Πολυτεχνείο Κρήτης

Σχολή ΗΜΜΥ

Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα Ι

Παράδοση 1ης εργασίας

Ημερομηνία Παράδοσης: 11 Νοεμβρίου 2021

Μονάδες 130/1000

Επώνυμο	Παυλόπουλος
Όνομα	Χρήστος
ΑΜ	2018030139

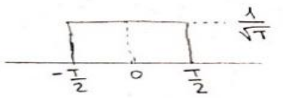
Θ.1) *Να υπολογίσετε αναλυτικά και να σχεδιάσετε την συνάρτηση αυτοομοιότητας της*

$$\varphi(t) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{T}} & , |t| \leq \frac{T}{2} \\ 0 & , \text{διαφορετικά} \end{cases}$$

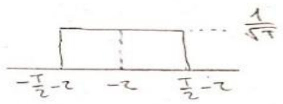
Γενικά η συνάρτηση αυτοομοιότητας της $\varphi(t)$ ορίζεται ως:

$$R_{\varphi\varphi}(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} \varphi(t+\tau)\varphi(t)\,dt \quad , \text{ για κάθε } t \in \mathbb{R}$$

$\varphi(t)$:



$\varphi(t+\tau)$:



Με τα βήματα της συνέλιξης έχουμε τις περιπτώσεις:

- $\frac{T}{2} - \tau < -\frac{T}{2} \longrightarrow R_{\varphi\varphi}(t) = 0$

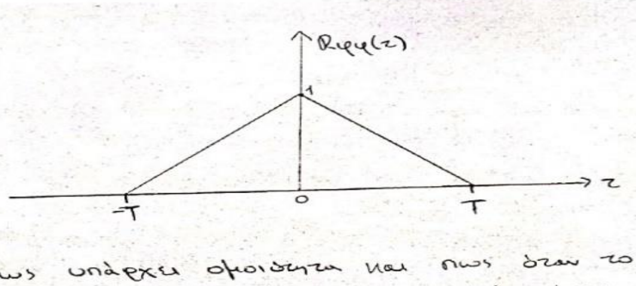
- $-\frac{T}{2} - \tau > \frac{T}{2} \longrightarrow R_{\varphi\varphi}(t) = 0$

- $\frac{T}{2} - \tau \geq -\frac{T}{2}$ και $\frac{T}{2} - \tau \leq \frac{T}{2}$ δηλαδή για $\underline{0 \leq \tau \leq T}$

$$R_{\varphi\varphi}(\tau) = \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}-\tau} \frac{1}{\sqrt{T}} \cdot \frac{1}{\sqrt{T}}\,dt = \frac{1}{T}\left[t\right]_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}-\tau} = \frac{1}{T}\left(\frac{T}{2}-\tau\right) + \frac{1}{T}\frac{T}{2} = \boxed{1 - \frac{\tau}{T}}$$

- $-\frac{T}{2} - \tau \geq -\frac{T}{2}$ και $-\frac{T}{2} - \tau \leq \frac{T}{2}$ δηλαδή για $\underline{-T \leq \tau \leq 0}$

$$R_{\varphi\varphi}(\tau) = \int_{-\frac{T}{2}-\tau}^{\frac{T}{2}} \frac{1}{\sqrt{T}} \cdot \frac{1}{\sqrt{T}}\,dt = \frac{1}{T}\left[t\right]_{-\frac{T}{2}-\tau}^{\frac{T}{2}} = \frac{1}{T}\frac{T}{2} + \frac{1}{T}\left(\frac{T}{2}+\tau\right) = \boxed{1 + \frac{\tau}{T}}$$



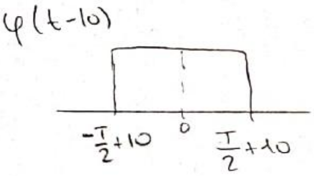
Παρατηρούμε πως υπάρχει ομοιότητα και πως όταν το τ τείνει στο μηδέν η τιμή της $R_{\varphi\varphi}$ πλησιάζει στο μέγιστό της.

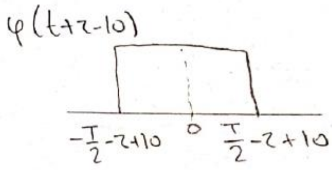
Θ.2) *Να επαναλάβετε για την φ(t-10)*

$$\varphi(t-10)=\begin{cases}\frac{1}{\sqrt{T}}, & -\frac{T}{2}+10\le t\le \frac{T}{2}+10\\ 0, & \text{διαφορετικά}\end{cases}$$

Η συνάρτηση αυτοομοιότητας θα ορίζεται ως:

$$R_{\varphi\varphi}(\tau)=\int_{-\infty}^{+\infty}\varphi(t+\tau-10)\,\varphi(t-10)\,dt\ , \text{ για κάθε } t\in\mathbb{R}$$





Αντίστοιχα με το Θ1 ακολουθούμε τα ίδια βήματα:

- $\frac{T}{2}-\tau+10 < -\frac{T}{2}+10 \longrightarrow R_{\varphi\varphi}(\tau)=0$
- $-\frac{T}{2}-\tau+10 > \frac{T}{2}+10 \longrightarrow R_{\varphi\varphi}(\tau)=0$
- $\frac{T}{2}-\tau+10 \ge -\frac{T}{2}+10$ και $\frac{T}{2}-\tau+10\le\frac{T}{2}+10 \Rightarrow$ δηλαδή για $\underline{\underline{0\le\tau\le T}}$

$$R_{\varphi\varphi}(\tau)=\int_{-\frac{T}{2}+10}^{\frac{T}{2}-\tau+10}\frac{1}{\sqrt{T}}\cdot\frac{1}{\sqrt{T}}\,dt=\frac{1}{T}\Big[t\Big]_{-\frac{T}{2}+10}^{\frac{T}{2}-\tau+10}=$$

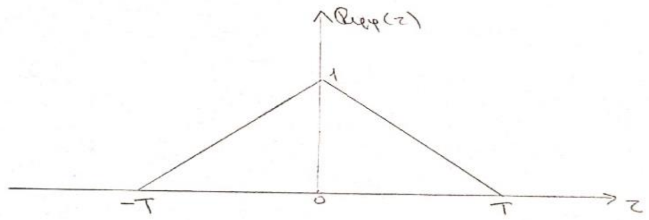
$$=\frac{1}{T}\left(\frac{T}{2}-\tau+10\right)+\frac{1}{T}\left(\frac{T}{2}-10\right)=\frac{1}{2}-\frac{\tau}{T}+\frac{10}{T}+\frac{1}{2}-\frac{10}{T}=$$

$$=\boxed{1-\frac{\tau}{T}}$$

- $-\frac{T}{2}-\tau+10\ge-\frac{T}{2}+10$ και $-\frac{T}{2}-\tau+10\le\frac{T}{2}+10$ δηλαδή για $\underline{\underline{-T\le\tau\le 0}}$

$$R_{\varphi\varphi}(\tau)=\int_{-\frac{T}{2}-\tau+10}^{\frac{T}{2}+10}\frac{1}{\sqrt{T}}\cdot\frac{1}{\sqrt{T}}\,dt=\frac{1}{T}\Big[t\Big]_{-\frac{T}{2}-\tau+10}^{\frac{T}{2}+10}=\frac{1}{T}\left(\frac{T}{2}+10\right)+\frac{1}{T}\left(\frac{T}{2}+\tau-10\right)$$

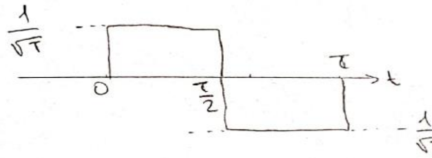
$$=\frac{1}{2}+\frac{10}{T}+\frac{1}{2}+\frac{\tau}{T}-\frac{10}{T}=\boxed{1+\frac{\tau}{T}}$$

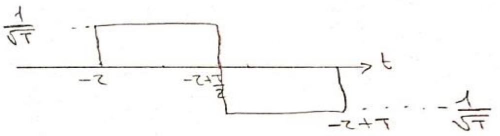


Παρατηρούμε πως, όπως και στο Θ1, η $R_{\varphi\varphi}$ αυξάνεται όσο το τ τείνει στο μηδέν και εμφανίζεται η ομοιότητα. Επιπλέον παρατηρούμε πως οι συναρτήσεις αυτοομοιότητας των Θ1 και Θ2 είναι πανομοιότυπες έτσι προκύπτει το συμπέρασμα ότι η συνάρτηση αυτοομοιότητας δεν επηρεάζεται από μεταβολές στον χρόνο της $\varphi(t)$.

