

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

## Απαντήσεις στο δεύτερο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

|        |                                 |     |         |       |                |
|--------|---------------------------------|-----|---------|-------|----------------|
| Ον/μο: | ΚΩΝΣΤΑΝΤΑΚΟΠΟΥΛΟΣ<br>ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ | ΑΜ: | 1090059 | Έτος: | 4 <sup>ο</sup> |
|--------|---------------------------------|-----|---------|-------|----------------|

### 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:**

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

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

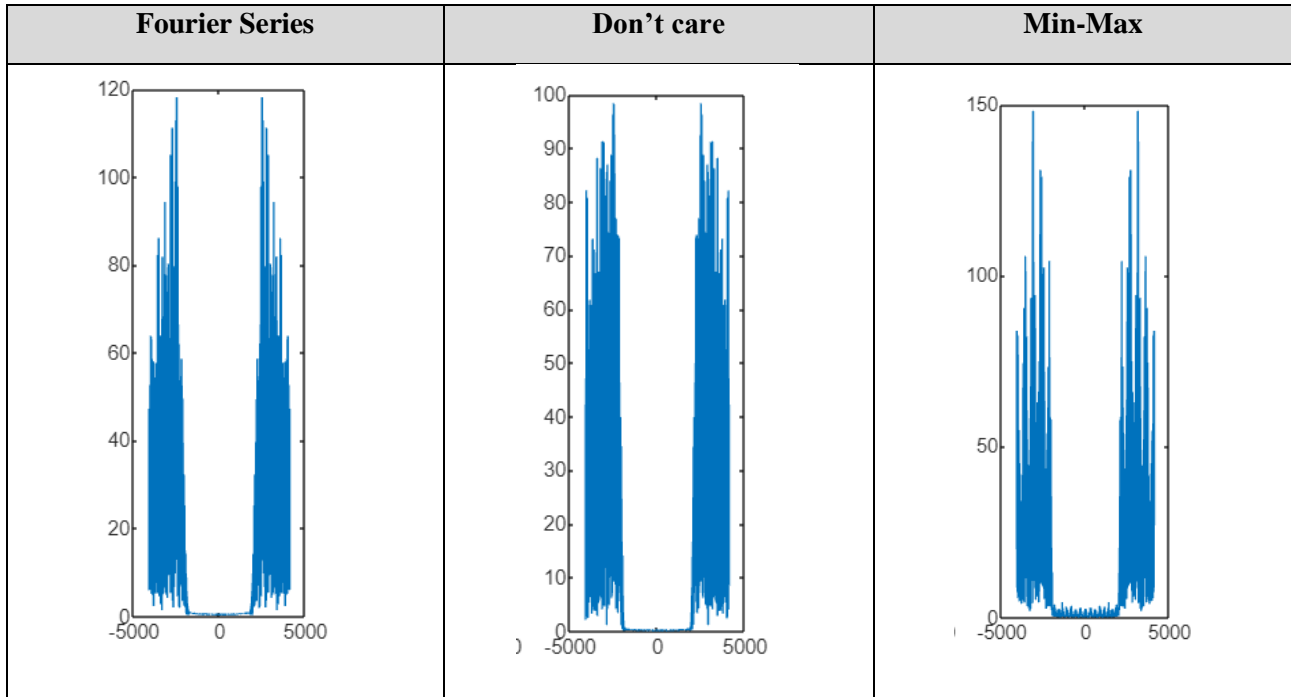
## Απαντήσεις στο δεύτερο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

|        |                                 |     |         |       |                |
|--------|---------------------------------|-----|---------|-------|----------------|
| Ον/μο: | ΚΩΝΣΤΑΝΤΑΚΟΠΟΥΛΟΣ<br>ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ | ΑΜ: | 1090059 | Έτος: | 4 <sup>ο</sup> |
|--------|---------------------------------|-----|---------|-------|----------------|

### 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  $y_w(n)$  και τα αντίστοιχα του ιδανικού σήματος  $y_o(n)$  και σχολιάστε την διάρκεια των μεταβατικών φαινομένων (αν υπάρχουν).

