

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

Απαντήσεις στο δεύτερο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

Ον/μο:	ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ	ΑΜ:	1093316	Έτος:	3ο
--------	--------------------------	-----	---------	-------	----

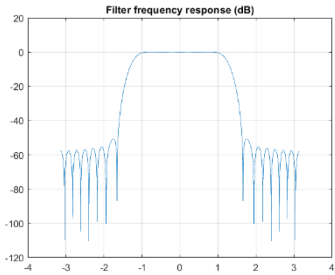
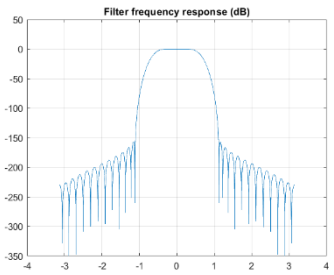
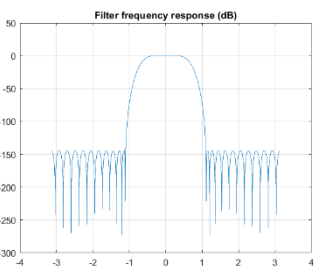
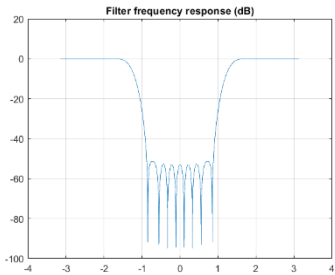
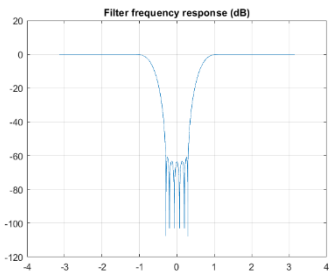
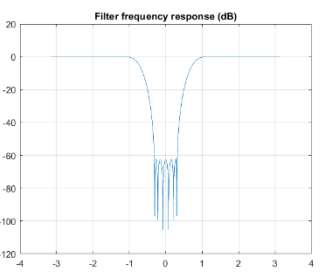
Ασκηση 1

Ερώτηση α (Ερωτήματα 1,2,3) Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα με τα μέτρα απόκρισης συχνότητας των φίλτρων που σχεδιάσατε.

Επίσης ακούστε το σήμα μετά το φιλτράρισμα. Τι παρατηρείτε;

Απάντηση:

- Παρατηρώ πως ο θόρυβος που είχε εισαχθεί στις χαμηλές συχνότητες πριν το φιλτράρισμα διατηρήθηκε, με αποτέλεσμα το τελικό σήμα $y[n]$ να μην είναι/ακούγεται ακριβώς το ίδιο με το αρχικό $y[n]$.

	Fourier Series	Don't care	Min-Max
Χαμηλό περικό			
Υψηλό περικό			

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

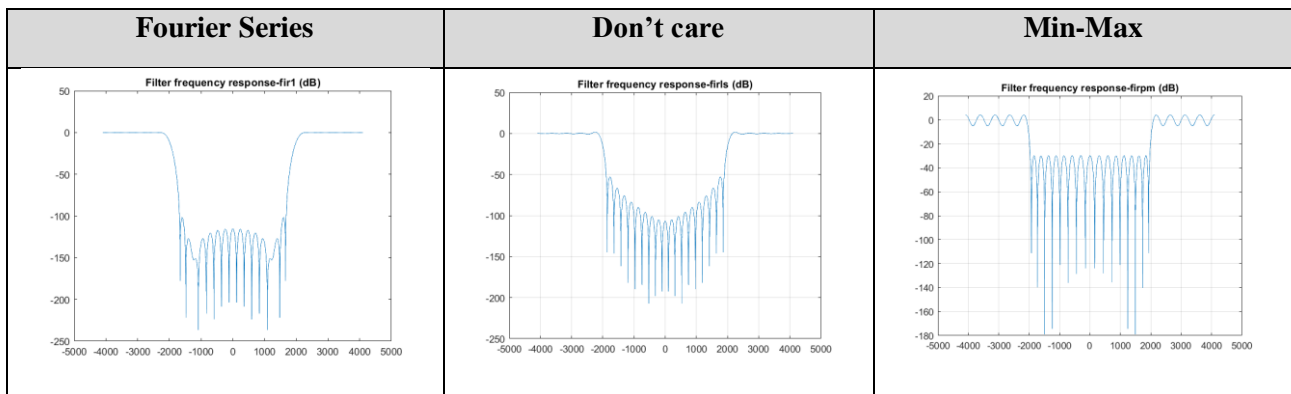
Απαντήσεις στο δεύτερο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

Ον/μο:	ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ	ΑΜ:	1093316	Έτος:	3ο
--------	--------------------------	-----	---------	-------	----

Άσκηση 2

Ερώτηση α-γ

Σχεδιάστε την απόκριση συχνότητας.



