ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

Απαντήσεις στο πρώτο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

Ον/μο:	Αθανάσιος Σιούτας	ΑΜ:	1100711	Έτος:	3ο

<u>Άσκηση 1</u>

(α) Τι παρατηρείτε εάν αντί για *Ts*=0.02s ή 0.04s θέσετε *Ts*=0.1s ; Αιτιολογήστε την απάντησή σας

Απάντηση: Το σήμα μας εχει μέγιστη συχνότητα 9 hz. Για περίοδο δειγματοληψίας Ts=0.1s έχουμε fs=10hz με αποτελέσμα να μην ικανοποιειται το θεωρημα Nyquist(fs>=2fmax) αρα έχουμε απώλεια πληροφορίας και δεν μπορεί να γίνει σωστή ανακατασκεύη του σήματος.

(β) Πώς επηρεάζει η συχνότητα δειγματοληψίας την ποιότητα ανακατασκευής του σήματος; Για κάθε συνάρτηση ανακατασκευής χρησιμοποιήστε το μέσο τετραγωνικό σφάλμα, ανάμεσα στο αρχικό και το ανακατασκευασμένο σήμα, και την τυπική απόκλιση , ως μετρικές ποιότητας ανακατασκευής (δείτε στο m-file που σας δίνεται για τον ορισμό τους).

Απάντηση:Οσο η συχνότητα δειγματοληψίας δεν ικανοποιει το θεωρημα Nyquist,παρατηρουνται φαινομενα αναδίπλωσης και γενικοτερα χανουμε απωλεια πληροφορίας με αποτελεσμα το ανακατασκευασμένο σημα να απέχει από το αρχικό.

T_s	MSE_1, STD_1	MSE_2, STD_2	MSE_3, STD_3
0.02s	4.37e-04,0.0209	0.0064,0.08	0.0523,0.228
0.04s	0.0039,0.0625	0.0869,0.295	0.199,0.447
0.1s	0.996,0.998	0.955,0.977	0.889,0.943

Παρατηρούμε ότι η sinc για μικρα TS έχει πολύ μεγάλη ακριβεία στην ανακατασκευή.Εκτός βέβαια από την Ts=0.1 που ηταν αναμενόμενο να έχουμε απώλεια πληροφορίας καθώς δεν ικανοποιήται ο Nyquist(όπως και στις άλλες μεθόδους).

Ο τετραγωνικός εχει έντονα σφάλματα λόγω του περιορισμένου εύρος του και παρουσιάζει απότομες διακυμάνσεις.

Ο τριγωνικός έχει πιο ομαλές διακυμάνσεις αλλα και πάλι λογω του εύρος του δεν είναι τοσο ακριβής οσο η sinc.

(γ) Σχολιάστε τον ρόλο της αρχικής φάσης του σήματος.

Απάντηση:

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

Απαντήσεις στο πρώτο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

Ον/μο:	Αθανάσιος Σιούτας	ΑΜ:	1100711	Έτος:	3ο

Η διαφορά στην αρχική φάση προσθέτει μια σταθερή μετατόπιση (π/4) στα δείγματα του σήματος. Όμως, αυτό δεν επηρεάζει τη δειγματοληψία από την άποψη της ακρίβειας αν η συχνότητα δειγματοληψίας είναι επαρκής, δηλαδή αν ισχύει το κριτήριο Nyquist.

T_s	MSE_1, STD_1	MSE_2, STD_2	MSE_3, STD_3
0.1s	1.03,1.007	0.955,0.977	0.889,0.943

Η φάση φ δεν επηρεάζει τη διαδικασία της ανακατασκευής εφόσον η δειγματοληψία είναι σωστή, αλλά διαμορφώνει τη σχετική θέση της κυματομορφής στο χρόνο.