Θ.3) *Να επαναλάβετε για την*

$$\varphi(t) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{T}}, & 0 \le t \le \frac{T}{2} \\ -\frac{1}{\sqrt{T}}, & \frac{T}{2} \le t \le T \\ 0, & \text{διαφορετικά.} \end{cases} \qquad R_{\varphi\varphi}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(t)\,\varphi(t+\tau)\,dt, \quad \tau \in \mathbb{R}$$





- $-\tau + T < 0 \rightarrow R_{\varphi\varphi}(\tau) = 0$
- $-\tau > T \rightarrow R_{\varphi\varphi}(\tau) = 0$
- $-\tau + T \le \frac{T}{2}$ και $-\tau + T \ge 0$ δηλαδή για $\frac{T}{2} \le \tau \le T$

$$R_{\varphi\varphi}(\tau) = \int_0^{-\tau+T} \left(-\frac{1}{\sqrt{T}}\right)\cdot\frac{1}{\sqrt{T}}\,dt = -\frac{1}{T}\Big[t\Big]_0^{-\tau+T} = -\frac{1}{T}(-\tau+T) = \boxed{-1+\frac{\tau}{T}}$$

- $-\tau + T \ge \frac{T}{2}$ και $-\tau + T \le T$ δηλαδή για $0 \le \tau \le \frac{T}{2}$

$$R_{\varphi\varphi}(\tau) = \int_0^{\frac{T}{2}-\tau} \frac{1}{\sqrt{\tau}}\cdot\frac{1}{\sqrt{\tau}}\,dt + \int_{\frac{T}{2}-\tau}^{\frac{T}{2}} \left(-\frac{1}{\sqrt{\tau}}\right)\frac{1}{\sqrt{\tau}}\,dt + \int_{\frac{T}{2}}^{-\tau+T} \left(-\frac{1}{\sqrt{\tau}}\right)\left(-\frac{1}{\sqrt{\tau}}\right)dt =$$

$$= \frac{1}{T}\left(\frac{T}{2}-\tau\right) - \frac{1}{T}\left(\frac{T}{2}\right) + \frac{1}{\tau}\left(\frac{T}{2}-\tau\right) + \frac{1}{T}\left(-\tau+T-\frac{T}{2}\right) = \boxed{1-\frac{3\tau}{T}}$$

- $-\tau + \frac{T}{2} \ge \frac{T}{2}$ και $-\tau + \frac{T}{2} \le \tau$ δηλαδή για $-\frac{T}{2} \le \tau \le 0$

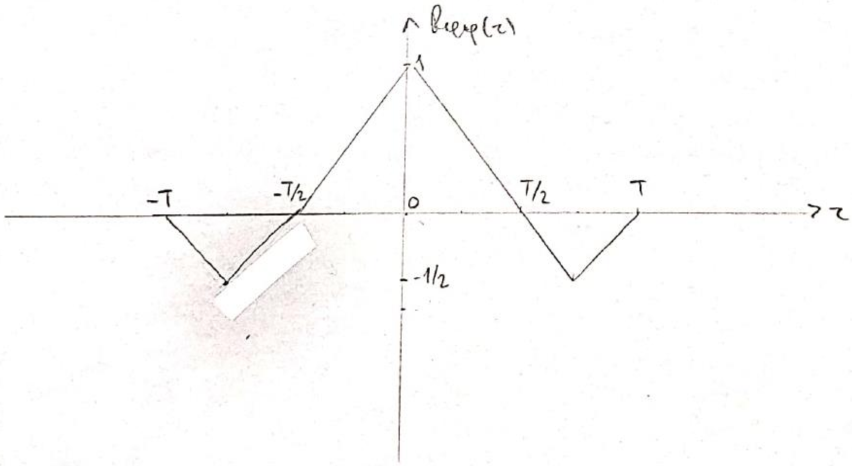
$$R_{\varphi\varphi}(t) = \int_{-\tau}^{T/2} \frac{1}{\sqrt{T}}\cdot\frac{1}{\sqrt{T}}\,dt + \int_{T/2}^{-\tau+T/2} \frac{1}{\sqrt{T}}\left(-\frac{1}{\sqrt{T}}\right)dt + \int_{-\tau+\frac{T}{2}}^{T} \left(-\frac{1}{\sqrt{\tau}}\right)\left(-\frac{1}{\sqrt{T}}\right)dt =$$

$$= \boxed{1 + \frac{3\tau}{T}}$$

- $-\tau \geq \frac{T}{2}$ και $-\tau \leq T$ δηλαδή για $\underline{\underline{-T \leq \tau \leq -\frac{T}{2}}}$

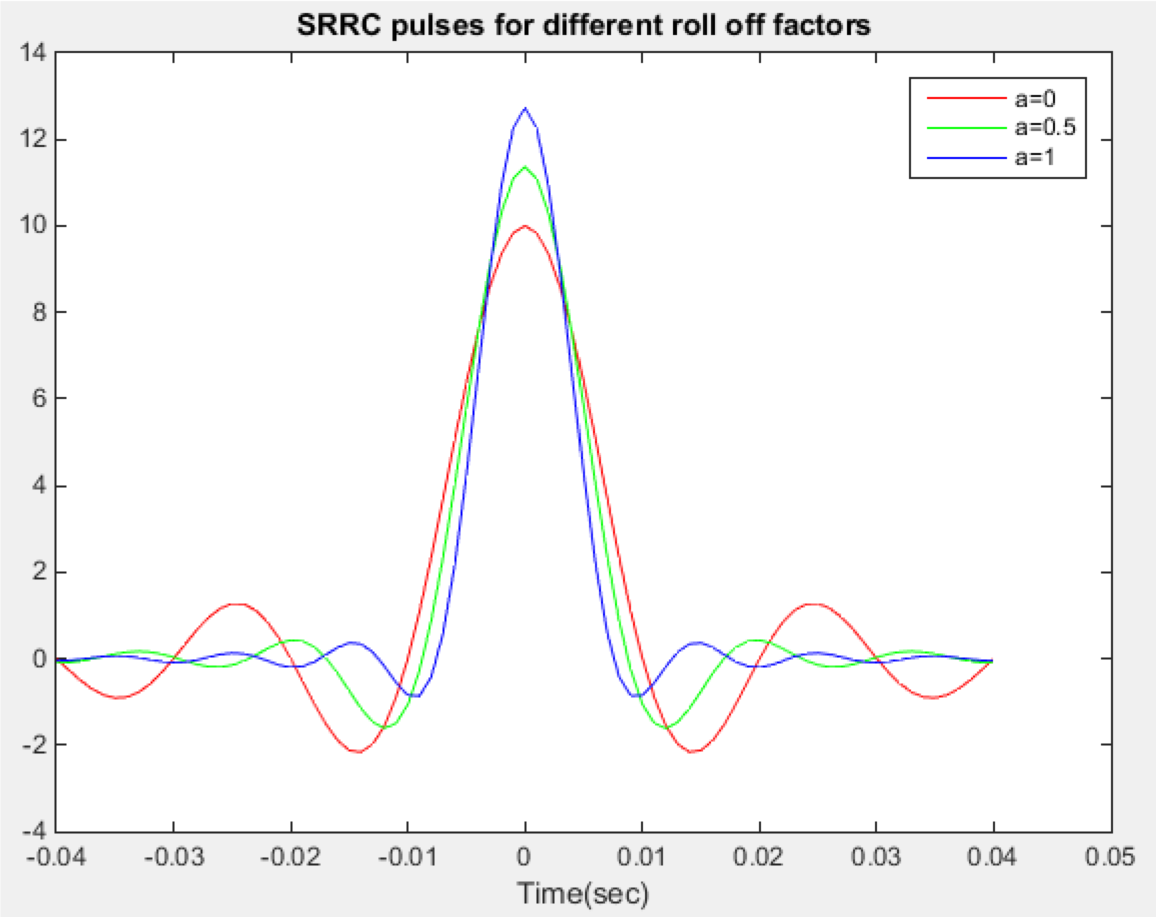
$$R_{\varphi\varphi}(\tau) = \int_{-\tau}^{T} \left(-\frac{1}{\sqrt{T}}\right)\left(\frac{1}{\sqrt{T}}\right) dt = -\frac{1}{T}\left(T + \tau\right) = \boxed{-1 - \frac{\tau}{T}}$$

Άρα
$$R_{\varphi\varphi}(\tau) = \begin{cases} -1 - \frac{\tau}{T} &, -T \leq \tau \leq -\frac{T}{2} \\ 1 + \frac{3\tau}{T} &, -\frac{T}{2} \leq \tau \leq 0 \\ 1 - \frac{3\tau}{T} &, 0 \leq \tau \leq \frac{T}{2} \\ -1 - \frac{\tau}{T} &, \frac{T}{2} \leq \tau \leq T \\ 0 &, \text{διαφορετικά.} \end{cases}$$



A.1) Να δημιουργήσετε παλμούς SRRC φ(t)