**Απάντηση:**

|                            | $y \ (1:100)$ | $y \ (end - 100:end)$ |
|----------------------------|---------------|-----------------------|
| Α<br>ρ<br>χ<br>ι<br>κ<br>ο |               |                       |

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

## Απαντήσεις στο δεύτερο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

|        |                                 |     |         |       |                |
|--------|---------------------------------|-----|---------|-------|----------------|
| Ον/μο: | ΚΩΝΣΤΑΝΤΑΚΟΠΟΥΛΟΣ<br>ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ | ΑΜ: | 1090059 | Έτος: | 4 <sup>ο</sup> |
|--------|---------------------------------|-----|---------|-------|----------------|

|   |  |  |
|---|--|--|
| f<br>o<br>u<br>r<br>i<br>e<br>r           |  |  |
| D<br>o<br>n<br>,<br>t<br>c<br>a<br>r<br>e |  |  |
| M<br>i<br>n<br>m<br>a<br>x                |  |  |

**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:

Το μέσο τετραγωνικό σφάλμα υπολογίστηκε καλώντας τη συνάρτηση `mean` με όρισμα  $r1.^2$ , όπου  $r1 = \text{output} - y$  με το `output` να είναι το φιλτραρισμένο σήμα και  $y$  το αρχικό. Με τη χρήση της συνάρτησης `fir1()` το μέσο τετραγωνικό σφάλμα που προέκυψε ήταν ίσο με 0.0098. Με τη χρήση της συνάρτησης `firls()` το μέσο τετραγωνικό σφάλμα ήταν ίσο με 0.0104, ενώ με τη χρήση της `firpm()` ήταν ίσο με 0.0113. Από τα παραπάνω παρατηρούμε πως το μικρότερο μέσο τετραγωνικό σφάλμα υπολογίζεται όταν χρησιμοποιούμε τη συνάρτηση `fir1()`, ενώ το μεγαλύτερο προκύπτει με τη συνάρτηση `firpm()`. Συνεπώς, καλύτερη απόδοση έχει το φίλτρο που δημιουργήθηκε με τη συνάρτηση `fir1()`. Ωστόσο, δεν μπορεί ακουστικά να παρατηρηθεί κάποια έντονη διαφορά ανάμεσα στα φιλτραρισμένα σήματα.

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

## Απαντήσεις στο δεύτερο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

|        |                                 |     |         |       |                |
|--------|---------------------------------|-----|---------|-------|----------------|
| Ον/μο: | ΚΩΝΣΤΑΝΤΑΚΟΠΟΥΛΟΣ<br>ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ | ΑΜ: | 1090059 | Έτος: | 4 <sup>ο</sup> |
|--------|---------------------------------|-----|---------|-------|----------------|

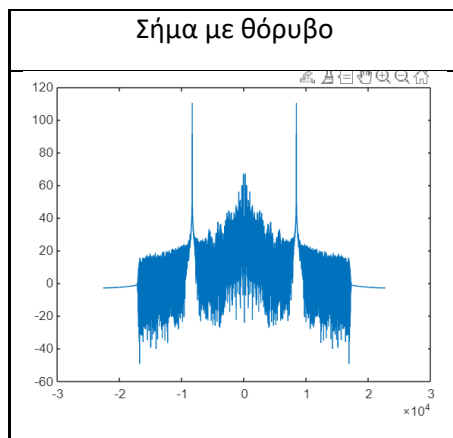
### Άσκηση 3

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

**Απάντηση:**

Χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση `sound()` με όρισμα το δοσμένο σήμα ακούγεται ένας έντονος συνεχόμενος θόρυβος. Είναι πιθανό ο θόρυβος που μολύνει το σήμα εισόδου να είναι ένα είδος λευκού θορύβου, που χαρακτηρίζεται από περιοδικότητα και ίδια σταθερή ένταση σε διαφορετικές συχνότητες. Αποτελείται από έναν ταυτόχρονο συνδυασμό χαμηλών και υψηλών συχνοτήτων.

**Ερώτηση β**



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

**Απάντηση:**




# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

## Απαντήσεις στο δεύτερο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

|        |                                 |     |         |       |                |
|--------|---------------------------------|-----|---------|-------|----------------|
| Ον/μο: | ΚΩΝΣΤΑΝΤΑΚΟΠΟΥΛΟΣ<br>ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ | ΑΜ: | 1090059 | Έτος: | 4 <sup>ο</sup> |
|--------|---------------------------------|-----|---------|-------|----------------|

Ερώτηση ε

Απάντηση:

| Θόρυβος   | Σήμα   |
|---|--|
|  |  |

### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Παρακάτω παρατίθεται ο κώδικας που αναπτύχθηκε για την επίλυση των ερωτημάτων:

#### Άσκηση 1

##### Fourier Series:

```
close all;clear;clc;

N = 29;
fc = 0.2;

hc = fir1(N-1,fc,'low');

stem(hc);

freqz(hc,1,512);

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

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

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

## Απαντήσεις στο δεύτερο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

|        |                                 |     |         |       |                |
|--------|---------------------------------|-----|---------|-------|----------------|
| Ον/μο: | ΚΩΝΣΤΑΝΤΑΚΟΠΟΥΛΟΣ<br>ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ | ΑΜ: | 1090059 | Έτος: | 4 <sup>ο</sup> |
|--------|---------------------------------|-----|---------|-------|----------------|

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

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

για το υπερπέρατο όπου 'low' βάζουμε 'high'  
 $\omega_c=0,4\pi \Rightarrow 2\pi f_c = 0,4\pi \Rightarrow f_c = 0,2$

### Don't care

