



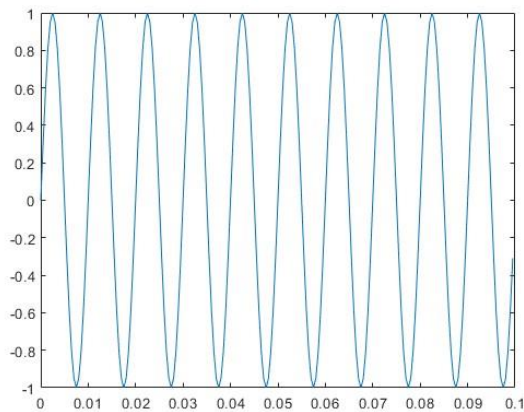
**Αναφορά 1<sup>ης</sup> Εργαστηριακής Άσκησης στις Ψηφιακές Επικοινωνίες Ι**  
**«Εξοικείωση με το MATLAB και την ψηφιακή επεξεργασία σημάτων»**  
**Μπουφίδης Ιωάννης 03120162**

## **2<sup>ο</sup> Μέρος**

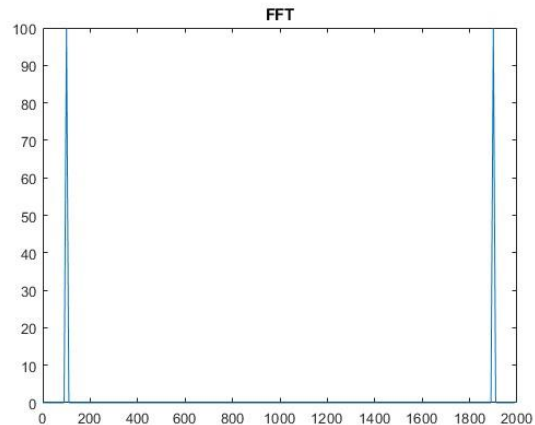
Ο κώδικας MATLAB του 2<sup>ου</sup> μέρους της άσκησης είναι ο εξής:

```
% clear
clear all; close all;
clc;
%% create a sin
Fs=2000; %συνχρότητα δειγματοληψίας
Ts=1/Fs;
T=0.1; %διάρκεια σήματος
t=0:Ts:T-Ts; %χρονικές στιγμές δειγματοληψίας
A=1; %πλάτος σήματος
x=A*sin(2*pi*100*t); %σήμα
L=length(x);
plot(t,x);
pause
%% create dft fourier transform
N=1*L; %μήκος μετασχηματισμού
Fo=Fs/N; %ανάλυση συχνότητας
Fx=fft(x,N); %dft fourier transform
freq=(0:N-1)*Fo; %διάλυση συχνοτήτων
plot(freq,abs(Fx));
title('FFT');
pause
axis([0 100 0 L/2]);
pause
%% σχεδίαση περιοδογράμματος
power=Fx.*conj(Fx)/Fs/L; %υπολογισμός πυκνότητας φασματικής ισχύος
plot(freq, power);
xlabel('Frequency (Hz)');
ylabel('Power');
title('{\bf Periodogram}');
%% υπολογισμός ισχύος
power_theory=A^2/2; %ισχύς βάση θεωρίας
db=10*log10(power_theory);
power_in_time_domain=sum(abs(x).^2)/L;
power_in_freq_domain=sum(power)*Fo;
```

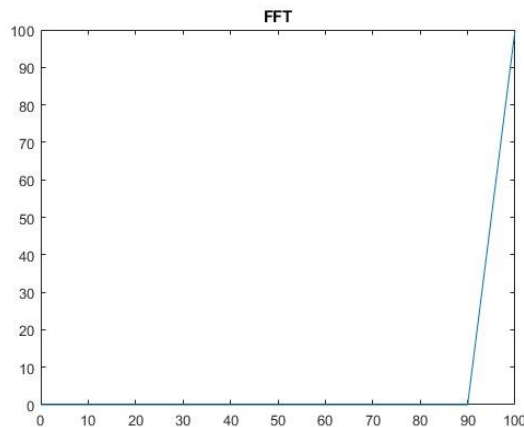
Ενώ, απ' τον παραπάνω κώδικα προκύπτουν τα εξής διαγράμματα



