρο για να συνεχίσετε
```



```
% για τη γραφική παράσταση του αμφίπλευρου φάσματος
% πρέπει να χρησιμοποιήσετε την fftshift ώστε ο όρος για
% τη συχνότητα μηδέν να μετακινηθεί στην αρχή των αξόνων
figure(3)           % άνοιγμα παραθύρου για γραφική παράσταση
f=f-Fs/2;           % ολίσθηση συχνοτήτων προς τα αριστερά κατά -
Fs/2
X=fftshift(X);       % ολίσθηση της μηδενικής συχνότητας στο κέντρο
                    % του φάσματος
                    % (ακολουθούν πολλές εντολές σε μια γραμμή)
plot(f,abs(X));title('Two sided spectrum of x'); xlabel('f (Hz)');
```

```
ylabel('Amplitude')
```

```
pause % αναμονή, πιάστε ένα πλήκτρο για να συνεχίσετε
```



```
% Υπολογίστε την ισχύ
```

```
power_noise=X.*conj(X)/N/L; % υπολογισμός πυκνότητας ισχύος
```

```
figure(4) % άνοιγμα παραθύρου για γραφική παράσταση
```

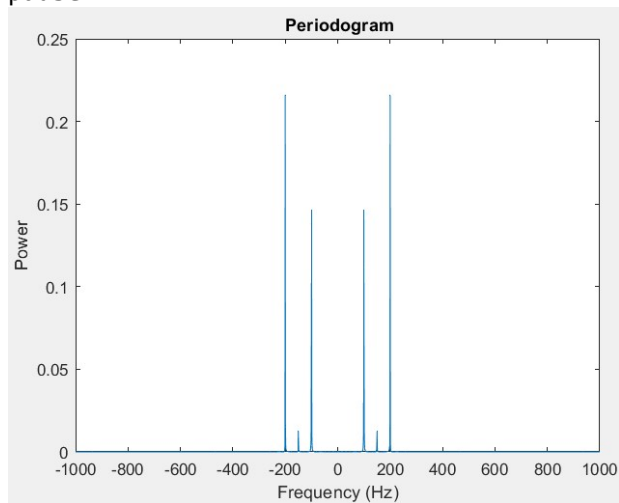
```
plot(f,power_noise) % ισχύς ανά συνιστώσα συχνότητα
```

```
xlabel('Frequency (Hz)') % λεζάντα στον άξονα x
```

```
ylabel('Power') % λεζάντα στον άξονα y
```

```
title('\bf Periodogram') % τίτλος διαγράμματος με παχιά γράμματα
```

```
pause
```



## Part 2 Προσθήκη θορύβου στο σήμα

```
disp('Part2')
```

```
% Θόρυβος
```

```
n=randn(size(x)); % Το διάνυσμα θορύβου n θα πρέπει να είναι
```

```
% του ίδιου μεγέθους με αυτό της
```

```
% ημιτονοειδούς κυματομορφής x πρώτου μέρους
```

```
figure(5)
```

```
plot(t,n) % γραφική παράσταση του σήματος θορύβου
```

```
title('Time domain plot of n')
```

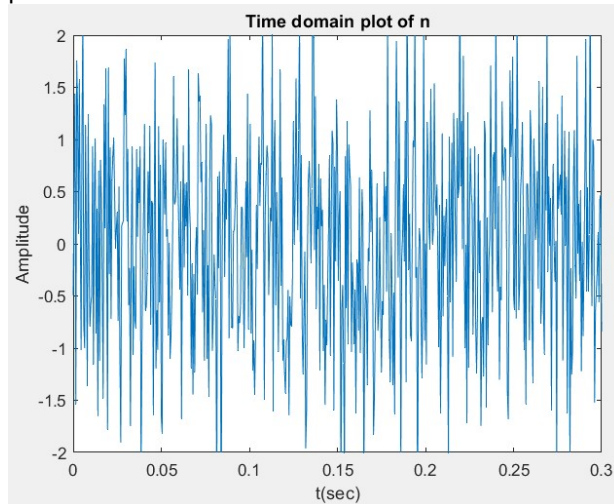
```
xlabel('t(sec)')
```