```
close all;clear;clc;
```

```
N = 29;
fc = 0.2;
```

```
hc = fir1(N-1,fc,['high']);
```

```
stem(hc);
```

```
freqz(hc,1,512);
```

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

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

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

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

```
%%
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
```

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

## Απαντήσεις στο δεύτερο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

|        |                                 |     |         |       |                |
|--------|---------------------------------|-----|---------|-------|----------------|
| Ον/μο: | ΚΩΝΣΤΑΝΤΑΚΟΠΟΥΛΟΣ<br>ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ | ΑΜ: | 1090059 | Έτος: | 4 <sup>ο</sup> |
|--------|---------------------------------|-----|---------|-------|----------------|

```
plot(Freqs, 20*log10(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
```

### Min-Max

```
close all;clear;clc;
```

```
N = 29;  
fc = 0.2;
```

```
hc = fir1(N-1,fc,['high']);
```

```
stem(hc);
```

```
freqz(hc,1,512);
```

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

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

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

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

```
%%  
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*log10(abs(fftshift(fft(h_low,NumFFT)))));  
title('Filter frequency response (dB)')  
grid on
```

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

## Απαντήσεις στο δεύτερο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

|        |                                 |     |         |       |                |
|--------|---------------------------------|-----|---------|-------|----------------|
| Ον/μο: | ΚΩΝΣΤΑΝΤΑΚΟΠΟΥΛΟΣ<br>ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ | ΑΜ: | 1090059 | Έτος: | 4 <sup>ο</sup> |
|--------|---------------------------------|-----|---------|-------|----------------|

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

### Άσκηση 2

#### Fourier Series

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

yw = y0 + noise;

figure
subplot(131);plot(y0)
subplot(132);plot(yw)

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

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

yf = filtfilt(b,1,yw);
subplot(133);plot(yf)

freqz(b,1,512);

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(yf,NumFFT))))

sound(y, Fs)
sound(yw, Fs)
sound(yf, Fs)
```

#### Don't care

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



# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

## Απαντήσεις στο δεύτερο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

|        |                                 |     |         |       |                |
|--------|---------------------------------|-----|---------|-------|----------------|
| Ον/μο: | ΚΩΝΣΤΑΝΤΑΚΟΠΟΥΛΟΣ<br>ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ | ΑΜ: | 1090059 | Έτος: | 4 <sup>ο</sup> |
|--------|---------------------------------|-----|---------|-------|----------------|

```
Fs = 8192;  
  
yw = y0 + noise;  
  
figure  
subplot(131);plot(y0)  
subplot(132);plot(yw)  
  
NumFFT = 4096;  
F = linspace(-Fs/2,Fs/2,NumFFT);  
  
b = fir1(34,0.48,'high',chebwin(35,30));  
  
h_high = firls(34,[0,0.48, 0.5, 1] , [0 0 1 1]);  
  
yf = filtfilt(h_high,1,yw);  
subplot(133);plot(yf)  
  
freqz(b,1,512);  
  
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(yf,NumFFT))))  
  
sound(y, Fs)  
sound(yw, Fs)  
sound(yf, Fs)
```

### Min-Max

```
load chirp  
y0=y;  
noise =0.5*randn(size(y));  
Fs = 8192;  
  
yw = y0 + noise;  
  
figure  
subplot(131);plot(y0)  
subplot(132);plot(yw)  
  
NumFFT = 4096;  
F = linspace(-Fs/2,Fs/2,NumFFT);
```

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

## Απαντήσεις στο δεύτερο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

|        |                                 |     |         |       |                |
|--------|---------------------------------|-----|---------|-------|----------------|
| Ον/μο: | ΚΩΝΣΤΑΝΤΑΚΟΠΟΥΛΟΣ<br>ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ | ΑΜ: | 1090059 | Έτος: | 4 <sup>ο</sup> |
|--------|---------------------------------|-----|---------|-------|----------------|

```
b = fir1(34,0.48,'high',chebwin(35,30));  
  
h_high = firpm(34,[0,0.48, 0.5, 1] , [0 0 1 1]);  
  
yf = filtfilt(h_high,1,yw);  
subplot(133);plot(yf)  
  
freqz(b,1,512);  
  
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(yf,NumFFT))))  
  
sound(y, Fs)  
sound(yw, Fs)  
sound(yf, Fs)
```