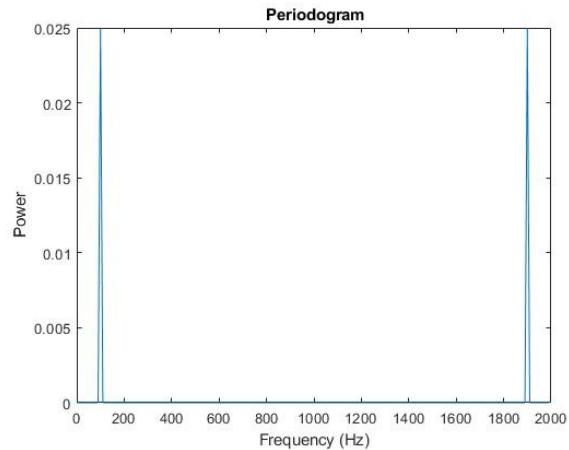
Το σήμα  $x$  για το διάστημα από 0 ως 0.1sec



Ο μετασχηματισμός Fourier του σήματος  $x$



Ο μετασχηματισμός Fourier του σήματος  $x$  για  $\text{freq} \in [0 \ 100]$  και  $F_x \in [0 \ 100]$



Το περιοδογράμμο του σήματος  $x$

### Παρατηρήσεις

Μειώνοντας την τιμή της συχνότητας δειγματοληψίας  $f_s$  (2000, 1000, 500Hz) παρατηρούμε τα εξής:

- «Τετραγώνιση» της κυματομορφής του σήματος  $x$
- Μετατόπιση του δεξιού spike του περιοδογράμματος και της απεικόνισης του FFT στην συχνότητα  $f_s - 100$  Hz
- Αύξηση του εύρους των spikes στο περιοδογράμμο και στην απεικόνιση του FFT

Έπειτα, με την αύξηση του μήκους  $N$  του μετασχηματισμού Fourier ( $L$ ,  $2L$ ,  $4L$ ) παρατηρείται το φαινόμενο της φασματικής ροής, δηλαδή μια όλο και πιο φαρδιά (wide) σειρά «λοβών» εκατέρωθεν των 2 spikes (μορφή της συνάρτησης sinc) τόσο στο  $X(f)$ , όσο και στο περιοδογράμμο.

Τέλος, η αύξηση της διάρκειας  $T$  του σήματος (0.2, 0.5, 1) φαίνεται να επηρεάζει τις σειρές «λοβών» που αναφέρονται από πάνω, και συγκεκριμένα να οδηγούν στην πύκνωσή τους. Ως αποτέλεσμα, τα spikes του φάσματος συγκλίνουν στην συνάρτηση δέλτα, την οποία θεωρητικά θα «πιάσουν» για  $T \rightarrow \infty$ .

### 3<sup>ο</sup> Μέρος

Ο κώδικας MATLAB του 3<sup>ου</sup> μέρους της άσκησης είναι ο εξής:

```
%% Part 1 Δημιουργήστε το σήμα

close all; % κλείστε όλες τις γραφικές παραστάσεις
clear all; % καθαρίστε τον χώρο εργασίας
clc; % καθαρίστε το παράθυρο εντολών

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 να συνεχίσετε
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 να συνεχίσετε

%% Υπολογίστε τον διακριτό μετασχηματισμό Fourier

N = 2^nextpow2(L); % μήκος μετασχηματισμού Fourier.
% η 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 για γραφική παράσταση
plot(f(1:300),abs(X(1:300))) % γραφική παράσταση των 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, πιάστε 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
% δείτε help fftshift για περισσότερες λεπτομέρειες

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

figure(4) % άνοιγμα παραθύρου για γραφική παράσταση
plot(f,power) % 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

disp('Part2')

%% Part 2 Προσθέστε θόρυβο στο σήμα
% Συμπληρώστε τον κώδικα για τη δημιουργία του σήματος θορύβου n με τη
% βοήθεια της συνάρτησης randn.
% Το διάνυσμα θορύβου n θα πρέπει να είναι του ίδιου μεγέθους με αυτό της
% ημιτονοειδούς κυματομορφής x του πρώτου μέρους. Δείτε help size.
% Σχεδιάστε το σήμα θορύβου στο διάστημα από 0 έως 0.3 sec και κλίμακα
% από -2 έως 2
% Υπολογίστε το περιοδόγραμμα του n και σχεδιάστε την πυκνότητα φάσματος
% ισχύος του σήματος θορύβου.
% Προσθέστε το σήμα θορύβου και το x για να λάβετε το σήμα με θόρυβο s.
% Σχεδιάστε το σήμα με θόρυβο s στο πεδίο του χρόνου στην περιοχή 0 έως
% 0.2 sec και κλίμακα από -2 έως 2 καθώς και το αμφίπλευρο φάσμα του
%% Δημιουργία και σχεδιασμός σήματος θορύβου
noise_sz=size(x);
n=randn(noise_sz);

figure(5) % άνοιγμα παραθύρου για γραφική παράσταση
plot(t,n) % γραφική παράσταση του σήματος
title('Time domain plot of Noise') % τίτλος γραφικής παράστασης
xlabel('t (sec)') % λεζάντα στον άξονα x
ylabel('Amplitude') % λεζάντα στον άξονα y
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 να συνεχίσετε

%% Υπολογισμός περιοδογράμματος και πυκνότητας φάσματος ισχύος θορύβου
Noise=fft(n,N); % υπολογισμός DFT του θορύβου
power_of_n=Noise.*conj(Noise)/N/L; % υπολογισμός πυκνότητας ισχύος
f=f+Fs/2; % ολίσθηση συχνοτήτων προς τα δεξιά κατά Fs/2

figure(6) % άνοιγμα παραθύρου για γραφική παράσταση
plot(f,power_of_n) % 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