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

Απαντήσεις στο δεύτερο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

Ον/μο:	ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ	ΑΜ:	1093316	Έτος:	3ο
--------	--------------------------	-----	---------	-------	----

Ερώτηση δ

Σχεδιάστε τα πρώτα και τελευταία 100 δείγματα ενός εκ των τριών αποθορυβοποιημένων σημάτων που προέκυψαν από την εφαρμογή του εκάστοτε φίλτρου στο σήμα $x(n)$ και τα αντίστοιχα του ιδανικού σήματος $x_d(n)$ και σχολιάστε την διάρκεια των μεταβατικών φαινομένων (αν υπάρχουν).

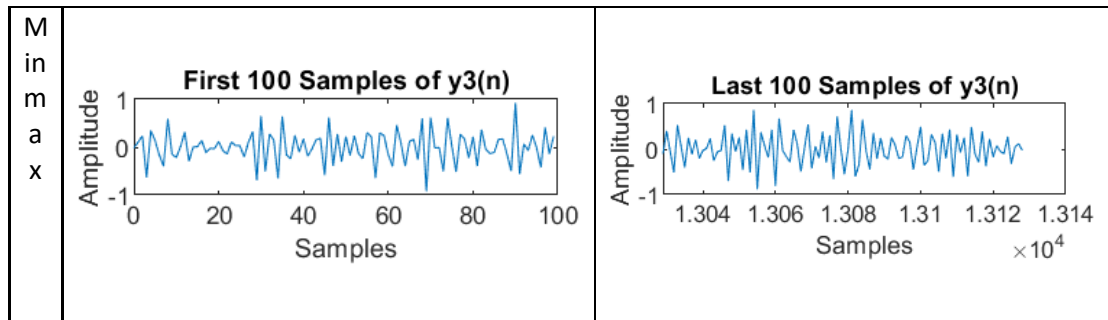
Απάντηση:

	$x(n)$ (1:100)	$x_d(n)$ (10000-100:10000)
Α ρ χ ι κ ο	<p>First 100 Samples of $x(n)$</p>	<p>Last 100 Samples of $x(n)$</p>
φ ι λ τ ρ ο υ 1	<p>First 100 Samples of $yf1(n)$</p>	<p>Last 100 Samples of $yf1(n)$</p>
φ ι λ τ ρ ο υ 2	<p>First 100 Samples of $yf2(n)$</p>	<p>Last 100 Samples of $yf2(n)$</p>

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

Απαντήσεις στο δεύτερο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

Ον/μο:	ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ	ΑΜ:	1093316	Έτος:	3ο
--------	--------------------------	-----	---------	-------	----



- Τα παραπάνω φίλτρα είναι **FIR**, επομένως η διάρκεια των μεταβατικών φαινομένων (που παρουσιάζονται στην αρχή και στο τέλος των τελικών αποθορυβοποιημένων σημάτων) ισούται με το μήκος της κρουστικής απόκρισης μείον 1:

$$\text{Διάρκεια Μεταβατικών Φαινομένων} = N-1 = 35-1 = 34 \text{ δείγματα}$$

Ερώτηση ε

Υπολογίστε το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (MSE) για κάθε ένα από τα αποθορυβοποιημένα σήματα. Αξιολογήστε την απόδοση κάθε φίλτρου. Είναι αυτή η απόδοση σε πλήρη συμφωνία με αυτό που ακούτε; Πού αποδίδετε την ασυμφωνία (αν υπάρχει);

Απάντηση:

- Αφού υπολογίσουμε τα MSE για κάθε αποθορυβοποιημένο σήμα, μπορούμε να αξιολογήσουμε την απόδοση κάθε φίλτρου. Ένα χαμηλότερο MSE υποδεικνύει καλύτερη απόδοση.