για $T = 10^{-2}$ sec, over = 10, A = 4 και a = 0, 0.5, 1

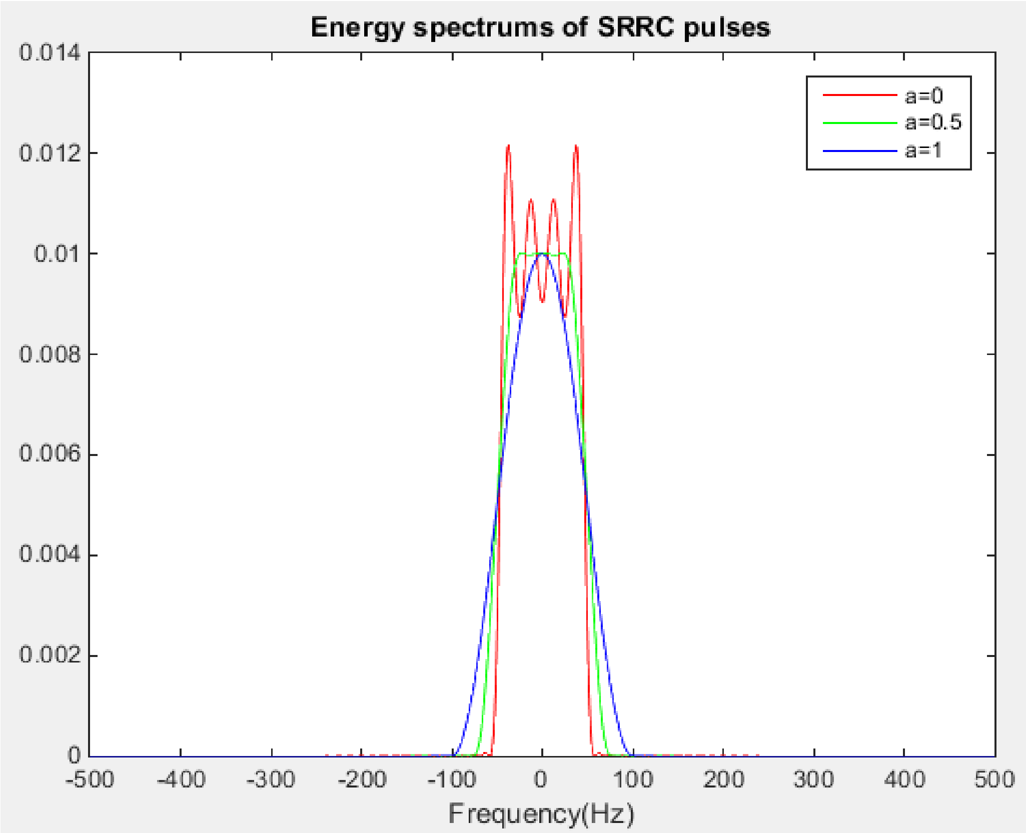


Παρατηρούμε πως παλμοί με μεγάλο α (roll off factor) έχουν μεγαλύτερο ρυθμό μείωσης από παλμούς με μικρότερα α. Έτσι εύκολα καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι ο ρυθμός μείωσης είναι αντιστρόφως ανάλογος του roll off factor κάθε σήματος.

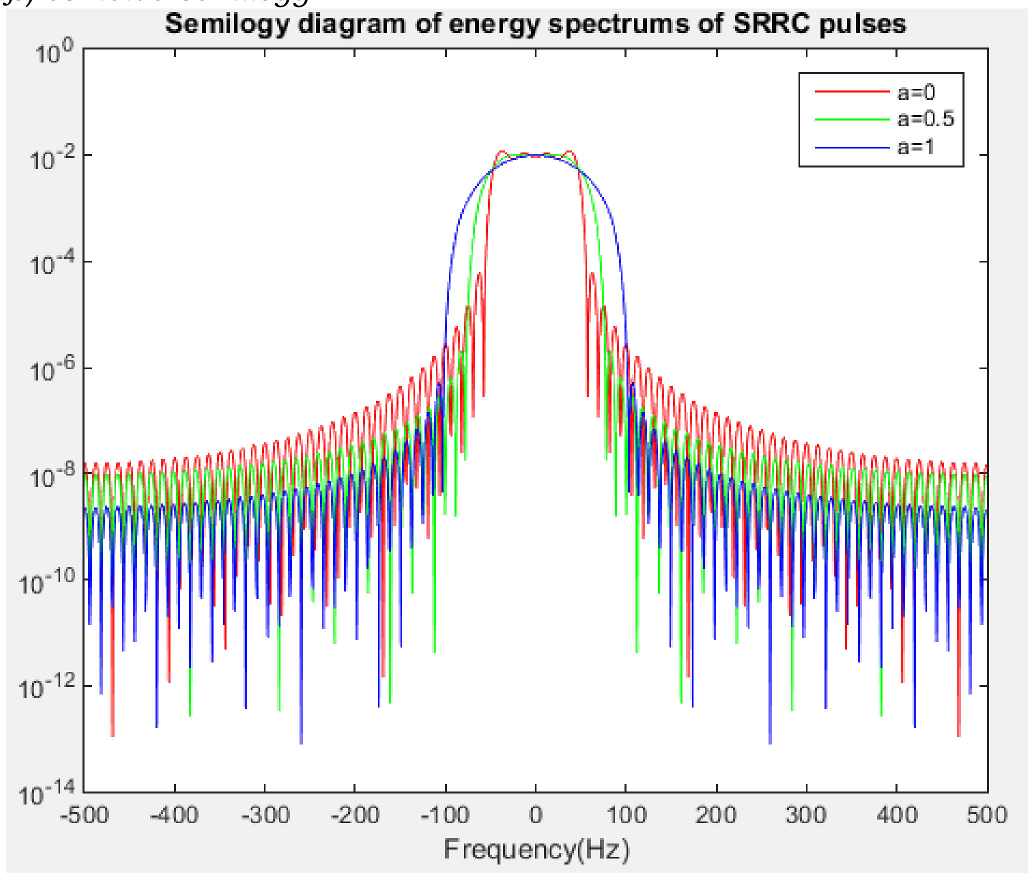
A.2) Υπολογισμός μετασχηματισμών Fourier Φ(F) και της φασματικής πυκνότητας ενέργειας $|Φ(F)|^2$ των παλμών.

Μέσω των συναρτήσεων fft. fftshift και με την δημιουργία του σωστού άξονα συχνοτήτων υπολογίστηκε ο μετασχηματισμός Fourier. Ύστερα σχεδιάστηκε η φασματική πυκνότητα ενέργειας σε:

α) σε κοινό plot



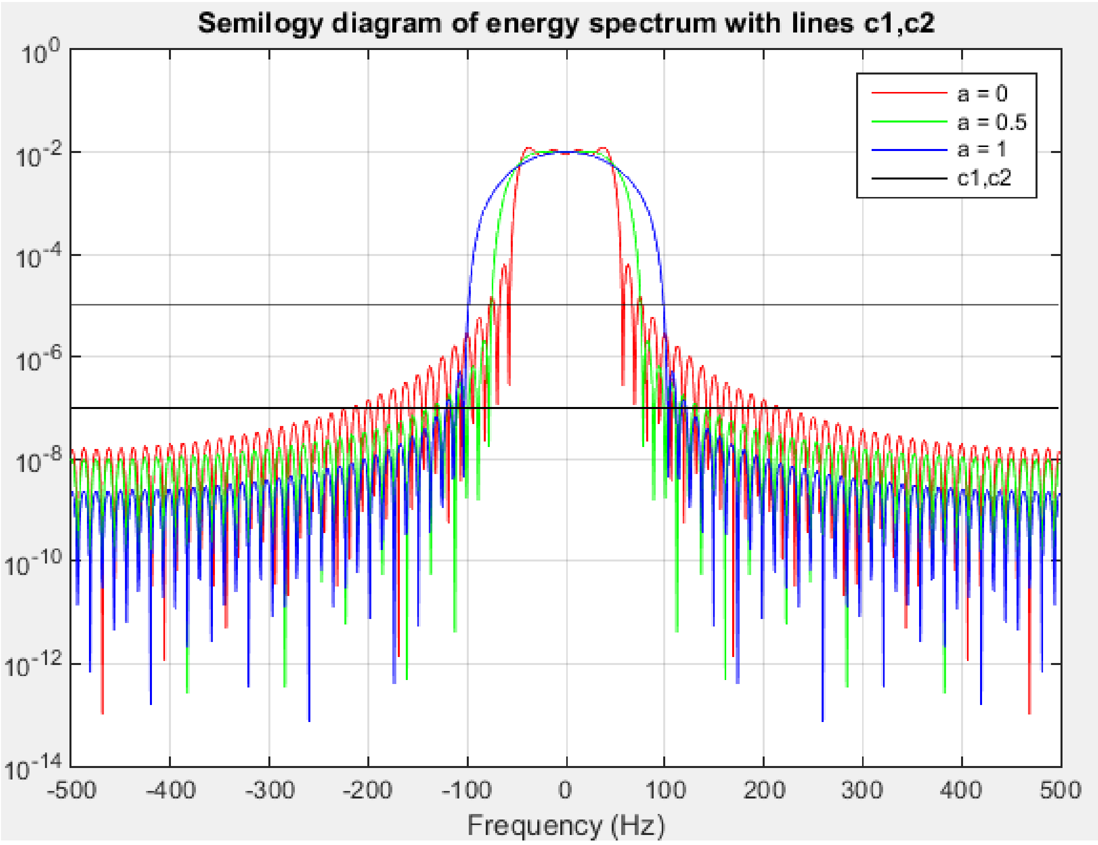
β) σε κοινό semilogy



Α.3) Το θεωρητικό εύρος φάσματος των παλμών άπειρης διάρκειας είναι $BW = \frac{1+\alpha}{2T}$