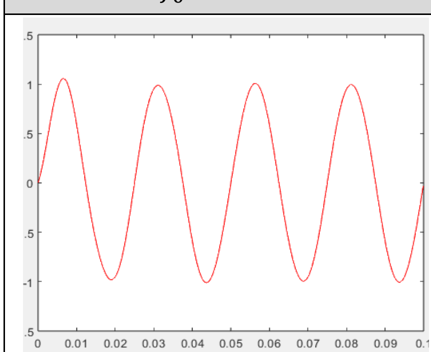
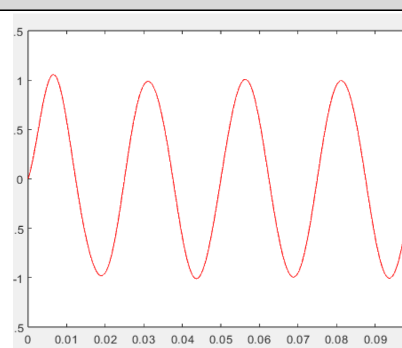
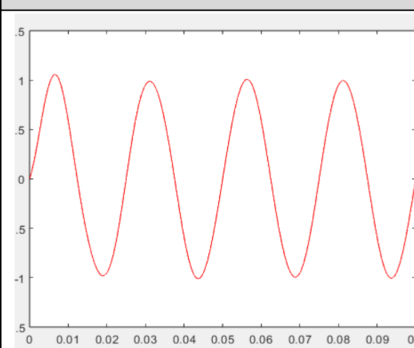
Με λίγα λόγια η αρχική φάση επηρεάζει την εμφάνιση του σήματος στο χρόνο.

Στο συγκεκριμένο στηγμιοτυπο με Ts=0.1 δεν γίνεται σωστη δειγματοληψία και η αρχική φάση φ μπορεί να προκαλέσει επιπλέον "μετατοπίσεις" στο παραμορφωμένο σήμα.

Παρατηρούμε ότι αλλάζει το σφάλμα στην sinc(αυξάνεται).

(δ) Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα με τα δικά σας γραφήματα.

Απάντηση:

$f_0 = 40Hz$	$f_0 = 240Hz$	$f_0 = 4040Hz$
		

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

Απαντήσεις στο πρώτο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

Ον/μο:	Αθανάσιος Σιούτας	ΑΜ:	1100711	Έτος:	3ο

Ερώτηση 5 (δ συνέχεια) Τι παρατηρείτε στις παραπάνω γραφικές παραστάσεις σας; Ποια η συχνότητα των ανακατασκευασμένων σημάτων; Εξηγήστε.

Απάντηση:

Παρατηρούμε ότι για f0=40 hz το σήμα δειγματολειπτηται σώστα καθώς εκπληρώνεται ο Nyquist.

Για τις επόμενες συχνότητες παρατηρηται aliasing και αν εφαρμοσουμε τον τύπο fmin=| kfs-fo|

καταλήγουμε ότι και οι υπολοιπες συχνοτητες ανακατασκευής είναι 40hz για αυτό έχουμε και το ιδιο σχήμα.

<u>Ασκηση 2</u>

(α) Αιτιολογήστε αν το σύστημα είναι αιτιατό ή όχι

Απάντηση:

Το σύστημα είναι αιτιατό καθώς εξαρτάται από ην παρούσα τιμή της εισόδου x[n] και παρελθούσες τιμές της εισόδου (x[n−1] ,x[n−2]),δεν εξαρτάται από μελλοντικές τιμές.

(β.1) Υπολογίστε κρουστική απόκριση του συστήματος (μόνο θεωρητικά).

Απάντηση:

Η κρουστική απόκριση του συστήματος, βάση ορισμού, είναι η έξοδος του συστήματος όταν του δοθεί ένα σύντομο σήμα εισόδου, δηλαδή η συνάρτηση μοναδιαίου παλμού δ[n].Συνεπώς,

<u>**h[n]=21δ[n]+δ[n−1]−21δ[n−2]**</u>

(β.2) Σχεδιάστε το μέτρο και τη φάση της απόκρισης συχνότητας θεωρητικά και χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση *freqz()* της Matlab).