MSE for yf1: 0.11388

MSE for yf2: 0.12128

MSE for yf3: 0.14757

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

Απαντήσεις στο δεύτερο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

Ον/μο:	ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ	ΑΜ:	1093316	Έτος:	3ο
--------	--------------------------	-----	---------	-------	----

Άσκηση 3

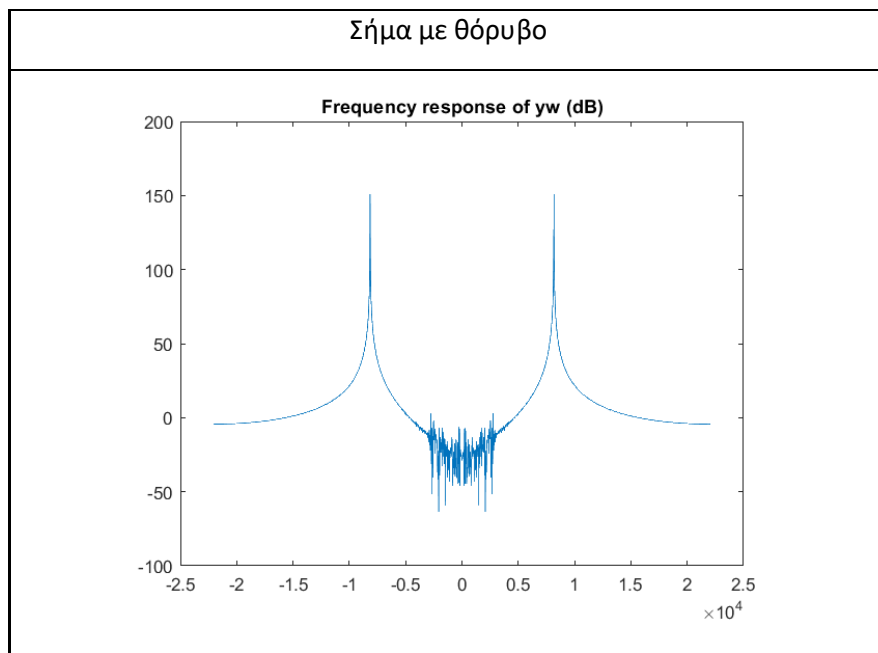
Ερώτηση α

Καταγράψτε τα πιθανά είδη θορύβου που έχουν κατά τη γνώμη σας μολύνει το σήμα εισόδου.

Απάντηση:

Πιθανότατα ο θόρυβος που ακούγεται πρόκειται για ένα σήμα που η περισσότερη ενέργειά του κατανέμεται σε μία μόνο συχνότητα (πχ ένα ημίτονο).

Ερώτηση β



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

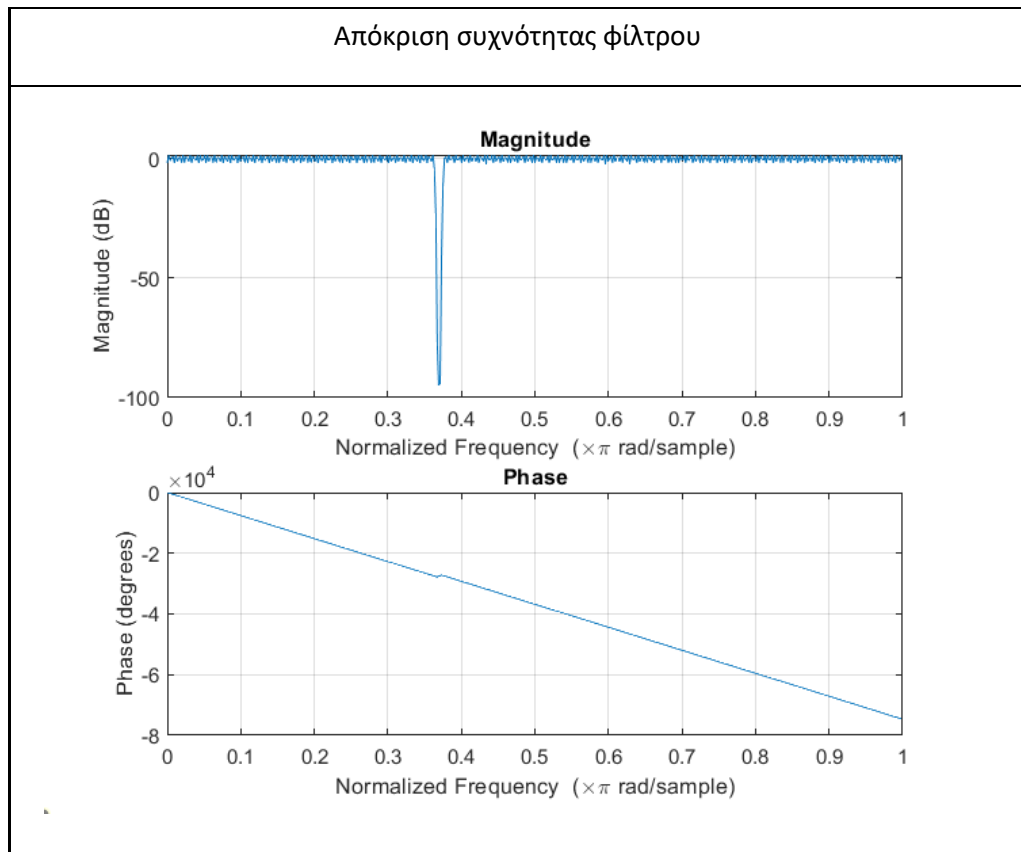
Απαντήσεις στο δεύτερο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