Θεωρητικό εύρος φάσματος για καθένα από τους τρεις παλμούς.

a	0	0.5	1
BW	50	75	100



Για την γραμμή με C=T/10^3 έχουμε:

a	0	0.5	1
BW	77.1	75.2	98.6

Παρατηρούμε πως ο παλμός με roll off factor a = 0.5 είναι ο πιο αποδοτικός αφού έχει το μικρότερο εύρος φάσματος συγκριτικά με τους άλλους.

Για την γραμμή με C=T/10^5 έχουμε:

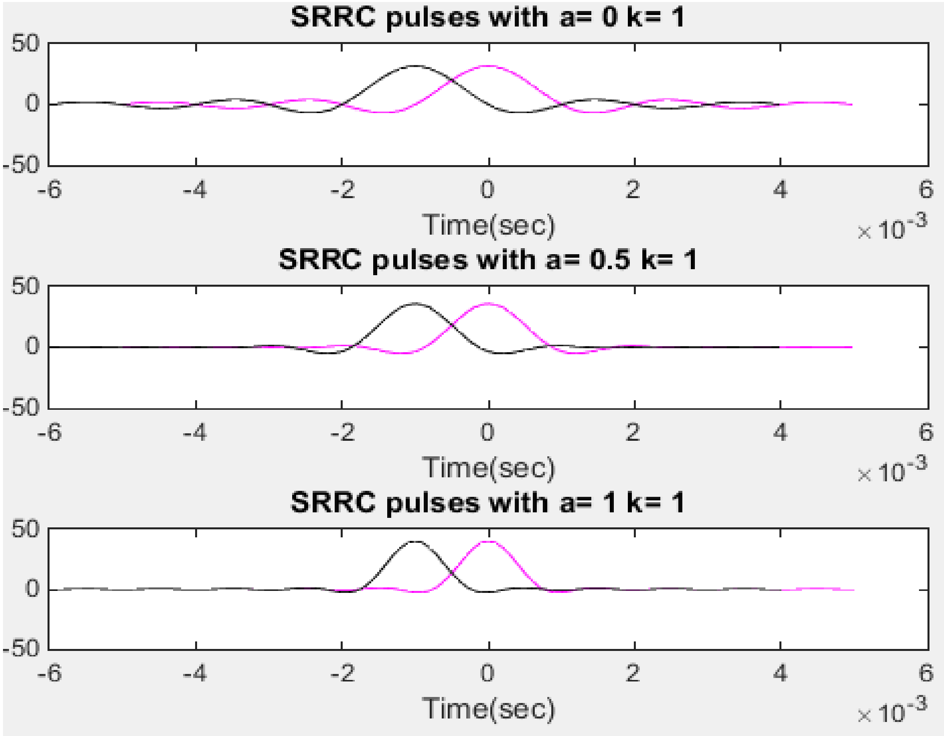
a	0	0.5	1
BW	213.9	121.4	132.1

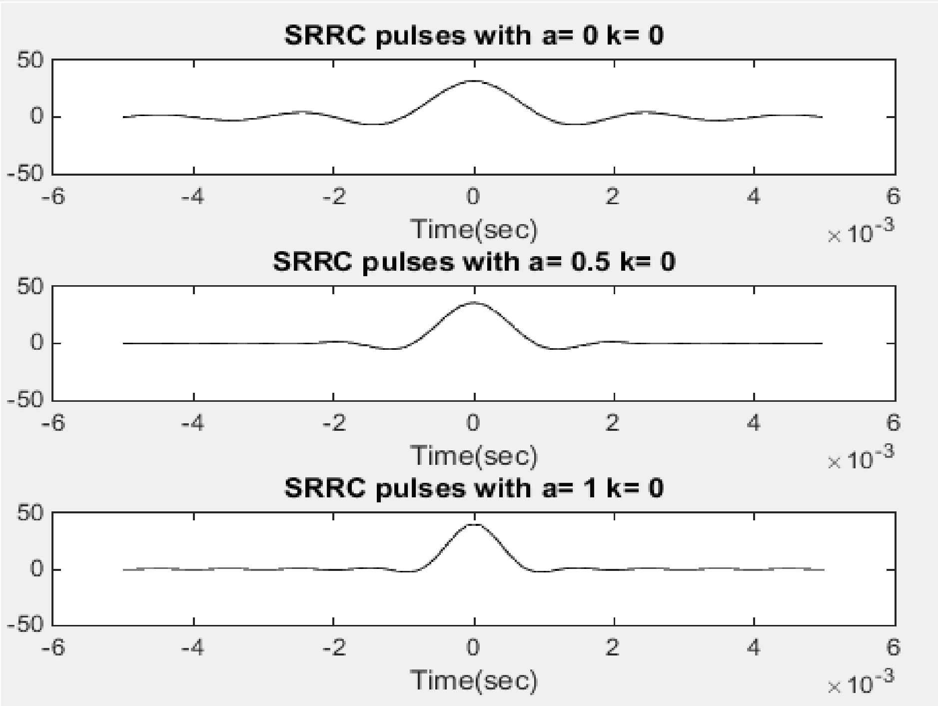
Παρομοίως, παρατηρούμε πως ο παλμός με roll off factor a = 1 είναι ο πιο αποδοτικός αφού έχει το μικρότερο εύρος φάσματος συγκριτικά με τους άλλους.

