

ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΩΝ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕ MATLAB

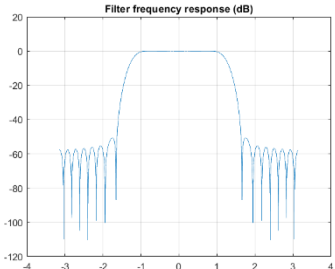
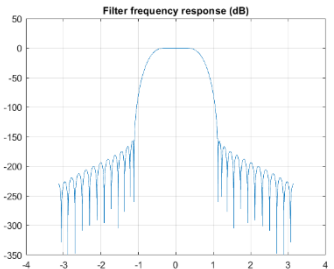
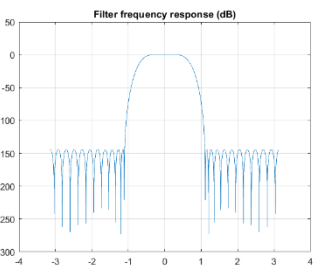
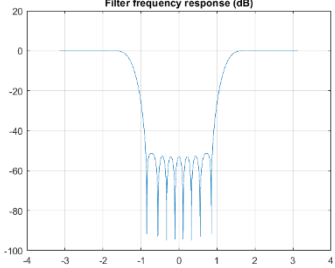
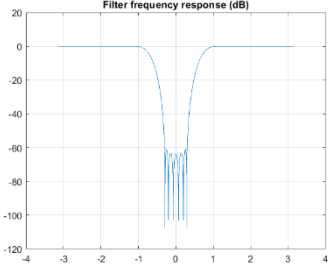
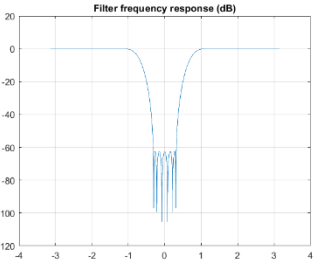
Άσκηση 1

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_f να μην είναι/ακούγεται ακριβώς το ίδιο με το αρχικό y_0 .

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

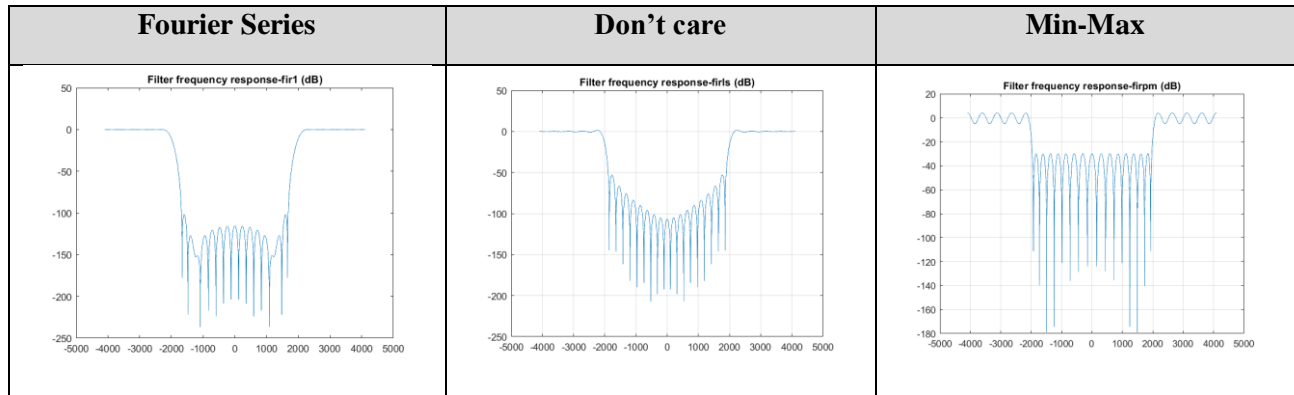
ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΩΝ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕ MATLAB

Άσκηση 2

Ερώτηση α-γ

Σχεδιάστε την απόκριση συχνότητας.