```
ylabel('Amplitude')
```

```
axis([0 0.3 -2 2])
```

```
% εμφάνιση του σήματος από 0 έως 0.3 sec και  
% κλίμακα από -2 έως 2
```

pause



% περιοδόγραμμα του n

figure(6)

f=(0:N-1)\*Fo; % διάνυσμα συχνοτήτων

Fn=fft(n,N); % υπολογισμός του διακριτού μετασχηματισμού

% Fourier (DFT) για N σημεία

power\_noise= Fn.\*conj(Fn)/Fs/L; % Υπολογισμός πυκνότητας φασματικής ισχύος

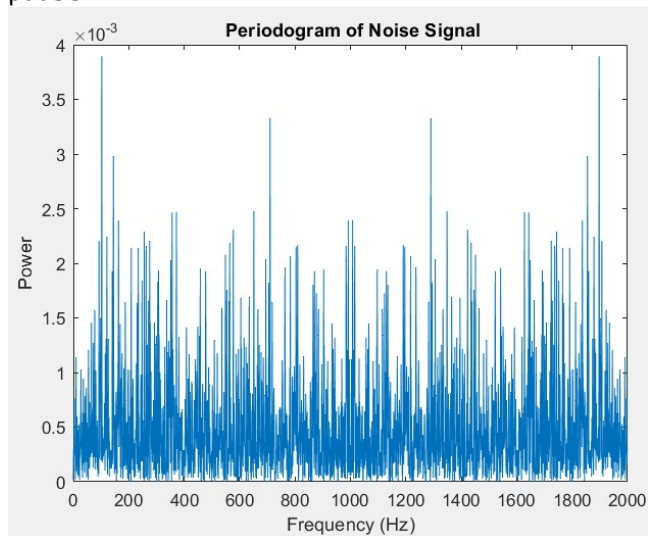
plot(f,power\_noise) % Ισχύς ανά συνιστώσα συχνότητας

xlabel('Frequency (Hz)')

ylabel('Power')

title('{\bf Periodogram of Noise Signal}')

pause



% Ισχύς Σήματος Θορύβου

powern\_time=sum(abs(n).^2)/L; % υπολογισμός στο πεδίο του χρόνου

powern\_frequency=sum(power\_noise)\*Fo; % υπολογισμός στο πεδίο συχνότητας

% σήμα με θόρυβο s στο πεδίο του χρόνου

figure(7)

s=x+n; % Προσθέστε το σήμα θορύβου και το x για να

λάβετε το σήμα με θόρυβο s

plot(t,s)

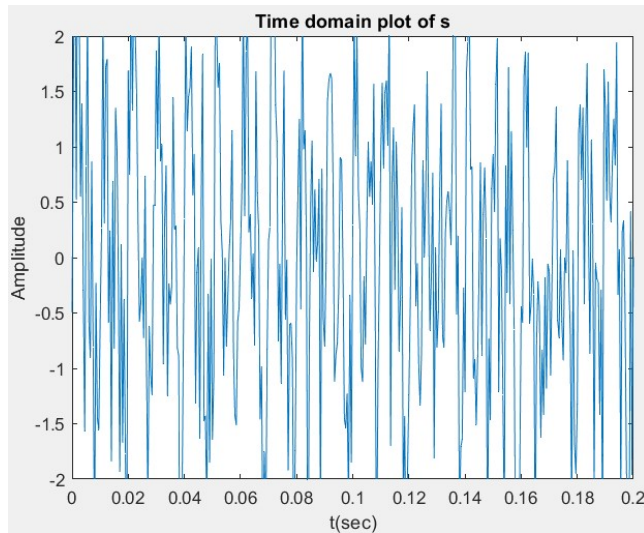
title('Time domain plot of s')

xlabel('t(sec)')

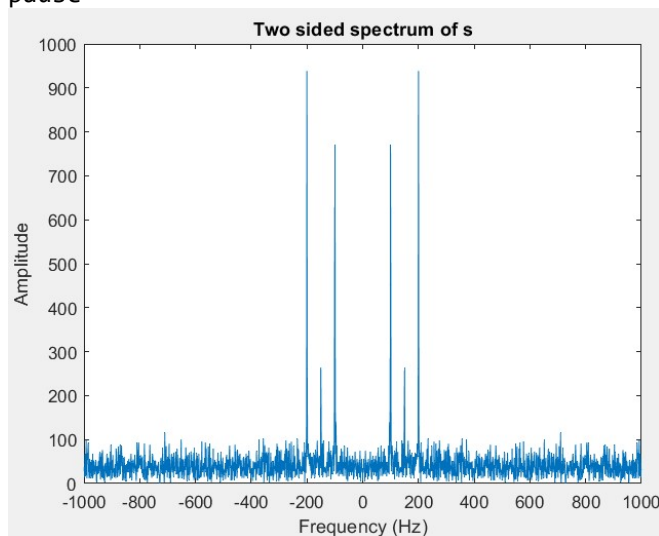
ylabel('Amplitude')

```
axis([0 0.2 -2 2]) % εμφάνιση του σήματος από 0 έως 0.2 sec και
                  % κλίμακα από -2 έως 2
```

Pause



```
% γραφική παράσταση του αμφίπλευρου φάσματος του s
figure(8)
S=fft(s, N); % αριθμητικός υπολογισμός DFT για N σημεία
f=(0:N-1)*Fo; % διάνυσμα συχνοτήτων
f=f-Fs/2; % ολίσθηση συχνοτήτων προς τα αριστερά κατά -Fs/2
S=fftshift(S); % ολίσθηση της μηδενικής συχνότητας στο κέντρο
               % του φάσματος
plot(f,abs(S));title('Two sided spectrum of s'); xlabel('Frequency (Hz)');
ylabel('Amplitude')
pause
```



Στη γραφική του αμφίπλευρου φάσματος του σήματος  $s(=x+n)$  παρατηρώ κρουστικές στις συχνότητες  $\pm 100, \pm 150, \pm 200$  Hz

### Part 3 Πολλαπλασιασμός σημάτων