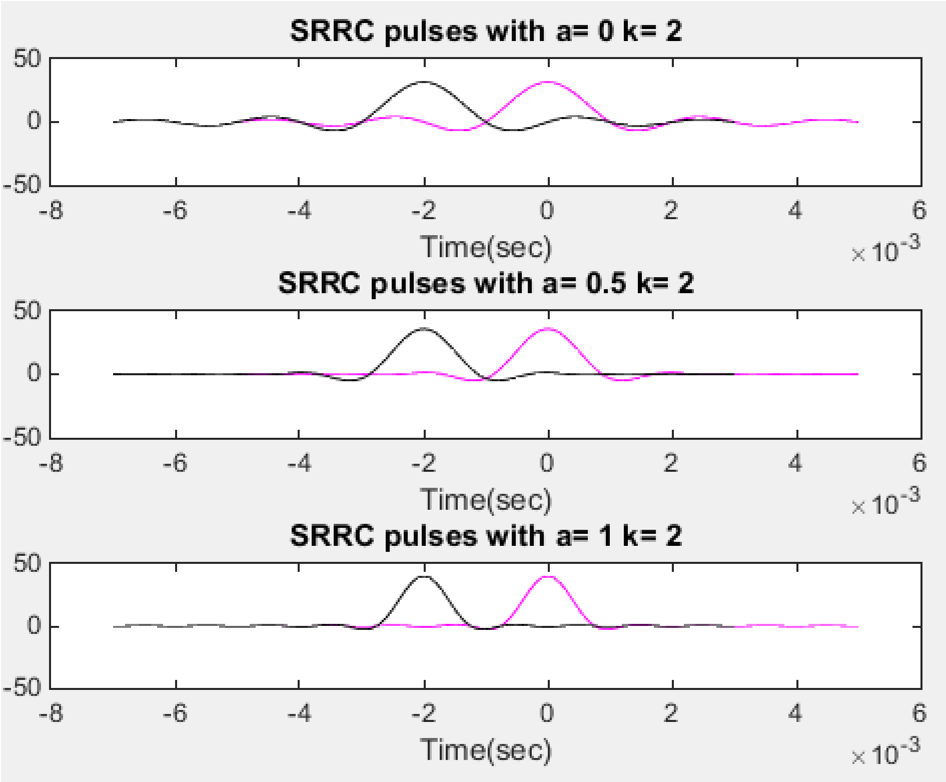
Ερώτημα Β

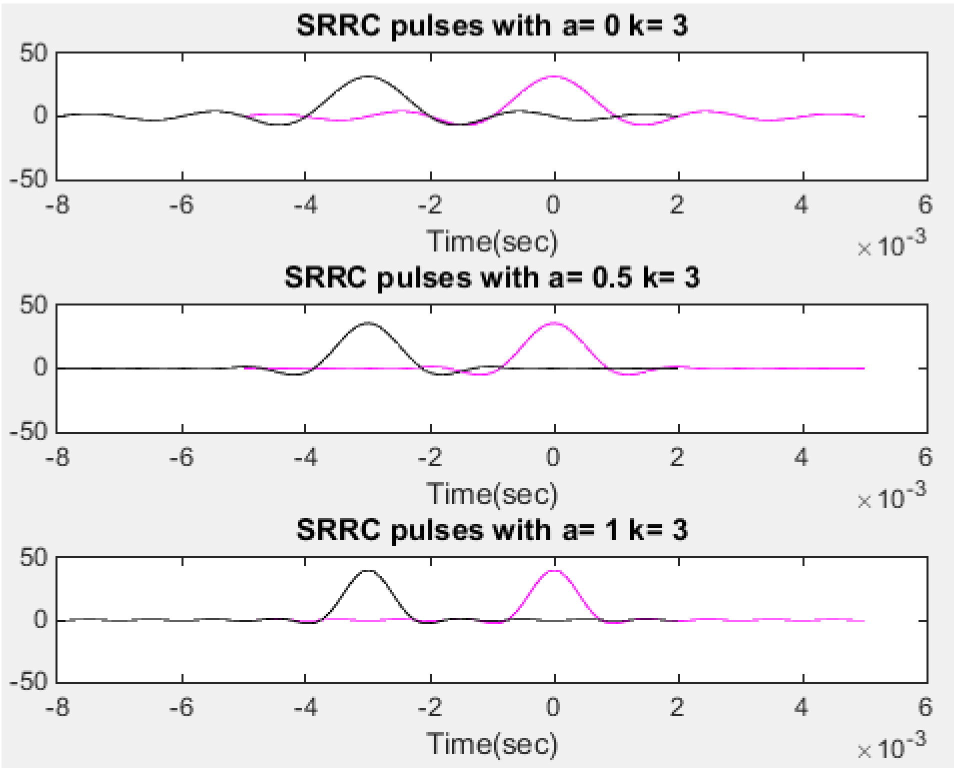
B.1) Για a = 0, 0.5, 1, και k = 0, 1, … ,2A, με A = 5 δημιουργήθηκαν οι παλμοί φ(t) και φ(t-kT) και η απεικόνισή τους σε κοινό plot

Σε κοινό plot οι απεικονίσθηκαν οι παλμοί φ(t) και φ(t - kT) για a = 0, 0.5, 1 και k = 0, 1, 2, 3