```

```

%% Προσθήκη θορύβου n στο σήμα x και σχεδιασμός του νέου σήματος
s=x+n;

```

```

figure(7) % άνοιγμα παραθύρου για γραφική παράσταση

```

```

plot(t,s) % γραφική παράσταση του σήματος
title('Time domain plot of Noised x') % τίτλος γραφικής παράστασης
xlabel('t (sec)') % λεζάντα στον άξονα x
ylabel('Amplitude') % λεζάντα στον άξονα y
axis([0 0.2 -2 2]) % εμφάνιση του σήματος από 0 έως 0.2 sec και
                  % κλίμακα από -2 έως 2
pause

```

```

S=fft(s,N);
f=f-Fs/2; % ολίσθηση συχνοτήτων προς τα αριστερά κατά -Fs/2
S=fftshift(S); % ολίσθηση της μηδενικής συχνότητας στο κέντρο
              % του φάσματος

```

```

figure(8)

```

```

plot(f,abs(S));
title('Two sided spectrum of Noised x');
xlabel('f (Hz)');
ylabel('Amplitude');
pause % αναμονή, πιάστε ένα πλήκτρο για να συνεχίσετε

```

```

disp('Part3')

```

```

%% Part 3 Πολλαπλασιασμός Σημάτων
% Συμπληρώστε τον κώδικα δημιουργίας ενός ημιτονοειδούς σήματος συχνότητας
% 750 Hz και πολλαπλασιάστε με το προηγούμενο σήμα s.
% Τα δύο σήματα θα πρέπει να είναι του ίδιου μεγέθους και να χρησιμοποιηθεί
% ο τελεστής '.' για ανά στοιχείο πολλαπλασιασμό.
% Σχεδιάστε το αποτέλεσμα στο πεδίο του χρόνου στην περιοχή 0 έως 0.2 sec
% και κλίμακα από -2 έως 2 καθώς και στο πεδίο της συχνότητας
% χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση fftshift.
%% Δημιουργία ημιτονοειδούς συχνότητας 750Hz

```

```

%ίδιες προδιαγραφές δειγματοληψίας και μήκους σήματος
x_new=sin(2*pi*750*t); % ημιτονικό σήμα συχνότητας 750 Hz

```

```

%% Πολλαπλασιασμός x_new και s
x_new=x_new.*s;

```

```

%% Σχεδιασμός
figure(9) % άνοιγμα παραθύρου για γραφική παράσταση
plot(t,x_new) % γραφική παράσταση του σήματος
title('Time domain plot of New Signal') % τίτλος γραφικής παράστασης
xlabel('t (sec)') % λεζάντα στον άξονα x
ylabel('Amplitude') % λεζάντα στον άξονα y
axis([0 0.2 -2 2]) % εμφάνιση του σήματος από 0 έως 0.2 sec και
                  % κλίμακα από -2 έως 2

```

```

pause % αναμονή, πιάστε ένα πλήκτρο για να συνεχίσετε

```

```

X_new=fft(x_new,N);
X_new=fftshift(X_new);
figure(10)

plot(f(1000:2000),abs(X_new(1000:2000)));
title('Frequency domain plot of New Signal');
xlabel('f (Hz)');
ylabel('Amplitude');

```

Ενώ τα διαγράμματα που προκύπτουν:

