Τμήμα
Μηχανικών
Πληροφορικής τ.ε.
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα
Δυτικής Ελλάδας

Εξέταση Εργαστηρίου
«Ψηφιακή Επεξεργασία Σημάτων»

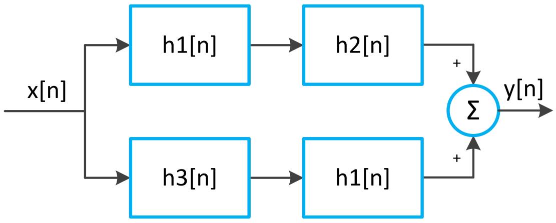
Παρασκευή, 1 Ιουνίου 2018

Ονοματεπώνυμο: ………………………………………………………………………….………… ΑΜ ………………..…………..

ΟΜΑΔΑ 1

ΘΕΜΑ 1 [2 Μονάδες]

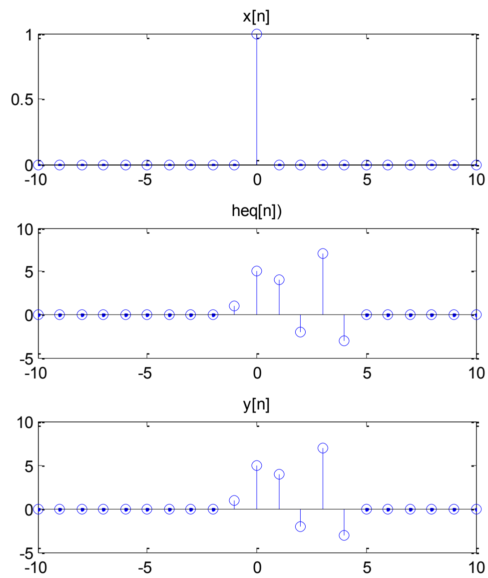
Δίνεται η ακόλουθη συνδεσμολογία συστημάτων διακριτού χρόνου με τις επιμέρους κρουστικές αποκρίσεις $h_1[n] = \{0, \hat{1}, 2, -1, 0\}$, $h_2[n] = \{0, 1, \hat{2}, -1, 0\}$ και $h_3[n] = \{0, \hat{1}, 0, 3, 0\}$.



Να γράψετε πρόγραμμα στο Matlab το οποίο:

1) Να υπολογίζει και να σχεδιάζει στο χρονικό διάστημα [-10, 10] την ισοδύναμη κρουστική απόκριση $heq(n)$ της συνδεσμολογίας. **[1 μονάδα]**
2) Να υπολογίζει την έξοδο $y[n]$, για είσοδο $x[n] = \{1, -1, \hat{0}, 2, 1, 3, -2\}$ και να σχεδιάζει την είσοδο, την ισοδύναμη κρουστική απόκριση και την έξοδο στο διάστημα [-10, 10]. **[1 μονάδα]**

Κώδικας Matlab	Αποτέλεσμα

% Ορισμός διαστήματος χρόνου
n = [-10:10];
 	
% Κατασκευή x[n] = δ[n]
x = zeros(size(n)); x(n==0) = 1;
 	
% Κατασκευή h1[n]
h1 = zeros(size(n)); h1(n==0)=1;
h1(n==1)=2; h1(n==2)=-1;
 	
% Κατασκευή h2[n]
h2 = zeros(size(n)); h2(n==-1)=1;
h2(n==0)=2; h2(n==1)=-1;
 	
% Κατασκευή h3[n]
h3 = zeros(size(n)); h3(n==0)=1;
h3(n==1)=0; h3(n==2)=3;
 	
% Υπολογισμός ισοδύναμης απόκρισης heq[n]
heq = conv(h1,h2,'same')+conv(h3,h1,'same');
	

% Υπολογισμός εξόδου y[n] με χρήση συνέλιξης y = conv(x, heq, 'same'); % Σχεδιασμός x[n] heq[n], y[n] figure(2) subplot(311); stem(n, x); title('x[n]') subplot(312); stem(n, heq); title('heq[n])') subplot(313); stem(n, y); title('y[n]')	

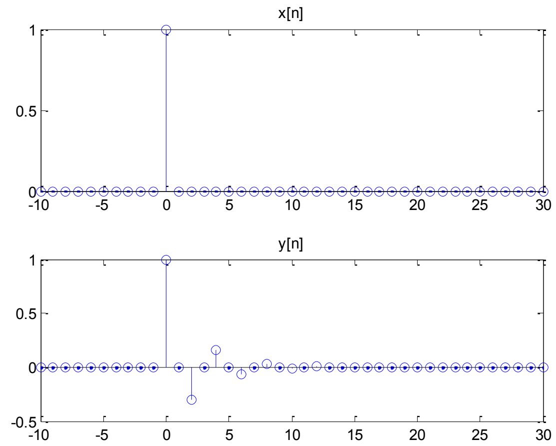
ΘΕΜΑ 2 [2 Μονάδες]