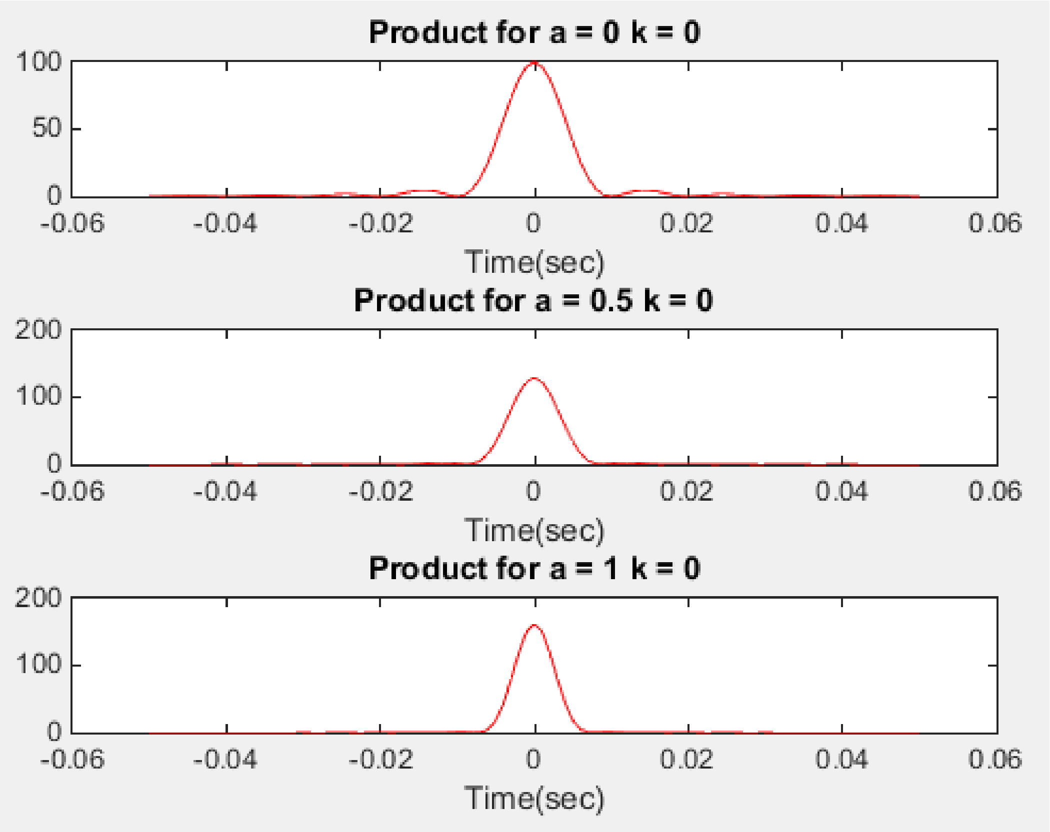


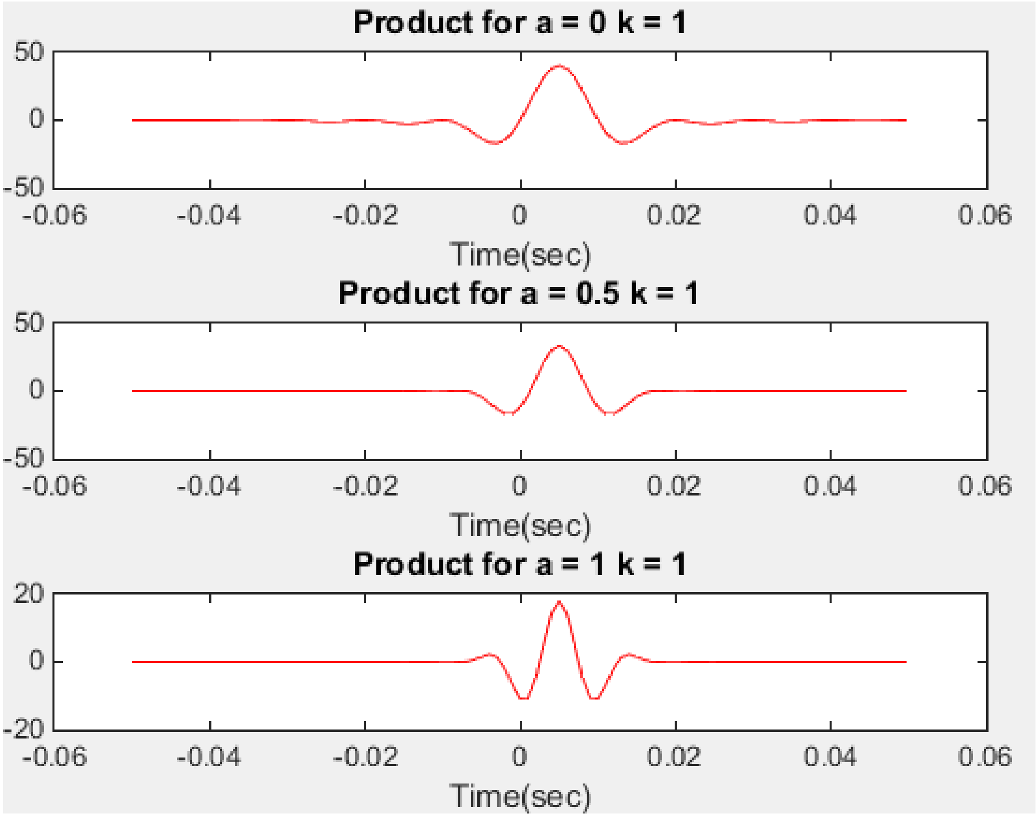


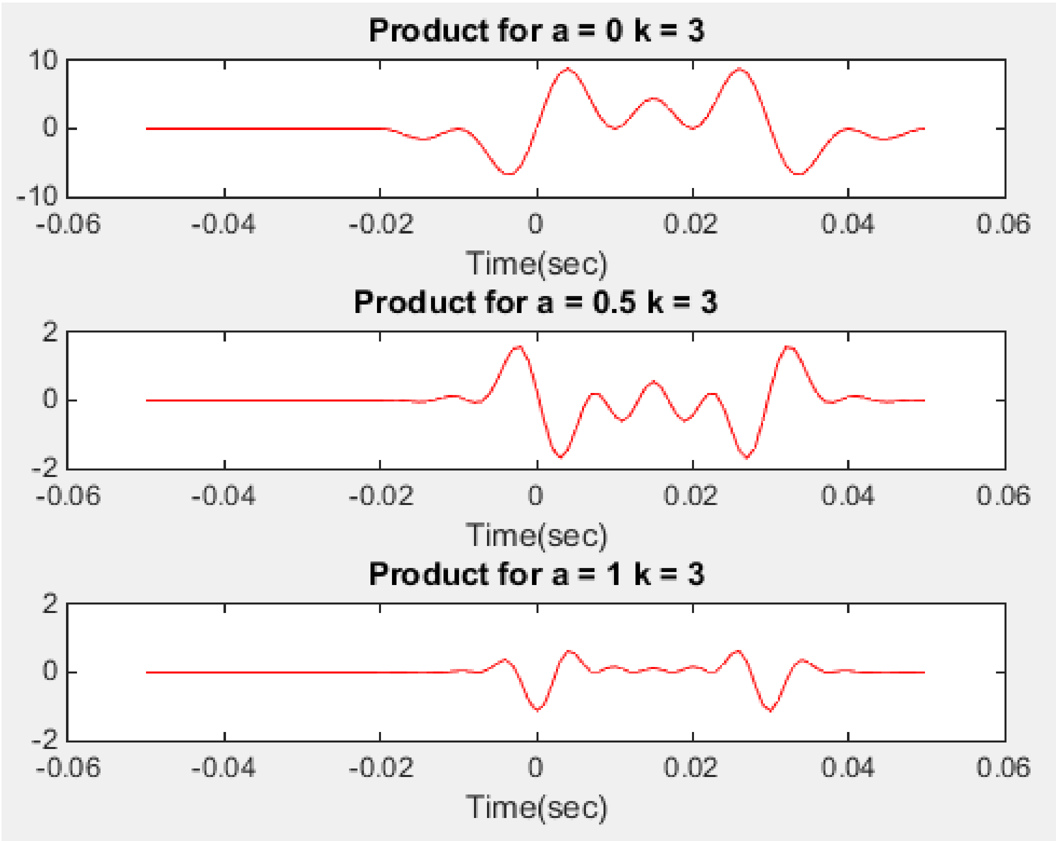

SRRC pulses with a= 0 k= 2
50
0
-50
-8 -6 -4 -2 0 2 4 6
Time(sec)
×10^-3
SRRC pulses with a= 0.5 k= 2
50
0
-50
-8 -6 -4 -2 0 2 4 6
Time(sec)
×10^-3
SRRC pulses with a= 1 k= 2
50
0
-50
-8 -6 -4 -2 0 2 4 6
Time(sec)
×10^-3

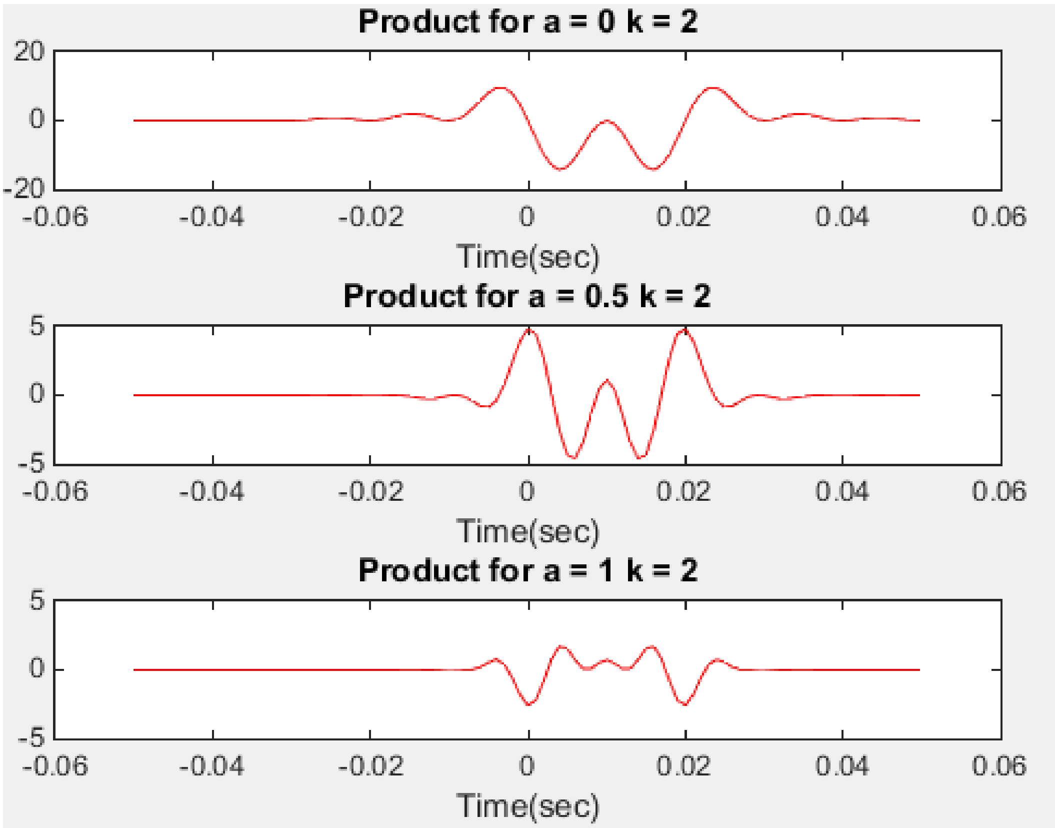

SRRC pulses with a= 0 k= 3
50
0
-50
-8 -6 -4 -2 0 2 4 6
Time(sec)
×10^-3
SRRC pulses with a= 0.5 k= 3
50
0
-50
-8 -6 -4 -2 0 2 4 6
Time(sec)
×10^-3
SRRC pulses with a= 1 k= 3
50
0
-50
-8 -6 -4 -2 0 2 4 6
Time(sec)
×10^-3

Το γινόμενο των παλμών φ(t) και φ(t – kT)









Τιμές των ολοκληρωμάτων που υπολογίστηκαν για a=0, 0.5, 1 και k=0,1,2,3

a	*κ=0*	*κ=1*	*κ=2*	*κ=3*
0	0.97978	0.022552	-0.025789	0.030774
0.5	0.99993	-0.000007	0.000159	0.000035
1	0.99998	-0.000022	-0.000033	-0.000058

Διαπιστώνεται πως για k=0 για οποιαδήποτε τιμή του a τα αποτελέσματα των ολοκληρωμάτων είναι πολύ κοντά στην μονάδα καθώς το ολοκλήρωμα της φ(t) είναι ίσο με 1. Τα υπόλοιπα σήματα με k≠0 θεωρείται πως είναι ορθοκανονικοί παλμοί διότι είναι σχεδόν μηδέν.

Ερώτημα Γ

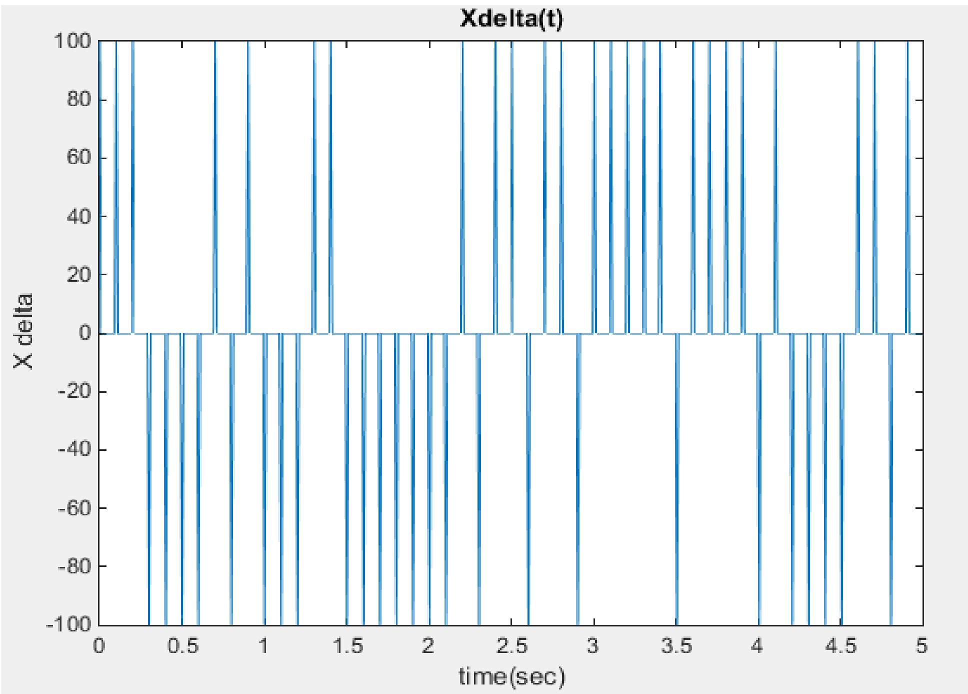
Γ.1) Δημιουργήθηκαν N bits b_i για i=0 έως N-1 με τη δοσμένη εντολή