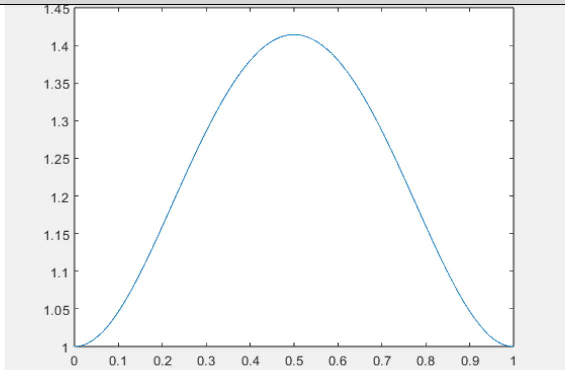
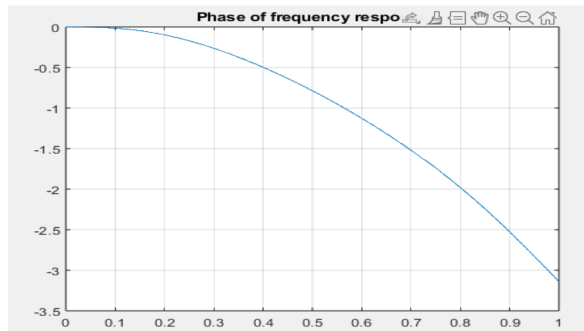
Απάντηση:

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

Απαντήσεις στο πρώτο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

Ον/μο:	Αθανάσιος Σιούτας	ΑΜ:	1100711	Έτος:	3ο

Θεωρητικά εφαρμόζωντας DTFT και στα 2 μέλη παίρνουμε **: $H(e^{j\omega}) = Y(e^{j\omega})/X(e^{j\omega})=1/2+ e^{-j\omega} -1/2e^{-2j\omega}$**

Μέτρο απόκρισης συχνότητας	**Φάση απόκρισης συχνότητας**
	

(δ) Ποιες συχνότητες του σήματος εισόδου διατηρεί το παραπάνω σύστημα;

Απάντηση:

Το σύστημα διατηρει τις συχνοτητές στο εύρος (0,1) και τις ενισχυει κιολας. Αλλα θα μπορουσαμε να πουμε ότι λειτουργει το συστημα σαν ενισχυτης.

(δ) Χρησιμοποιώντας τη συναρτηση *filter()*, υπολογίστε και σχεδιάστε την έξοδο του συστήματος για την είσοδο $x[n]$ (μόνο για τα πρώτα 100 δείγματα). Ποιες οι διαφορές;

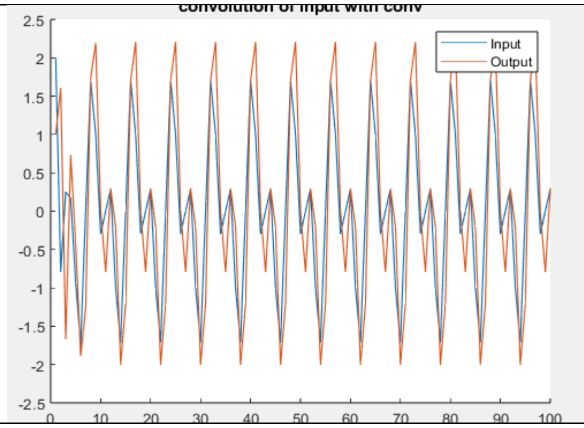
Απάντηση:

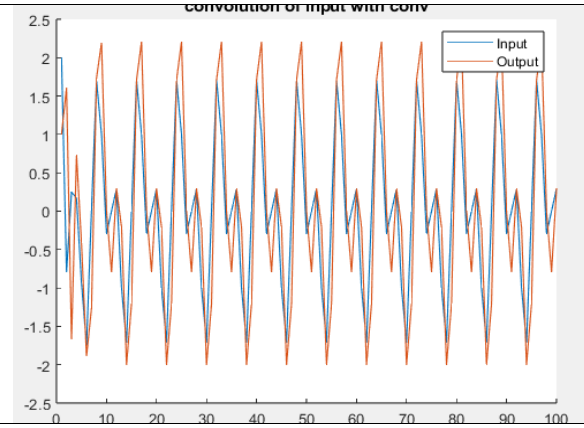
Έξοδος για *conv()*	**Έξοδος για *filter()***

