**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:**

**Αυτό το οποίο παρατηρούμε είναι πως όταν είναι υψιπερατό ή χαμηλοπερατό κάποιο φίλτρο τότε θα προκύψει διαφορά μεταξύ τους έστω και αν αυτή είναι σχετικά μικρή. Το αμέσως επόμενω που αξίζει να σημειωθεί έχει να κάνει με το μέτρο της απόκρισης συχνότητας στις δύο περιπτώσεις φίλτρων. Συγκεκριμένα το μέτρο της απόκρισης συχνότητας όταν έχουμε υψιπερατό φίλτρο είναι πολύ κοντά στο 0 στις συχνότητες που βρίσκονται πάνω από την συχνότητα αποκοπής. Αντίθετα όταν έχουμε χαμηλοπερατό φίλτρο το μέτρο της απόκρισης συχνότητας είναι και πάλι πολύ κοντά στο 0 αλλά στις συχνότητες που βρίσκονται κάτω από την συχνότητα αποκοπής.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Fourier Series** | **Don’t care** | **Min-Max** |
| **Χαμηλοπερατό** |  |  |  |
| **Υψιπερατό** |  |  |  |

**Ασκηση 2**

**Ερώτηση α-γ**

Σχεδιάστε την απόκριση συχνότητας.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Fourier Series** | **Don’t care** | **Min-Max** |
|  |  |  |

**Ερώτηση δ**

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

**Απάντηση:**

**Αυτό το οποίο παρατηρούμε είναι ότι χρησιμοποιώντας τα φίλτρα χάνονται όλο και πιο πολύ τα μεταβατικά φαινόμενα, κάτι το οποίο είναι λογικό αν κοιτάξουμε τα δείγματα μας και μαζί με αυτά παρατηρήσουμε και τα δείγματα του ιδανικού σήματος. Αυτό το οποίο είναι εμφανές είναι κάποιες αιχμές που δημιουργούνται λόγω του λευκού θορύβου, οι οποίες είναι αδύνατον να απομακρυνθούν τελείως. Παρόλα αυτά σημαντικό μέρος αυτών έχει απομακρυνθεί και έτσι μπορούμε να έχουμε μια καλύτερη αποτύπωση του αρχικού σήματος.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| Αρχικο |  |  |
| fourier |  |  |
| Don’t care |  |  |
| Min max |  |  |

**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:**

* **MSE με χρήση fir1=0.1536**
* **MSE με χρήση firls=0.1639**
* **MSE με χρήση firpm=0.1710**

**Αυτό το οποίο μπορούμε να πούμε βλέποντας κιόλας τις τελικές τιμές των mse είναι ότι όσο πιο χαμηλή είναι η τιμή του τόσο πιο αποτελεσματικό είναι το φίλτρο, ώστε να μας παρέχει μία καλή αντιγραφή του αρχικού σήματος. Φαίνεται ξεκάθαρα ότι το πιο χαμηλό μέσο τετραγωνικό σφάλμα το έχει η fir1 και έπειτα έρχεται το firls που είναι σχετικά κοντά με την τιμή του firpm, κάτι το οποίο μπορεί εδώ να μην φαίνεται αλλά αν τρέξουμε τον κώδικα μας αρκετές φορές η τιμή των mse αλλάζει λόγω του λευκού θορύβου που μαζί με την randn αλλάζει την απόδοση του κάθε φίλτρου και αυτές οι δύο τιμές του firls και του firpm είναι σχεδόν πάντα πολύ κοντά. Το συμπέρασμα είναι ότι η ασυμφωνία αυτή οφείλεται στον λευκό θόρυβο.**

**Άσκηση 3**

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

**Απάντηση:** Κάνοντας load το αρχείο με τον ήχο στην mathlab και ακούγοντας το αντιλαμβανόμαστε ότι πρόκειται για έναν πολύ έντονο θόρυβο με σταθερή συχνότητα ο οποίος έχει αρκετά μεγάλη ενέργεια και είναι πολύ ενοχλητικός στο άκουσμα του.