Ον/μο:	ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ	ΑΜ:	1093316	Έτος:	3ο
--------	--------------------------	-----	---------	-------	----

Ερώτηση γ

Αιτιολογήστε την επιλογή της κατηγορίας του φίλτρου που επιλέξατε να χρησιμοποιήσετε.

Απάντηση:



- Επέλεξα να χρησιμοποιήσω ένα **Bandstop FIR φίλτρο** το οποίο αποκόπτει τις συχνότητες μεταξύ των 8100 Hz και 8200 Hz, εκεί όπου εμφανίζεται δηλαδή ο θόρυβος. Έτσι, καταφέρνω να εξουδετερώσω τον θόρυβο, ενώ διατηρώ το υπόλοιπο σήμα ως έχει.

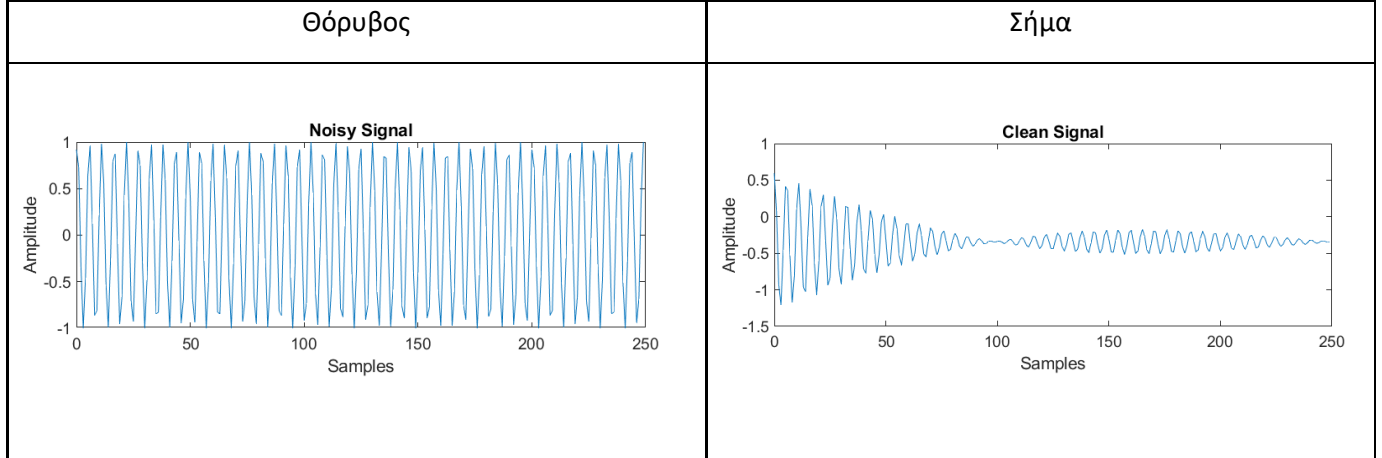
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

Απαντήσεις στο δεύτερο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

Ον/μο:	ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ	ΑΜ:	1093316	Έτος:	3ο
--------	--------------------------	-----	---------	-------	----

Ερώτηση ε

Απάντηση:



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

Απαντήσεις στο δεύτερο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

Ον/μο:	ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ	ΑΜ:	1093316	Έτος:	3ο
--------	--------------------------	-----	---------	-------	----

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ακολουθεί η επισύναψη όλου του κώδικα.