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

Απαντήσεις στο πρώτο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

Ον/μο:	Αθανάσιος Σιούτας	ΑΜ:	1100711	Έτος:	3ο

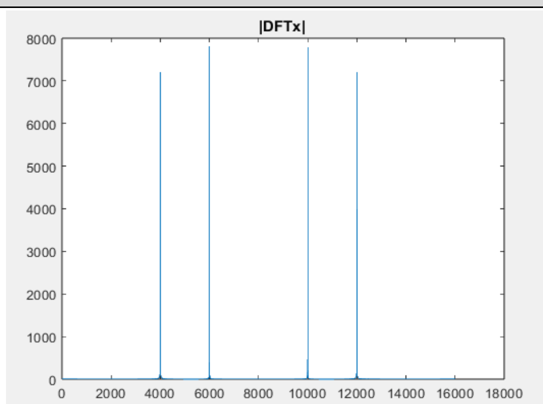
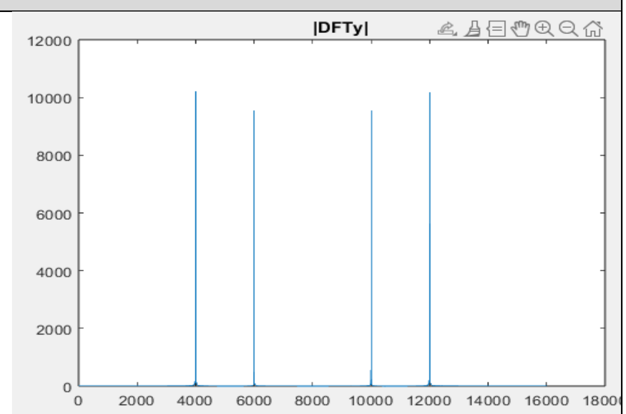




Στα 100 δείγματα δεν βλέπουμε κάποια διαφορά.

(ε) Σχεδιάστε το `abs(fftshift(fft(x)))` και `abs(fftshift(fft(y)))`.

Απάντηση:

$\lvert DFT\{x\}\rvert$	$\lvert DFT\{y\}\rvert$
	

(στ)

Στην δεύτερη περίπτωση η είσοδοι δεν είναι δυναμεις του 2 και δεν μπορει ο αλγοριθμος FFT να λειτουργήσει σωστα(δεν υπαρχει συμμετρια για δουλεψει σωστα το διαιρει και βασιλευε) και παρατηρουμε χειροτερους χρόνους.

Μήκος σήματος	Μέσος χρόνος	Μήκος σήματος	Μέσος χρόνος
2^6	**$0.0057/10^4$**	**2^6-1**	**$0.0065/10^4$**
2^7	**$0.0056/10^4$**	**2^7-1**	**$0.0278/10^4$**

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

Απαντήσεις στο πρώτο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

Ον/μο:	Αθανάσιος Σιούτας	ΑΜ:	1100711	Έτος:	3ο

2^8	**$0.0082/10^4$**	**2^8-1**	**$0.0212/10^4$**
2^9	**$0.0111/10^4$**	**2^9-1**	**$0.0625/10^4$**
2^{10}	**$0.0188/10^4$**	**2^{10}-1**	**$0.0850/10^4$**
2^{11}	**$0.0326/10^4$**	**2^{11}-1**	**$0.3701/10^4$**
2^{12}	**$0.0680/10^4$**	**2^{12}-1**	**$0.1818/10^4$**
2^{13}	**$0.1545/10^4$**	**2^{13}-1**	**$1.3732/10^4$**
2^{14}	**$0.3933/10^4$**	**2^{14}-1**	**$4.1186/10^4$**
2^{15}	**$0.7637/10^4$**	**2^{15}-1**	**$9.2951/10^4$**

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ο κώδικας όλων των Ασκήσεων 1 – 2.

1)

```
Ts = 0.005;
f0 = 4040;

initial_phase = 0;
%initial_phase = pi/4;


n  = 0:1/Ts; %discrete samples
%x = sin(2*pi*f0*n*Ts+initial_phase);
x = sin(2*pi*f0*n*Ts+initial_phase);
%plot(n,x)
dt = 0.0001;
t = 0:dt:1; %continuous time
x_cont=sin(2*pi*f0*t'+initial_phase);

% Initialize Arrays
sinc_array = zeros(length(t),length(n));
triangular_array = sinc_array;
rec_array = sinc_array;

% indx:(t/Ts-n)
indx = t'*ones(1,length(n))/Ts-ones(length(t),1)*n;
```