**Ερώτηση β**

|  |
| --- |
| Σήμα με θόρυβο |
|  |

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

**Απάντηση: Το φίλτρο το οποίο επιλέχθηκε για την αποθορυβοποίηση το σήματος είναι ένα bandstop φίλτρο. Επιλέχθηκε το συγκεκριμένο φίλτρο διότι είναι κατάλληλο ώστε να αφαιρέσουμε τον θόρυβο με την υψηλή συχνότητα. Έπειτα μέσω του μετασχηματισμού Fourier μπορούμε να παρατηρήσουμε τις αιχμές τις οποίες προκαλούνται και παρατηρώντας αυτές τις αιχμές εφαρμόζουμε στην υλοποίηση του bandstop φίλτρου μας τα cut off frequencies 1 και 2. Αυτό το οποίο αξίζει να σημειωθεί είναι ότι το σημείο στο οποίο αποφασίσαμε να γίνει η αφαίρεση του θορύβου είναι εκεί όπου εντοπίστηκαν οι αιχμές δηλαδή στις τιμές συχνοτήτων κάπου στα 8130-8170hz.**

|  |
| --- |
| Απόκριση συχνότητας φίλτρου |
|  |

**Ερώτηση ε**

**Απάντηση:**

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

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

Να συμπεριλάβετε τον κώδικα όλων των ερωτημάτων

**Κώδικας για άσκηση 1 :**

**Αυτός είναι ο κώδικας που χρησιμοποίησα για το α) ερώτημα προκειμένου να πάρω τα ανάλογα γραφήματα από την mathlab χρησιμοποιώντας την fir1(·):**

N = 29;

fc = 0.4\*pi;

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

stem(hc);

freqz(hc,1,512);

NumFFT = 512;

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

% Σχεδιασμός μέτρου απόκρισης συχνότητας φίλτρου

figure

plot(Freqs, 20\*log10(abs(fftshift(fft(hc,NumFFT)))));

title('Απόκριση συχνότητας φίλτρου για Φίλτρο Χαμηλών Συχνοτήτων')

grid on

hc2 = fir1(N-1,fc/pi,'high');

figure

stem(hc2);

freqz(hc2,1,512);

NumFFT = 512;

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

figure

plot(Freqs, 20\*log10(abs(fftshift(fft(hc2,NumFFT)))));

title('Απόκριση συχνότητας φίλτρου για Φίλτρο Υψηλών Συχνοτήτων')

grid on

**Αυτός είναι ο κώδικας που χρησιμοποίησα για το β) ερώτημα προκειμένου να πάρω τα ανάλογα γραφήματα της από την mathlab χρησιμοποιώντας την firls(·):**

N = 29;

NumFFT = 512;

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

h\_low = firls(N-1, [0, 0.10, 0.35, 1], [1 1 0 0]);

h\_high = firls(N-1, [0, 0.10, 0.35, 1], [0 0 1 1]);

figure

plot(Freqs, 20\*log(abs(fftshift(fft(h\_low, NumFFT)))));

title('Firls για Φίλτρο Χαμηλών Συχνοτήτων')

grid on

figure

plot(Freqs, 20\*log10(abs(fftshift(fft(h\_high, NumFFT)))));

title('Firls για Φίλτρο Υψηλών Συχνοτήτων')

grid on

**Αυτός είναι ο κώδικας που χρησιμοποίησα για το γ) ερώτημα προκειμένου να πάρω τα ανάλογα γραφήματα από την mathlab χρησιμοποιώντας την firpm(·) :**

N = 29;

NumFFT = 512;

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

h\_low = firpm(N-1, [0, 0.10, 0.35, 1], [1 1 0 0]);

h\_high = firpm(N-1, [0, 0.10, 0.35, 1], [0 0 1 1]);

figure

plot(Freqs, 20\*log(abs(fftshift(fft(h\_low, NumFFT)))));

title('Firpm για Φίλτρο Χαμηλών Συχνοτήτων')

grid on

figure

plot(Freqs, 20\*log10(abs(fftshift(fft(h\_high, NumFFT)))));

title('Firpm για Φίλτρο Υψηλών Συχνοτήτων')

grid on

**Κώδικας για άσκηση 2 :**

**Αυτός είναι ο κώδικας που χρησιμοποίησα για το α) ερώτημα προκειμένου να πάρω τα ανάλογα γραφήματα από την mathlab με χρήση fir1 :**

load chirp

y0=y;

noise =0.5\*randn(size(y));

Fs = 8919;

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)

figure

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)

**Αυτός είναι ο κώδικας που χρησιμοποίησα για το β) ερώτημα προκειμένου να πάρω τα ανάλογα γραφήματα από την mathlab με χρήση firls :**

load chirp

y0=y;

noise =0.5\*randn(size(y));

Fs = 8919;

N = 35;

yw = y0 + noise;

figure

subplot(131);plot(y0)

subplot(132);plot(yw)

NumFFT = 4096;