Ένα ΓΑΚΜ σύστημα περιγράφεται από τη ΓΕΔΣΣ: $y[n] + 0.2y[n-2] - 0.1y[n-4] = x[n] - 0.1\,x[n-2]$ και βρίσκεται σε κατάσταση αρχικής ηρεμίας. Να γράψετε πρόγραμμα στο Matlab το οποίο:

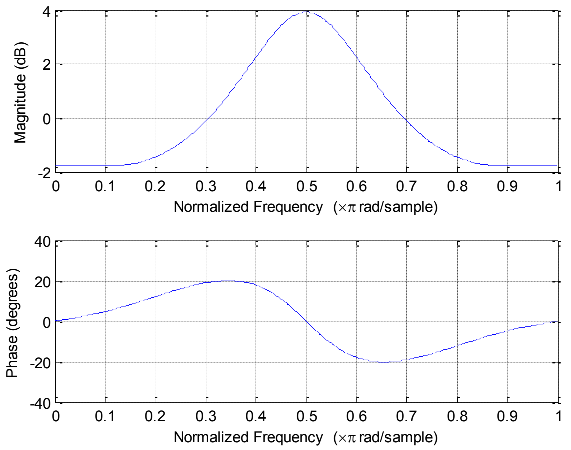
1) Να υπολογίζει και να σχεδιάζει την κρουστική απόκριση του συστήματος στο χρονικό διάστημα $n = [-10{:}30]$. **[1 μονάδα]**
2) Να υπολογίζει και να σχεδιάζει την απόκριση συχνότητας $H(z)$ του συστήματος. Με ποιο είδους ψηφιακό φίλτρο μοιάζει η απόκριση; **[1 μονάδα]**

Κώδικας Matlab	Αποτέλεσμα

```
% Δημιουργία εισόδου x(n)
n = [-10:30];

% Κατασκευή x(n) = δ[n]
x = zeros(size(n)); x(n==0) = 1;

% Περιγραφή εξίσωσης διαφορών
% y[n]+0.2y[n-2]-0.1y[n-4] = x[n]-0.1x[n-1]
a = [1, 0, 0.2, 0, -0.1];
b = [1, 0 -0.1];

% Επίλυση εξίσωσης διαφορών
y = filter( b, a, x );

% Σχεδίαση σημάτων x(n), y(n)
figure(1)
subplot(211); stem(n, x), title('x[n]')
subplot(212); stem(n, y), title('y[n]')
```




```
% Υπολογισμός απόκρισης συχνότητας
figure(2); freqz(b, a)
```



ΘΕΜΑ 3 [2.5 Μονάδες]

Ένα ΓΑΚΜ σύστημα έχει συνάρτηση μεταφοράς H(z):

$$H(z) = \frac{z^6 - z^4 + 2z^2 - z + 1}{z^7 - 0.4}$$

1) Να βρείτε τους πόλους και τα μηδενικά του συστήματος και να σχεδιάσετε το διάγραμμα πόλων - μηδενικών. **[1 μονάδα]**
2) Να εξηγήσετε αν το σύστημα είναι ευσταθές ή ασταθές και γιατί. **[0.5 μονάδα]**
3) Να εξηγήσετε αν το σύστημα είναι ελάχιστης, μέγιστης ή μικτής φάσης και γιατί. **[0.5 μονάδα]**
4) Να σχεδιάσετε την απόκριση συχνότητας του συστήματος **[0.5 μονάδα]**

<table>
<tr><th>Κώδικας Matlab</th><th>Αποτέλεσμα</th></tr>
<tr><td>

```
% Περιγραφή συνάρτησης μεταφοράς
b = [0, 1, 0, -1, 0, 2, -1, 1];
a = [1, 0, 0,  0, 0, 0, 0, -0.4];

% Υπολογισμός πόλων και μηδενικών
[z, p, c] = tf2zp(b, a)

% Σχεδίαση διαγράμματος πόλων-μηδενικών
figure(1); zplane(z, p);
```