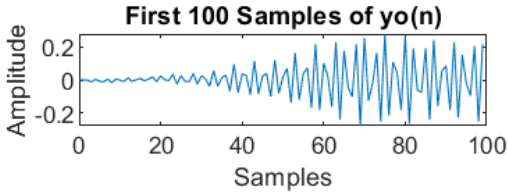
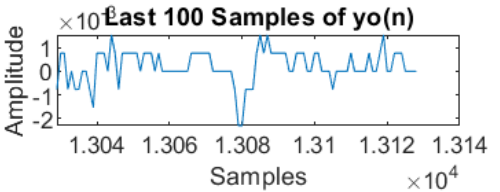
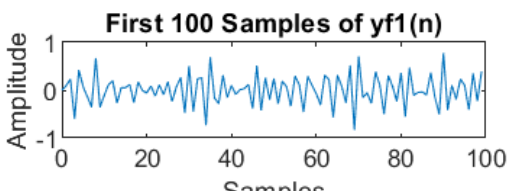
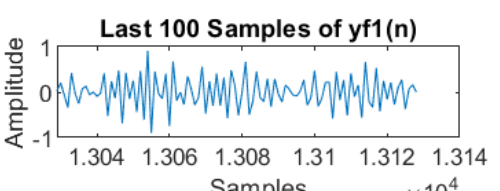
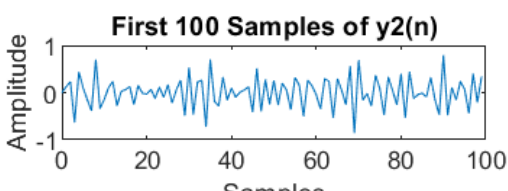
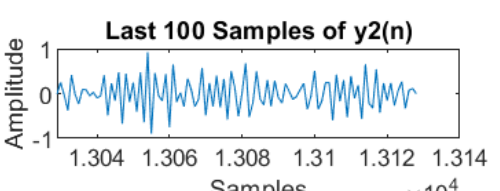
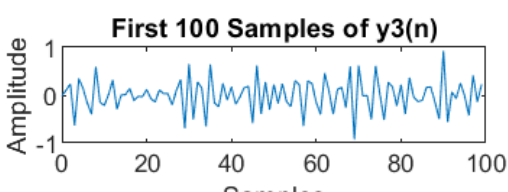
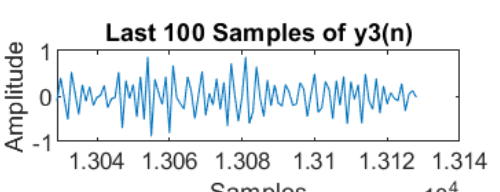
Ερώτηση δ

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

ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΩΝ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕ MATLAB

Απάντηση:

	\square (1:100)	\square ($\square\square\square - 100:\square\square\square$)
A ρ χ ι κ ο		
fo u r i e r		
D o n' t c a r e		
M i n i m a x		

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

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

ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΩΝ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕ MATLAB

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

Άσκηση 3

Ερώτηση α

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

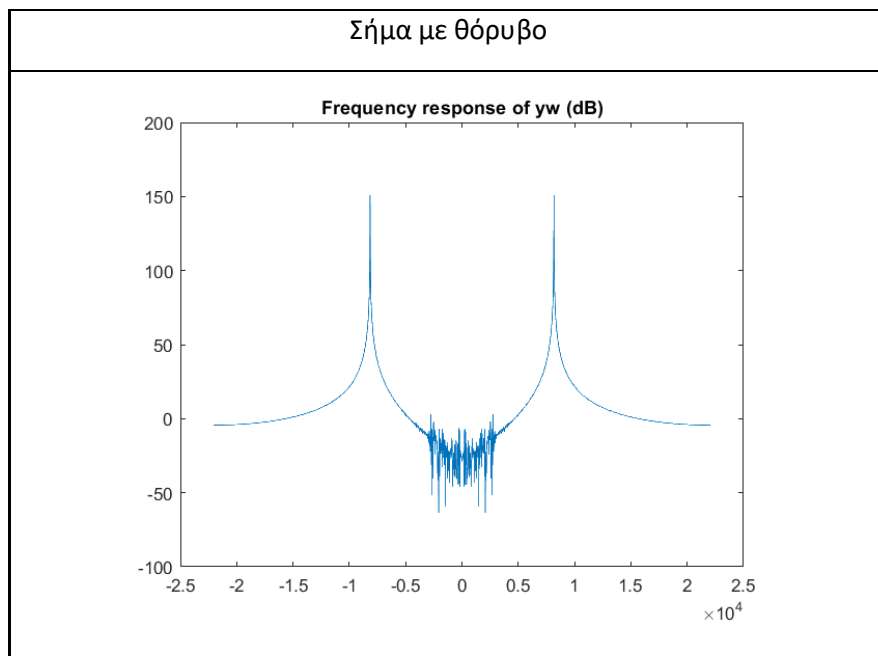
Απάντηση:

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

ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΩΝ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕ MATLAB

Ερώτηση β



Ερώτηση γ

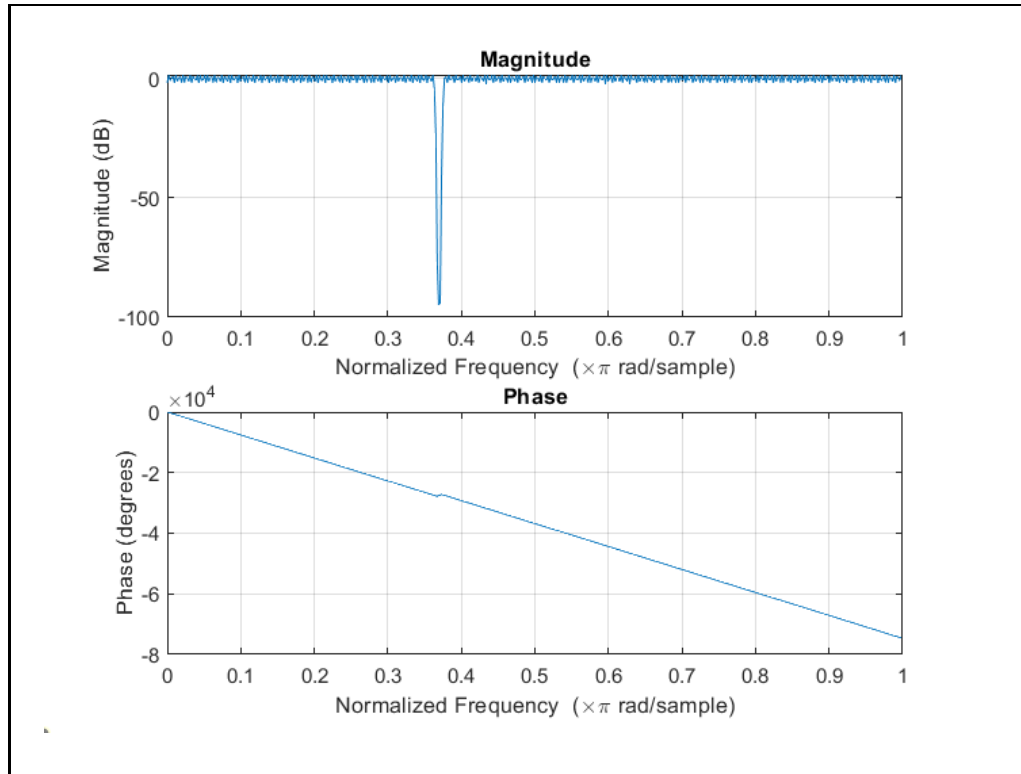
Αιτιολογήστε την επιλογή της κατηγορίας του φίλτρου που επιλέξατε να χρησιμοποιήσετε.

Απάντηση:

Απόκριση συχνότητας φίλτρου

ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΩΝ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕ MATLAB



- 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.

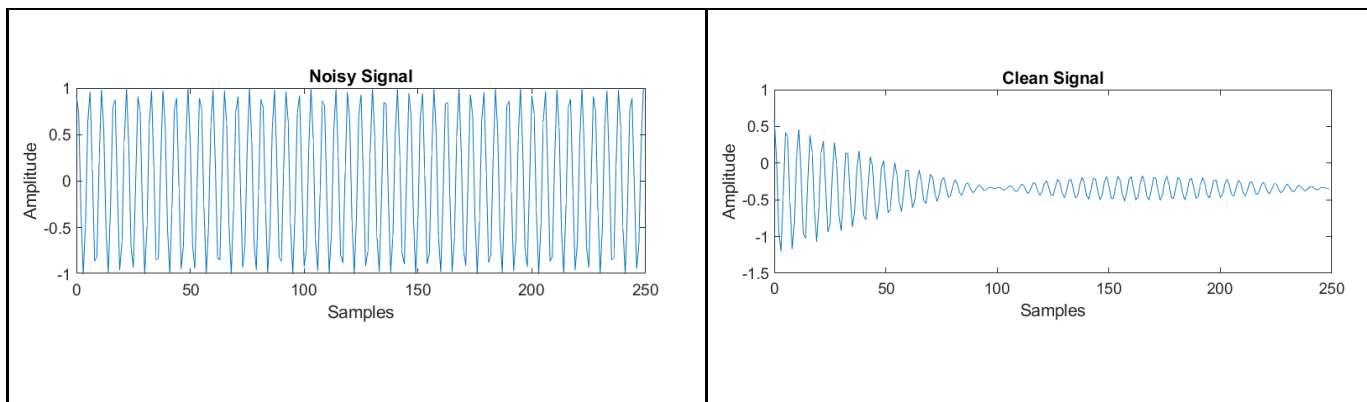
Ερώτηση ε

Απάντηση:

Θόρυβος	Σήμα
---------	------

ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΩΝ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕ MATLAB



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΩΝ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕ MATLAB

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

% 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
```


ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΩΝ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕ MATLAB

%%

```
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
```

%%

```
% 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
```

ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΩΝ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕ MATLAB

```
%%
```

```
% 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
```

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
```

ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΩΝ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕ MATLAB

```
% 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))))  
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)
```

ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΩΝ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕ MATLAB

% 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)
```

```
%%
```

% 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);
```

```
% Αποθρομβοποιημένα 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');
```

ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΩΝ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕ MATLAB

```
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');

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);
```

ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΩΝ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕ MATLAB

```
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)]);
```

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
```

ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΩΝ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕ 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
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');
```

ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΩΝ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕ MATLAB

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