Ότι είναι **highlighted με κίτρινο μαρκαδόρο υπογράμμισης** σημαίνει ότι ακολουθούν οι απαντήσεις για κάθε ερώτημα των Ασκήσεων.

Κώδικας Άσκησης 1

```
close all;clear;clc;

N = 29;
fc = 0.4; %  $\omega_c=0.4\pi$ 

hc1 = fir1(N-1,fc,'low');
hc2 = fir1(N-1,fc,'high');

% Impulse Response of highpass fir filter hc1
figure
stem(hc1);
title('Filter Impulse Response');
grid on

% Impulse Response of highpass fir filter hc2
figure
stem(hc2);
title('Filter Impulse Response');
grid on
```


ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

Απαντήσεις στο δεύτερο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

Ον/μο:	ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ	ΑΜ:	1093316	Έτος:	3ο
--------	--------------------------	-----	---------	-------	----

```
% Frequency Response of highpass fir filter hc1 using freqz()
figure
freqz(hc1,1,512);
title('Filter Frequency Response');
grid on
```

```
% Frequency Response of highpass fir filter hc2 using freqz()
figure
freqz(hc1,1,512);
title('Filter Frequency Response');
grid on
```

```
%%
```

```
NumFFT = 4096;
Freqs = linspace(-pi,pi,NumFFT);

figure
plot(Freqs, abs(fftshift(fft(hc1,NumFFT))));
title('Filter frequency response')
grid on
```

```
figure
plot(Freqs, 20*log10(abs(fftshift(fft(hc1,NumFFT))));
title('Filter frequency response (dB)')
grid on
```

```
figure
plot(Freqs, angle(fft(hc1,NumFFT)));
title('Filter frequency response (dB)')
grid on
```

```
% ΑΣΚΗΣΗ 1 --> γράφος μέτρου απόκρισης συχνότητας για FIR highpass filter
% shifted frequency response of highpass fir filter hc2
figure
plot(Freqs, 20*log10(abs(fftshift(fft(hc2,NumFFT))));
title('Filter frequency response (dB)')
grid on
```

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

Απαντήσεις στο δεύτερο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

Ον/μο:	ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ	ΑΜ:	1093316	Έτος:	3ο
--------	--------------------------	-----	---------	-------	----

%%

% ΑΣΚΗΣΗ 1 --> β) γράφοι μέτρου απόκρισης συχνότητας για FIR highpass και lowpass
% φίλτρα
% χρήση της firls()

```
h_low = firls(N-1,[0, 0.1, 0.35, 1] , [1 1 0 0]);  
h_high = firls(N-1,[0, 0.1, 0.35, 1] , [0 0 1 1]);
```

```
figure  
plot(Freqs, 20*log(abs(fftshift(fft(h_low,NumFFT)))));  
title('Filter frequency response (dB)')  
grid on
```

```
hold on  
plot(Freqs, 20*log10(abs(fftshift(fft(h_high,NumFFT)))));  
title('Filter frequency response (dB)')  
grid on
```

%%

% ΑΣΚΗΣΗ 1 --> γ) γράφοι μέτρου απόκρισης συχνότητας για FIR highpass και lowpass
% φίλτρα
% χρήση της firpm()

```
h_low = firpm(N-1,[0, 0.1, 0.35, 1] , [1 1 0 0]);  
h_high = firpm(N-1,[0, 0.1, 0.35, 1] , [0 0 1 1]);
```

```
figure  
plot(Freqs, 20*log(abs(fftshift(fft(h_low,NumFFT)))));  
title('Filter frequency response (dB)')  
grid on
```

```
hold on  
plot(Freqs, 20*log10(abs(fftshift(fft(h_high,NumFFT)))));  
title('Filter frequency response (dB)')  
grid on
```

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

Απαντήσεις στο δεύτερο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

Ον/μο:	ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ	ΑΜ:	1093316	Έτος:	3ο
--------	--------------------------	-----	---------	-------	----