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

b = firls(N-1,[0,0.45, 0.5, 1] , [0 0 1 1]);

yf = filtfilt(b,1,yw);

subplot(133);plot(yf)

figure

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)

**Αυτός είναι ο κώδικας που χρησιμοποίησα για το γ) ερώτημα προκειμένου να πάρω τα ανάλογα γραφήματα από την mathlab με χρήση firpm :**

load chirp

y0=y;

noise =0.5\*randn(size(y));

Fs = 8919;

N = 35;

yw = y0 + noise;

figure

subplot(131);plot(y0)

subplot(132);plot(yw)

NumFFT = 4096;

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

b = firpm(N-1,[0,0.45, 0.5, 1] , [0 0 1 1]);

yf = filtfilt(b,1,yw);

subplot(133);plot(yf)

figure

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)

**Αυτός είναι ο κώδικας που χρησιμοποίησα για το δ) ερώτημα προκειμένου να πάρω τα ανάλογα γραφήματα από την mathlab με χρήση fir1 :**

load chirp

y0=y;

noise =0.5\*randn(size(y));

Fs = 8919;

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)

figure

freqz(b,1,512);

figure

plot(yf(1:100))

title('Αρχικά δείγματα του yf')

figure

plot(y0(1:100))

title('Αρχικά δείγματα του y0')

figure

plot(yf(end-100:end))

title('Τελικά δείγματα του yf')

figure

plot(y0(end-100:end))

title('Τελικά δείγματα του y0')

sound(y, Fs)

sound(yw, Fs)

sound(yf, Fs)

**Αυτός είναι ο κώδικας που χρησιμοποίησα για το δ) ερώτημα προκειμένου να πάρω τα ανάλογα γραφήματα από την mathlab με χρήση firls :**

load chirp

y0=y;

noise =0.5\*randn(size(y));

Fs = 8919;

N = 35;

yw = y0 + noise;

figure

subplot(131);plot(y0)

subplot(132);plot(yw)

NumFFT = 4096;

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

b = firls(N-1,[0,0.45, 0.5, 1] , [0 0 1 1]);

yf = filtfilt(b,1,yw);

subplot(133);plot(yf)

figure

freqz(b,1,512);

figure

plot(yf(1:100))

title('Αρχικά δείγματα του yf')

figure

plot(y0(1:100))

title('Αρχικά δείγματα του y0')

figure

plot(yf(end-100:end))

title('Τελικά δείγματα του yf')

figure

plot(y0(end-100:end))

title('Τελικά δείγματα του y0')

sound(y, Fs)

sound(yw, Fs)

sound(yf, Fs)

**Αυτός είναι ο κώδικας που χρησιμοποίησα για το δ) ερώτημα προκειμένου να πάρω τα ανάλογα γραφήματα από την mathlab με χρήση firpm :**

load chirp

y0=y;

noise =0.5\*randn(size(y));

Fs = 8919;

N = 35;

yw = y0 + noise;

figure

subplot(131);plot(y0)

subplot(132);plot(yw)

NumFFT = 4096;

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

b = firpm(N-1,[0,0.45, 0.5, 1] , [0 0 1 1]);

yf = filtfilt(b,1,yw);

subplot(133);plot(yf)

figure

freqz(b,1,512);

figure

plot(yf(1:100))

title('Αρχικά δείγματα του yf')

figure

plot(y0(1:100))

title('Αρχικά δείγματα του y0')

figure

plot(yf(end-100:end))

title('Τελικά δείγματα του yf')

figure

plot(y0(end-100:end))

title('Τελικά δείγματα του y0')

sound(y, Fs)

sound(yw, Fs)

sound(yf, Fs)

**Αυτός είναι ο κώδικας που χρησιμοποίησα για το ε) με χρήση fir1 :**

load chirp

y0=y;

noise =0.5\*randn(size(y));

Fs = 8919;

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)

figure

freqz(b,1,512);

MSE = [mean(yf.^2)]

sound(y, Fs)

sound(yw, Fs)

sound(yf, Fs)

**Αυτός είναι ο κώδικας που χρησιμοποίησα για το ε) με χρήση firls :**

load chirp

y0=y;

noise =0.5\*randn(size(y));

Fs = 8919;

N = 35;

yw = y0 + noise;

figure

subplot(131);plot(y0)

subplot(132);plot(yw)

NumFFT = 4096;

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

b = firls(N-1,[0,0.45, 0.5, 1] , [0 0 1 1]);

yf = filtfilt(b,1,yw);

subplot(133);plot(yf)

figure

freqz(b,1,512);