b = (sign(randn(N, 1)) + 1)/2

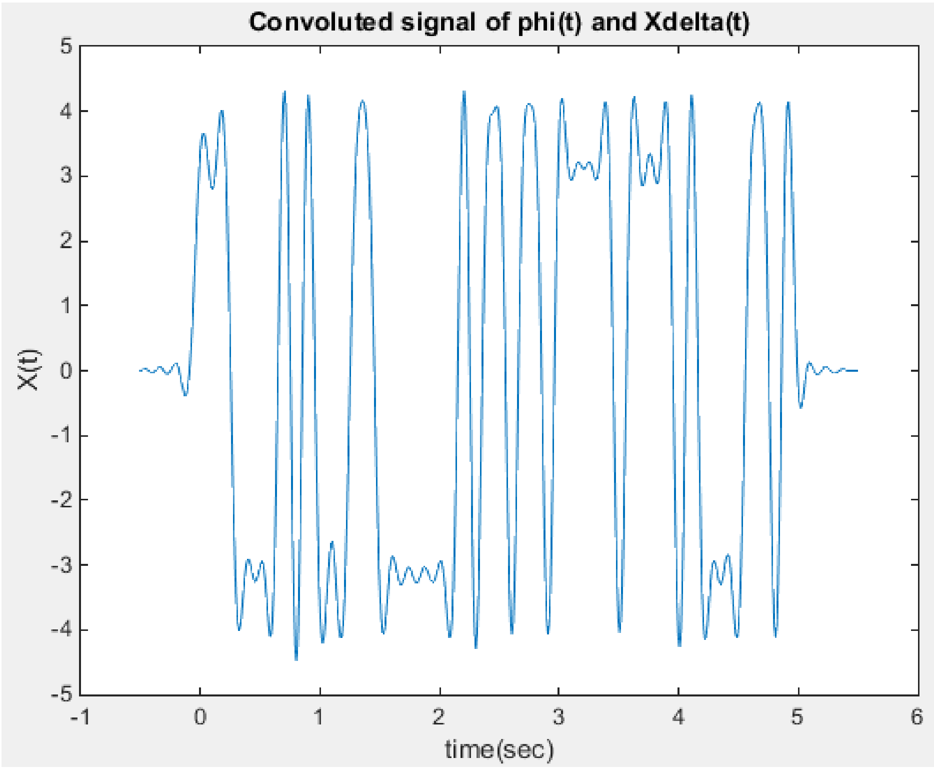
Γ.2) α) Δημιουργήθηκε η συνάρτηση bits_to_2PAM(b) η οποία μετατρέπει bits 0,1 σε ακολουθία 2PAM συμβόλων 1,-1 αντίστοιχα.

```
function [x] = bits_to_2PAM(b)
% h bits_to_2PAM pairnei akolouthia bits b
% kai paragei akolouthia 2PAM symbola X
%
%input bit      0    1
%
%output bit     1   -1
for i=1:size(b)
if(b(i)==0)
x(i) = 1;         %bit=0 x=1
else
x(i) = -1;        %bit=1 x=-1
end
end
```

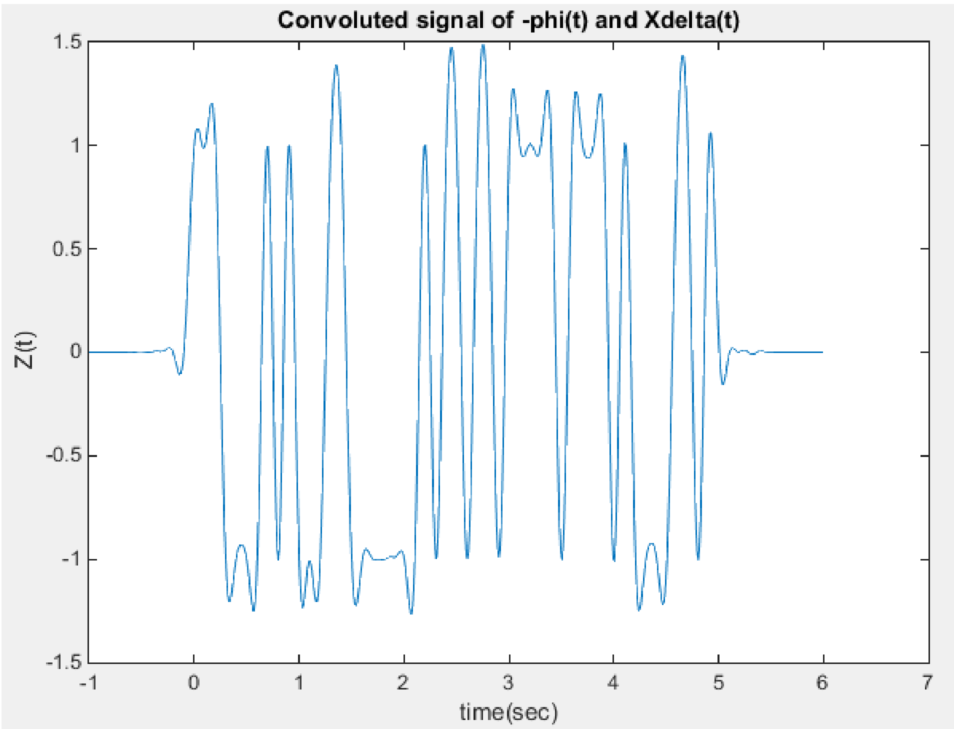
*β)*Στη συνέχεια, προσομοιώθηκε το σήμα $X_\delta(t)$ μέσω της εντολής που μας δόθηκε



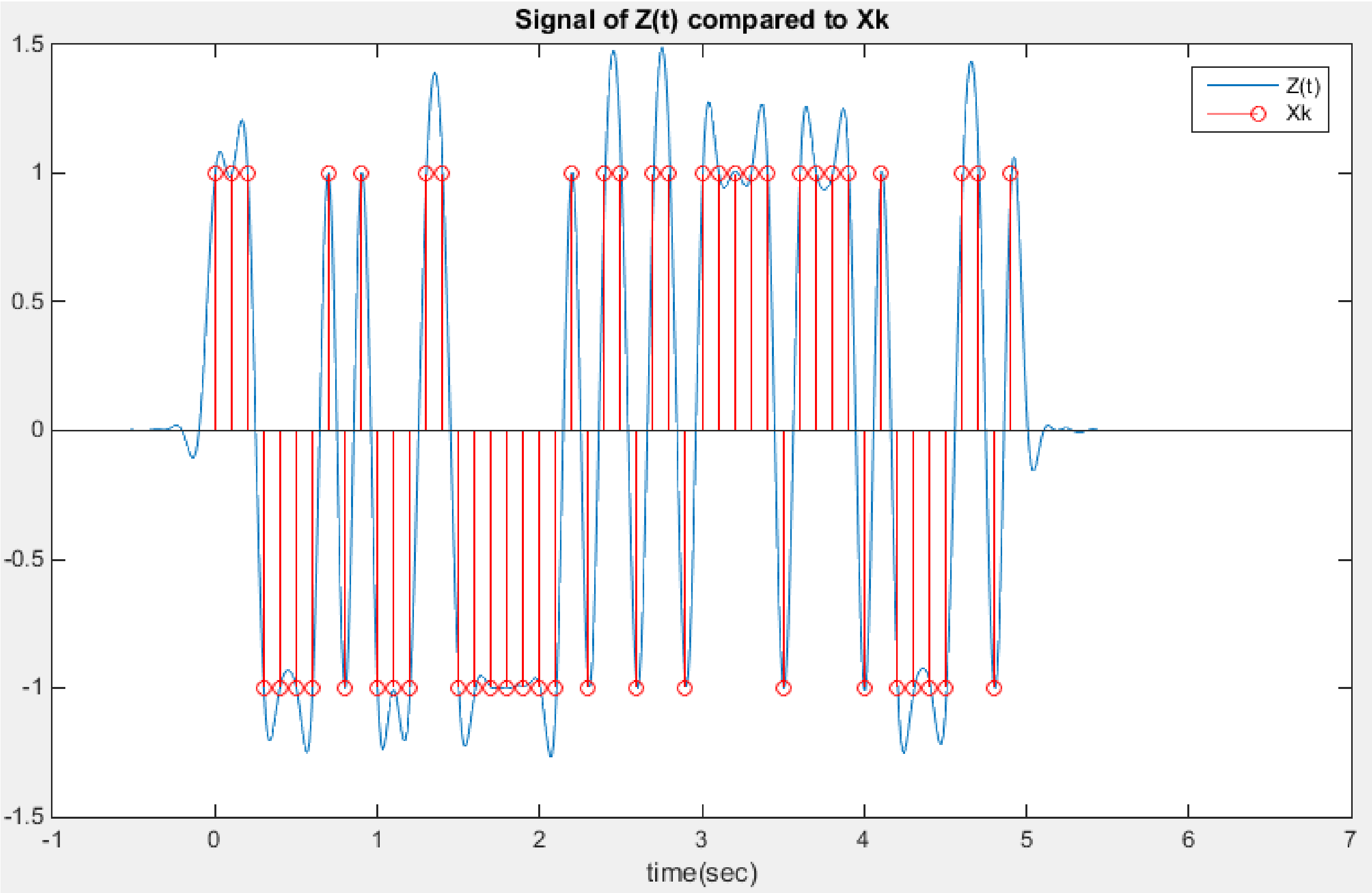
γ) Δημιουργήθηκε ο παλμός με την srrc_pulse και με την συνάρτηση conv έγινε το σήμα της συνέλιξης για το σωστά δημιουργημένο χρονικό διάστημα για να απεικονιστεί το σήμα $X(t) = X_{\delta}(t)*\varphi(t)$