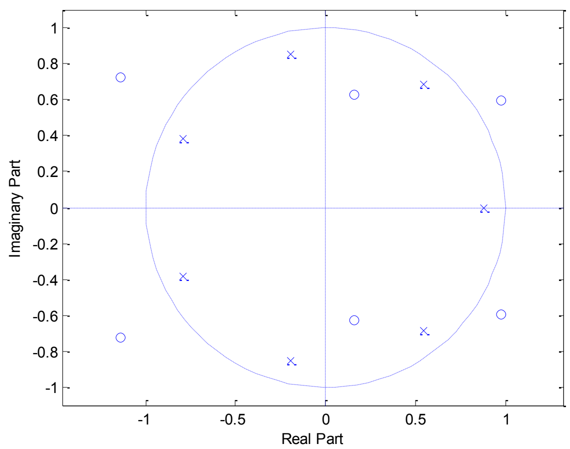
</td><td>

```
z =
  -1.1371 + 0.7208i
  -1.1371 - 0.7208i
   0.9762 + 0.5976i
   0.9762 - 0.5976i
   0.1609 + 0.6287i
   0.1609 - 0.6287i

p =
  -0.7904 + 0.3806i
  -0.7904 - 0.3806i
  -0.1952 + 0.8553i
  -0.1952 - 0.8553i
   0.8773 + 0.0000i
   0.5470 + 0.6859i
   0.5470 - 0.6859i

c =
     1
```

</td></tr>
<tr><td>

- Το σύστημα είναι ευσταθές επειδή όλοι οι πόλοι είναι εντός του μοναδιαίου κύκλου
- Το σύστημα είναι μικτής φάσης, επειδή τα μηδενικά βρίσκονται τόσο εντός όσο και εκτός του μοναδιαίου κύκλου.

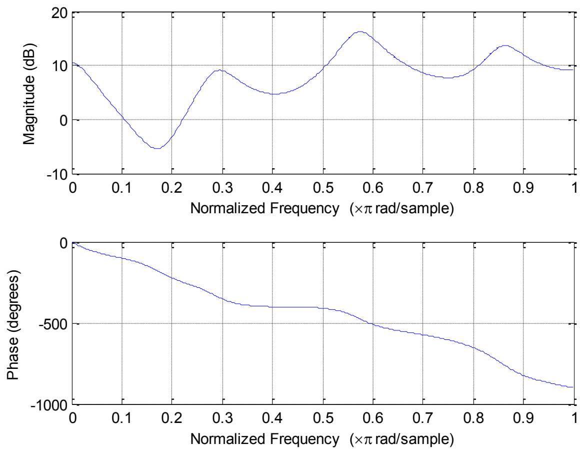
</td><td>



</td></tr>
<tr><td>

```
% Σχεδίαση απόκρισης συχνότητας H(ω)
figure(2); freqz(b, a);
```

</td><td>



</td></tr>
</table>

ΘΕΜΑ 4 [2.5 Μονάδες]

1) Να δημιουργήσετε το σήμα $x[n] = \cos(16\pi\, n\, Ts) + \sin(17\pi\, n\, Ts)$ με μήκος 1.000 σημεία και συχνότητα δειγματοληψίας $f_s = 100\ Hz$. **[0.5 μονάδα]**
2) Να υπολογίσετε και να απεικονίσετε τον DFT-32 και 1024 σημείων του σήματος x[n]. **[1 μονάδα]**
3) Τι παρατηρείτε για τις διαφορετικές τιμές N; **[0.5 μονάδα]**

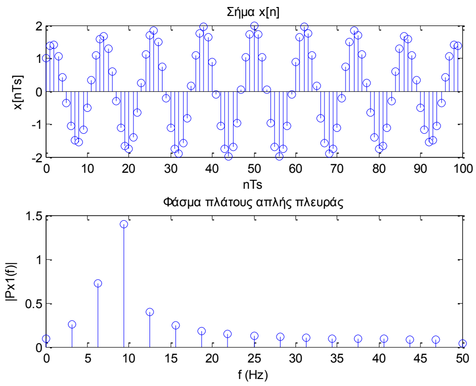
<table>
<tr><th>Κώδικας Matlab</th><th>Αποτέλεσμα</th></tr>
<tr><td>

```
% fs: Συχνότητα και περίοδος
δειγματοληψίας
fs = 100; Ts = 1/fs;
L = 1000;    % Μήκος σήματος
n = 0:L-1;  % Διάνυσμα χρόνου

% Δημιουργία σήματος x(n)
x = cos(16*pi*n*Ts) + sin(17*pi*n*Ts);

% Υπολογισμός DFT για δοθέν N
N = 32; X = fft(x, N);

% Υπολογισμός φάσματος "διπλής πλευράς"
Px2 = abs(X/N);
% Υπολογισμός φάσματος "μονής πλευράς"
Px1 = Px2(1:N/2+1);
Px1(2:end-1) = 2*Px1(2:end-1);

% Δημιουργία κλίμακας συχνοτήτων
f = fs*(0:(N/2))/N;

% Σχεδιασμός αποσπάσματος σήματος x[n]
και DFT X(k) μήκους N
subplot(211); stem(n(1:L/10),
x(1:L/10)); title('Σήμα x[n]');
xlabel('nTs'); ylabel('x[nTs]')

subplot(212); stem(f, Px1)
title('Φάσμα πλάτους μονής πλευράς')
xlabel('f (Hz)'); ylabel('|Px1(f)|')
```