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

Απαντήσεις στο πρώτο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

Ον/μο:	Αθανάσιος Σιούτας	ΑΜ:	1100711	Έτος:	3ο


```
% Sinc
sinc_array = sinc(indx);

% Triangular
triangular_array(abs(indx)>1)=0; %x in [-1, 1], so delete the rest
triangular_array(abs(indx)<1) = 1 - abs(indx(abs(indx)<1));

% Rectangular
rec_array(abs(indx)<1/2) = 1;
rec_array(indx ==1/2) = 1;
rec_array(abs(indx)>1/2) = 0;


% Reconstructed Signals
x_analog1 = sum((ones(length(t),1)*x).*sinc_array,2); % Sinc Reconstruction
x_analog2 = sum((ones(length(t),1)*x).*triangular_array,2); %Triangular Reconstruction
x_analog3 = sum((ones(length(t),1)*x).*rec_array,2); % Rectangular Reconstruction

% Residual Signals

r1=x_cont-x_analog1;
r2=x_cont-x_analog2;
r3=x_cont-x_analog3;


% Plot Reconstructed Signals
figure;
plot(t(1:1000),x_cont(1:1000),'b--','LineWidth',2); % Plot original analog signal
%hold on;
figure;
plot(n(1:dt/Ts*1000)*Ts,x(1:dt/Ts*1000),'bx','MarkerSize',14); % Plot Sample Points
figure;
plot(t(1:1000),x_analog1(1:1000),'r'); % Plot sinc reconsruction
figure;
plot(t(1:1000),x_analog2(1:1000),'y'); % Plot triangular reconstruction
figure;
plot(t(1:1000),x_analog3(1:1000),'g'); % Plot rectangular reconsturction
%hold off;
%legend('Analog','Samples','Sinc','Triangular','Rectangular');
```

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

Απαντήσεις στο πρώτο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

Ον/μο:	Αθανάσιος Σιούτας	ΑΜ:	1100711	Έτος:	3ο

```
% Plot Error of Reconstruction
figure;
hold on;
plot(t(1:100),x_cont(1:100)-x_analog1(1:100)); % Plot sinc Error
plot(t(1:100),x_cont(1:100)-x_analog2(1:100)); % Plot triangular Error
plot(t(1:100),x_cont(1:100)-x_analog3(1:100)); % Plot rectangular Error
hold off;
legend('Sinc','Triangular','Rectangular');

% Plot of Distributions of residuals

figure;
hist(r1,200); % Histogram of r1
legend('Sinc Residual');
figure;
hist(r2,200); % Histogram of r2
legend('Triangular Residual');
figure;
hist(r3,200); % Histogram of r3
legend('Rectangular Residual');


MSE = [mean(r1.^2) mean(r2.^2) mean(r3.^2) ];
STD = [std(r1) std(r2) std(r3) ];
```

2)

```
h = [1/2, 1, -1/2];

[H, w] = freqz(h, 1, 1024);


figure;

plot(w/pi, (abs(H)));

title('Magnitude of frequency response');


figure;
```

Ον/μο:	Αθανάσιος Σιούτας	ΑΜ:	1100711	Έτος:	3ο


```
plot(w/pi, angle(H));
title('Phase of frequency response');
grid on;

n = 0:16000;
x = cos(pi*n/4) - sin(pi*n/2) + (-1/2).^n;

y = conv(h, x);
figure;
hold on;
plot(x(1:100));
plot(y(1:100));
hold off;
legend('Input', 'Output');
title('convolution of input with conv');

y2 = filter(h, 1, x);
figure;
hold on;
plot(x(1:100));
plot(y2(1:100));
hold off;
legend('Input', 'Output');
title('convolution of input with filter');

x_fourier = abs(fftshift(fft(x)));
```

Ον/μο:	Αθανάσιος Σιούτας	ΑΜ:	1100711	Έτος:	3ο


```
y_fourier = abs(fftshift(fft(y)));


figure;
plot(x_fourier);
title('|DFT{x}|');


figure;
plot(y_fourier);
title('|DFT{y}|');
for h = 6:15
   n=2^h;
   yrand = rand(n, 1);
   tic
   for i = 1:10000
      fft(yrand);
   end
   toc
end


for h = 6:15
   n=2^h-1;
   yrand = rand(n, 1);
   tic
   for i = 1:10000
      fft(yrand);
   end
```

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

Απαντήσεις στο πρώτο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

Ον/μο:	Αθανάσιος Σιούτας	ΑΜ:	1100711	Έτος:	3ο

```
    toc
  end
```