MSE = [mean(yf.^2)]

sound(y, Fs)

sound(yw, Fs)

sound(yf, Fs)

**Αυτός είναι ο κώδικας που χρησιμοποίησα για το ε) με χρήση firpm :**

load chirp

y0=y;

noise =0.5\*randn(size(y));

Fs = 8919;

N = 35;

yw = y0 + noise;

figure

subplot(131);plot(y0)

subplot(132);plot(yw)

NumFFT = 4096;

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

b = firpm(N-1,[0,0.45, 0.5, 1] , [0 0 1 1]);

yf = filtfilt(b,1,yw);

subplot(133);plot(yf)

figure

freqz(b,1,512);

MSE = [mean(yf.^2)]

sound(y, Fs)

sound(yw, Fs)

sound(yf, Fs)

**Κώδικας για άσκηση 3 :**

**Αυτός είναι ο κώδικας που χρησιμοποίησα για το ερώτημα α) και β) προκειμένου να ακούσω το αρχείο με τον ήχο και να πάρω την γραφική παράσταση.**

load Noisy.mat

Fs = 44100;

sound(yw, Fs)

N = length(yw); % Αριθμός δειγμάτων

YW = fft(yw); % Υπολογισμός FFT

YW\_shifted = fftshift(YW); % Μετατόπιση μηδενικής συχνότητας στο κέντρο

f = Fs\*(-N/2:N/2-1)/N;

figure

plot(f, abs(YW\_shifted)/N)

xlabel('Συχνότητα ')

ylabel('Μέγεθος')

title('Φάσμα Μεγέθους του Σήματος')

**Αυτός είναι ο κώδικας που χρησιμοποίησα για το ερώτημα γ) ώστε να μπορέσουμε να πάρουμε το διάγραμμα για το bandstop φίλτρο μας.**

load Noisy.mat

fs = 44100;

NumFFT = 4096;

F = linspace(-fs/2, fs/2, NumFFT);

filter\_2 = bandstop;

% συχνότητας bandstop φίλτρου

[H2, w] = freqz(filter\_2, NumFFT, fs);

figure (2);

subplot(131);

impulse\_response\_2 = impz(filter\_2);

plot(impulse\_response\_2);

title('Bandstop''s Impulse Response');

xlabel('Sample Index');

ylabel('Amplitude');

subplot(132);

plot(w/pi, 20\*log10(abs(H2)));

title('Bandstop''s Magnitude of Frequency Response');

xlabel('Normalized Frequency (\times\pi rad/sample)');

ylabel('Magnitude (dB)');

subplot(133);

plot(w/pi, angle(H2));

title('Bandstop''s Phase of Frequency Response');

xlabel('Normalized Frequency (\times\pi rad/sample)');

ylabel('Phase (radians)');

f2\_output = filter(filter\_2, yw);

signals = {yw, f2\_output};

titles = {'Noisy Audio Signal', 'Bandstop Filter Output'};

for i = 1:length(signals)

figure(i+3);

subplot(121);

plot(F, abs(fftshift(fft(signals{i}, NumFFT))));

title(['Fourier Transform of ', titles{i}]);

xlabel('Frequency');

ylabel('Amplitude');

subplot(122);

plot(signals{i});

title(['Waveform of ', titles{i}]);

xlabel('Samples');

ylabel('Amplitude');

end

**Αυτός είναι ο κώδικας που χρησιμοποίησα για το ερώτημα ε) ώστε να πάρουμε την γραφική παράσταση για τα πρώτα 250 δείγματα του θορύβου που έχει μολύνει το σήμα μας.**

figure

plot(yw(1:250))

title('Πρώτα 250 δείγματα του σήματος με θόρυβο')

figure

plot(f2\_output(1:250))

title('Πρώτα 250 δείγματα του φιλτραρισμένου σήματος')

sound(yw, fs); % Αναπαραγωγή ήχου yw

pause(18); % Παύση για 18 δευτερόλεπτα

sound(f2\_output, fs);

function Hd = bandstop

Fs = 44100; % Συχνότητα δειγματοληψίας

N = 10; % Τάξη

Fc1 = 8150; % Πρώτη συχνότητα τομής

Fc2 = 8170; % Δεύτερη συχνότητα τομής

% Κατασκευή αντικειμένου FDESIGN και κλήση της μεθόδου BUTTER

h = fdesign.bandstop('N,F3dB1,F3dB2', N, Fc1, Fc2, Fs);

Hd = design(h, 'butter');

end