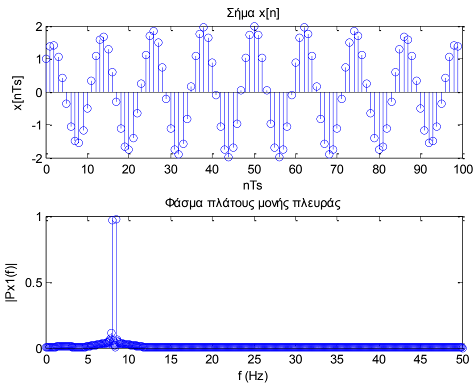
Επαναλαμβάνουμε τον υπολογισμό του DFT για N=1024

</td><td>

N = 32



N=1024



</td></tr>
</table>

Συγκρίνοντας τα φάσματα για N=1024 και για N=32, παρατηρούμε ότι ένα μεγαλύτερο μήκος DFT δίνει ευκρινέστερο (οξύτερο) φάσμα. Αυτό συμβαίνει επειδή αυξήθηκε το πλήθος των φασματικών συντελεστών.

ΘΕΜΑ 5 [3 Μονάδες]

1) Να σχεδιαστεί στο Matlab με χρήση του αλγόριθμου Parks - McClellan ένα ζωνοπερατό (bandpass) FIR φίλτρο με προδιαγραφές: $\omega_{1s} = 0.3\pi$, $\omega_{1p} = 0.4\pi$, $R_p = 1dB$, $\omega_{2p} = 0.6\pi$, $\omega_{2s} = 0.7\pi, A_s = 80dB$. Ποια είναι η τιμή της τάξης N που επιτυγχάνει τις προδιαγραφές; **[2 μονάδες]**
2) Να σχεδιαστεί η κρουστική απόκριση και η απόκριση συχνότητας του φίλτρου. **[1 μονάδα]**

Θεωρήστε συχνότητα δειγματοληψίας 10.000 Hz.

<table>
<tr><th>Κώδικας Matlab</th><th>Αποτέλεσμα</th></tr>
<tr><td>

```
% Συχνότητα δειγματοληψίας
Fs = 10000;

% Συχνότητες αποκοπής στο διάστημα [0,π]
w1s = 0.3*pi; w1p = 0.4*pi;
w2p = 0.6*pi; w2s = 0.7*pi;
```

</td><td></td></tr>
</table>

```
% Συχνότητα αποκοπής ζώνης αποκοπής
f1s = w1s*Fs/(2*pi);
% Συχνότητα αποκοπής ζώνης διέλευσης
f1p = w1p*Fs/(2*pi);
% Συχνότητα αποκοπής ζώνης διέλευσης
f2p = w2p*Fs/(2*pi);
% Συχνότητα αποκοπής ζώνης αποκοπής
f2s = w2s*Fs/(2*pi);

% Κυμάτωση στη ζώνη διέλευσης (dB)
Rp = 1.0;
% Εξασθένιση στη ζώνη αποκοπής (dB)
As = 80;
% Απόκλιση πλάτους στη ζώνη διέλευσης
dp = (10^(Rp/20)-1)/(10^(Rp/20)+1);
% Απόκλιση πλάτους στη ζώνη αποκοπής
ds = (1+dp)*(10^(-As/20));

% Καθορισμός προδιαγραφών φίλτρου
F = [f1s f1p f2p f2s];
A = [0 1 0];
Deviation = [ds dp ds];

% Υπολογισμός βέλτιστης τάξης φίλτρου
[N, Fo, Ao, Weights] = firpmord(F, A,
Deviation, Fs)

% Υπολογισμός κρουστικής απόκρισης με Parks-
McClellan
h = firpm(N, Fo, Ao, Weights);

% Σχεδιασμός κρουστικής απόκρισης FIR
φίλτρου
n = 0:1:N;  figure(1); stem(n, h); grid on;
title('Κρουστική απόκριση FIR φίλτρου')

% Σχεδιασμός απόκρισης συχνότητας FIR
φίλτρου
figure(2); freqz(h, 1, 512, Fs); axis([0,
Fs/2 -100 10])
title('Απόκριση συχνότητας FIR φίλτρου')
```