Κώδικας Άσκησης 2

```
close all;clear;clc;

load chirp
y0=y;
noise =0.5*randn(size(y));
Fs = 8192;

yw = y0 + noise;

NumFFT = 4096;
F = linspace(-Fs/2,Fs/2,NumFFT);

% Windows Visualization Tool to view Chebyshev window in time and frequency domain
% w=chebwin(35,30);
% wvtool(w);

% ΑΣΚΗΣΗ 2 --> α)

b1 = fir1(34,0.48,'high',chebwin(35,30));

% frequency response of highpass filter b1 using freqz()
freqz(b1,1,512);

% Plot the frequency response in dB using fft()
figure
plot(F, 20*log(abs(fftshift(fft(b1,NumFFT)))));
title('Filter frequency response-fir1 (dB)')

yf1 = filtfilt(b1,1,yw);

% representation of signals y0,yw,yf in the frequency domain
figure
subplot(131);plot(F, abs(fftshift(fft(y0,NumFFT))))
```

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

Απαντήσεις στο δεύτερο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

Ον/μο:	ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ	ΑΜ:	1093316	Έτος:	3ο
--------	--------------------------	-----	---------	-------	----

```
subplot(132);plot(F, abs(fftshift(fft(yw,NumFFT))))  
subplot(133);plot(F, abs(fftshift(fft(yf1,NumFFT))))
```

```
% listening to each of the above signals  
% sound(y, Fs)  
% sound(yw, Fs)  
% sound(yf1, Fs)
```

% ΑΣΚΗΣΗ 2 --> β)

```
b2 = firls(34, [0, 0.48, 0.5, 1], [0 0 1 1]);  
yf2 = filtfilt(b2,1,yw);
```

```
% Plot the frequency response  
figure  
plot(F, 20*log(abs(fftshift(fft(b2,NumFFT)))));  
title('Filter frequency response-firls (dB)')  
grid on
```

```
% listening to the signals  
% sound(y, Fs)  
% sound(yw, Fs)  
% sound(yf2, Fs)
```

% ΑΣΚΗΣΗ 2 --> γ)

```
b3 = firpm(34, [0, 0.48, 0.5, 1], [0 0 1 1]);  
yf3 = filtfilt(b3,1,yw);
```

```
% Plot the frequency response  
figure  
plot(F, 20*log(abs(fftshift(fft(b3,NumFFT)))));  
title('Filter frequency response-firpm (dB)')  
grid on
```

```
% listening to the signals  
% sound(y, Fs)  
% sound(yw, Fs)  
% sound(yf3, Fs)
```

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

Απαντήσεις στο δεύτερο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

Ον/μο:	ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ	ΑΜ:	1093316	Έτος:	3ο
--------	--------------------------	-----	---------	-------	----

%%

% ΑΣΚΗΣΗ 2 --> δ)

% Απεικόνιση πρώτων και τελευταίων 100 δειγμάτων

start_idx = 1;

end_idx = 100;

% Αποθρομβοποίηση των σημάτων

yf1 = filtfilt(b1, 1, yw);

yf2 = filtfilt(b2, 1, yw);

yf3 = filtfilt(b3, 1, yw);

% Αποθρομβωποιημένα σήματα πρώτων και τελευταίων 100 δειγμάτων

yf1_first_last = [yf1(start_idx:end_idx), yf1(end-99:end)];

yf2_first_last = [yf2(start_idx:end_idx), yf2(end-99:end)];

yf3_first_last = [yf3(start_idx:end_idx), yf3(end-99:end)];

yo_first_last = [y0(start_idx:end_idx), y0(end-99:end)];

% Δείγματα για τον άξονα x

t = 0:length(yf1)-1;

% Απεικόνιση των σημάτων

figure;

subplot(4, 2, 1);

plot(t(start_idx:end_idx), yo_first_last(start_idx:end_idx));

title('First 100 Samples of yo(n)');

xlabel('Samples');

ylabel('Amplitude');

subplot(4, 2, 2);

plot(t(end-99:end), yo_first_last(end-99:end));

title('Last 100 Samples of yo(n)');

xlabel('Samples');

ylabel('Amplitude');

subplot(4, 2, 3);

plot(t(start_idx:end_idx), yf1_first_last(start_idx:end_idx));

title('First 100 Samples of yf1(n)');

xlabel('Samples');

ylabel('Amplitude');

subplot(4, 2, 4);

plot(t(end-99:end), yf1_first_last(end-99:end));

title('Last 100 Samples of yf1(n)');

xlabel('Samples');

ylabel('Amplitude');