```
disp('Part3')
y= sin(2*pi*750*t); % ημιτονοειδές σήμα συχνότητας 750 Hz
z= y.* s; % πολλαπλασιασμός y και s
```



```
% σχεδιασμός z στο πεδίο χρόνου
```

```
figure(9)
```

```
plot(t,z)
```

```
title('Time domain plot of z')
```

```
xlabel('t(sec)')
```

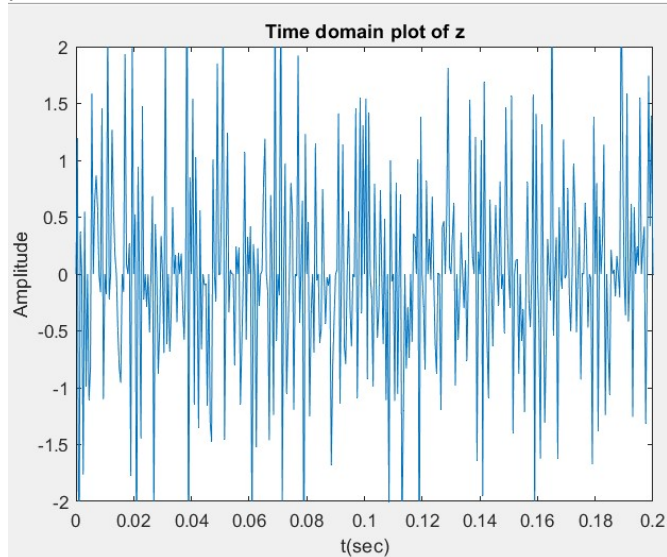
```
ylabel('Amplitude')
```

```
axis([0 0.2 -2 2])
```

```
% εμφάνιση του σήματος από 0 έως 0.2 sec και
```

```
% κλίμακα από -2 έως 2
```

```
pause
```



```
% σχεδιασμός z στο πεδίο συχνότητας
```

```
f=(0:N-1)*Fo;
```

```
% διάνυσμα συχνοτήτων
```

```
f=f-Fs/2;
```

```
% ολίσθηση συχνοτήτων προς τα αριστερά κατά -Fs/2
```

```
Z=fft(z,N);
```

```
% αριθμητικός υπολογισμός DFT για N σημεία
```

```
Z=fftshift(Z);
```

```
% ολίσθηση της μηδενικής συχνότητας στο κέντρο
```

```
% του φάσματος
```

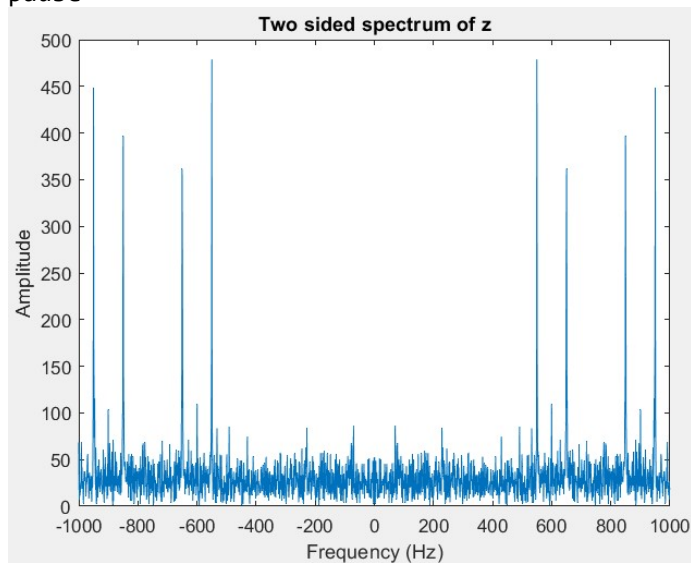
```
figure(10)
```

```
plot(f,abs(Z));
```

```
title('Two sided spectrum of z'); xlabel('Frequency (Hz)');
```

```
ylabel('Amplitude');
```

```
pause
```



Στη γραφική του αμφίπλευρου φάσματος του σήματος  $z=y.*s$  παρατηρώ κρουστικές μετατοπισμένες κατά  $\pm 100, \pm 150, \pm 200$  Hz από την κεντρική συχνότητα  $\pm 750$  Hz του ημιτονοειδούς σήματος  $y$ , το οποίο είναι απόρροια του πολλαπλασιασμού του  $y$  με το σήμα  $s$ , καθώς το αμφίπλευρο φάσμα του τελευταίου έχει κρουστικές στις συχνότητες  $\pm 100, \pm 150, \pm 200$  Hz .

---

### Τέλος Εργαστηριακής Αναφοράς