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

Απαντήσεις στο δεύτερο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

Ον/μο:	ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ	ΑΜ:	1093316	Έτος:	3ο
--------	--------------------------	-----	---------	-------	----

```
subplot(4, 2, 5);  
plot(t(start_idx:end_idx), yf2_first_last(start_idx:end_idx));  
title('First 100 Samples of y2(n)');  
xlabel('Samples');  
ylabel('Amplitude');
```

```
subplot(4, 2, 6);  
plot(t(end-99:end), yf2_first_last(end-99:end));  
title('Last 100 Samples of y2(n)');  
xlabel('Samples');  
ylabel('Amplitude');
```

```
subplot(4, 2, 7);  
plot(t(start_idx:end_idx), yf3_first_last(start_idx:end_idx));  
title('First 100 Samples of y3(n)');  
xlabel('Samples');  
ylabel('Amplitude');
```

```
subplot(4, 2, 8);  
plot(t(end-99:end), yf3_first_last(end-99:end));  
title('Last 100 Samples of y3(n)');  
xlabel('Samples');  
ylabel('Amplitude');
```

```
%%
```

```
% ΑΣΚΗΣΗ 2 --> ε)
```

```
% Υπολογισμός MSE για κάθε σήμα
```

```
mse1 = mean((y0 - yf1).^2);
```

```
mse2 = mean((y0 - yf2).^2);
```

```
mse3 = mean((y0 - yf3).^2);
```

```
% Εκτύπωση MSE
```

```
disp(['MSE for yf1: ', num2str(mse1)]);
```

```
disp(['MSE for yf2: ', num2str(mse2)]);
```

```
disp(['MSE for yf3: ', num2str(mse3)]);
```

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

Απαντήσεις στο δεύτερο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

Ον/μο:	ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ	ΑΜ:	1093316	Έτος:	3ο
--------	--------------------------	-----	---------	-------	----

Κώδικας Άσκησης 3

```
close all;clear;clc;

load Noisy

Fs = 44100;

%%
% ΑΣΚΗΣΗ 3 --> α)

%sound(yw, Fs)

%%
% ΑΣΚΗΣΗ 3 --> β)

NumFFT = 4096;
F = linspace(-Fs/2,Fs/2,NumFFT);

% Plot the frequency response in dB using fft()
figure
plot(F, 20*log(abs(fftshift(fft(yw,NumFFT)))));
title('Frequency response of yw (dB)')

%%
% ΑΣΚΗΣΗ 3 --> γ)
% Σχεδιάζουμε ένα φίλτρο για την αφαίρεση του θορύβου με το Filter Designer της
MATLAB

% Equiripple Bandstop filter designed using the FIRPM function.

% All frequency values are in Hz.
Fs = 44100; % Sampling Frequency

Fpass1 = 8000; % First Passband Frequency
Fstop1 = 8100; % First Stopband Frequency
Fstop2 = 8200; % Second Stopband Frequency
Fpass2 = 8300; % Second Passband Frequency
```

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

Απαντήσεις στο δεύτερο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

Ον/μο:	ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ	ΑΜ:	1093316	Έτος:	3ο
--------	--------------------------	-----	---------	-------	----

```
Dpass1 = 1;           % First Passband Ripple
Dstop  = 0.0001;      % Stopband Attenuation
Dpass2 = 1;           % Second Passband Ripple
dens    = 20;         % Density Factor

% Calculate the order from the parameters using FIRPMORD.
[N, Fo, Ao, W] = firpmord([Fpass1 Fstop1 Fstop2 Fpass2]/(Fs/2), [1 0 ...
                        1], [Dpass1 Dstop Dpass2]);

% Calculate the coefficients using the FIRPM function.
b = firpm(N, Fo, Ao, W, {dens});

% Φιλτράρουμε το σήμα με το φίλτρο που δημιουργήσαμε
y_clean = filtfilt(b, 1, yw);

% Filter's frequency response
figure;
freqz(b,1,512);

%%
% ΑΣΚΗΣΗ 3 --> δ)
% Ακούμε το φιλτραρισμένο σήμα
sound(y_clean, Fs);

%%
% ΑΣΚΗΣΗ 3 --> ε)
% Σχεδιάζουμε την κυματομορφή του θορύβου και του αποθορυβοποιημένου σήματος
num_samples = 250;

figure;
t = 0:num_samples-1;
subplot(2,1,1);
plot(t, yw(1:num_samples));
title('Noisy Signal');
xlabel('Samples');
ylabel('Amplitude');

subplot(2,1,2);
plot(t, y_clean(1:num_samples));
title('Clean Signal');
xlabel('Samples');
ylabel('Amplitude');
```