δ) Εδώ δημιουργήθηκε το σήμα φ(-t) με ανάκλαση του σήματος φ(t) χρησιμοποιώντας την flip. Με την χρήση ξανά της συνάρτησης conv δημιουργήθηκε το σήμα της συνέλιξης που ζητήθηκε.



Με την χρήση της hold on στο plot της Z(t) μπορούμε να συγκρίνουμε τις τιμές της με τις τιμές της X(k) για k=0 έως N-1 και παρατηρούμε πως οι τιμές των δύο απεικονίσεων ταυτίζονται σχεδόν αποκλειστικά με μικρές αποκλείσεις. Αυτές οι αποκλείσεις υπάρχουν εξαιτίας της φύσης του αποκομμένου παλμού φ(t) (απώλειες πληροφοριών).



ΚΩΔΙΚΑΣ

```
%Erotima A1
close all; clear all; clc;

%metavlites
T = 0.01;
over = 10;
Ts = T/over;
A = 4;
a = [0 0.5 1];

%dhmiourgia SRRC palmwn
for i = 1:length(a)
    [phi(:,i), t(:,i)]=srrc_pulse(T, over, A, a(i));
end

%apeikonish SRRC palmwn
numFig=1;
figure(numFig)
plot(t(:,1),phi(:,1),'r');
hold on
plot(t(:,2),phi(:,2),'g');
hold on
plot(t(:,3),phi(:,3),'b');
hold on
legend('a=0', 'a=0.5', 'a=1');
xlabel('Time(sec)');
title(['SRRC pulses for different roll off factors']);
hold off

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Erotima A2

%metavlites
Fs = 1/Ts
Nf = [1024 2048];

%energeiako fasma
for i = 1:length(a)
    phi_F(:,i)=fftshift(fft(phi(:,i), Nf(1))) * Ts;
    energy_s(:,i)=abs(phi_F(:,i)).^2;
end

%euros syxnothtwn
syxn = linspace(-Fs/2,(Fs/2-Fs/Nf(1)),Nf(1));

%diagramata fasmatikhs energeias
numFig = numFig + 1;
figure(numFig)
plot(syxn,energy_s(:,1),'r');
hold on
plot(syxn,energy_s(:,2),'g');
hold on
plot(syxn,energy_s(:,3),'b');
hold on
legend('a=0', 'a=0.5', 'a=1');
xlabel('Frequency(Hz)');
```

```
title(['Energy spectrums of SRRC pulses']);
hold off


numFig = numFig + 1;
figure(numFig)
semilogy(syxn, energy_s(:,1),'r');
hold on
semilogy(syxn, energy_s(:,2),'g');
hold on
semilogy(syxn, energy_s(:,3),'b');
hold on
legend('a=0', 'a=0.5', 'a=1');
xlabel('Frequency(Hz)');
title(['Semilogy diagram of energy spectrums of SRRC pulses']);
hold off

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Erotima A3

% c1 = T/10^3
c1 = zeros(1,length(syxn))+T/1000;
% c2 = T/10^5
c2 = zeros(1,length(syxn))+T/100000;

numFig = numFig + 1;
figure(numFig)
semilogy(syxn, energy_s(:,1),'r');
hold on
semilogy(syxn, energy_s(:,2),'g');
hold on
semilogy(syxn, energy_s(:,3),'b');
hold on
plot(syxn,c1,'k');
plot(syxn,c2,'k');
grid on
legend('a = 0', 'a = 0.5', 'a = 1', 'c1,c2');
xlabel('Frequency (Hz)');
title(['Semilogy diagram of energy spectrum with lines c1,c2']);
hold off

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Erotima B1
%dhmiourgia phi(t) kai phi(t-kT)

%metavlites
a=[0 0.5 1];
A=5;

for k = 0:1:2*A
    numFig=numFig+1;
    figure(numFig)

    %gia a=0,0.5,1 kai k=0-10 kanoume ena loop gia na doume oles tis
    %periptwseis
    for i=1:length(a)
        [phit(:,i), tphit] = srrc_pulse(T, over, A, a(i));
```

```
        subplot(3,1,i);
        %phi(t)
        plot(tphit, phit(:,i), 'm')
        hold on
        %phi(t-kT)
        plot((tphit-k*T), phit(:,i), 'k')
        hold on
        xlabel('Time(sec)');
        title(['SRRC pulses with ' 'a= ', num2str(a(i)),' k= ',
num2str(k)]);
        hold off
    end
end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%ginomeno kai oloklhrwma ginomenou

%gia ola ta k kai gia a=0,0.5,1 kanoume ta ginomena
for k = 0:1:2*A

    numFig = numFig + 1;
    figure(numFig)
    time = [-A*T:Ts:A*T];

    %arxikopoihsh twn oloklhrwmatwn
    olokl_1 = zeros(1,length(2*A));
    olokl_2 = zeros(1,length(2*A));
    olokl_3 = zeros(1,length(2*A));

    %dhmiourgia ginomenou gia a=0
    [phi1, time] = srrc_pulse(T, over, A, a(1));
    del1 = [zeros(1,(1/Ts)*k*T) phi1(1:end-(1/Ts)*k*T)];
    pr1 = phi1.*del1;
    %dhmiourgia ginomenou gia a=0.5
    [phi2, time] = srrc_pulse(T, over, A, a(2));
    del2 = [zeros(1,(1/Ts)*k*T) phi2(1:end-(1/Ts)*k*T)];
    pr2 = phi2.*del2;
    %dhmiourgia ginomenou gia a=1
    [phi3, time] = srrc_pulse(T, over, A, a(3));
    del3 = [zeros(1,(1/Ts)*k*T) phi3(1:end-(1/Ts)*k*T)];
    pr3 = phi3.*del3;

    %gia a=0 to plot gia tis times tou k
    subplot(3,1,1);
    plot(time, pr1, 'r')
    title(['Product for a = 0 ', 'k = ', num2str(k)]);
    xlabel('Time(sec)');
    %gia a=0.5 to plot gia tis times tou k
    subplot(3,1,2);
    plot(time, pr2, 'r')
    title(['Product for a = 0.5 ', 'k = ', num2str(k)]);
    xlabel('Time(sec)');
    %gia a=1 to plot gia tis times tou k
    subplot(3,1,3);
    plot(time, pr3, 'r')
    title(['Product for a = 1 ', 'k = ', num2str(k)]);
    xlabel('Time(sec)');

    olokl_1(k+1)=sum(pr1)*Ts;
```

```
    olokl_2(k+1)=sum(pr2)*Ts;
    olokl_3(k+1)=sum(pr3)*Ts;

    %ektypwsh oloklhrwmatwn twn ginomenwn
    disp(['k = ', num2str(k)]);
    disp(['a=0 => = ', num2str(olokl_1(k+1))]);
    disp(['a=0.5 => = ', num2str(olokl_2(k+1))]);
    disp(['a=1 => = ', num2str(olokl_3(k+1))]);

end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%erotima C1

%metablites
T=0.1;
over=10;
a=0.5;
A=5;
Ts=T/over;
N=[50 100]; %k=1 N=50  k=2 N=100
k=1;

%entolh gia dhmiourgia N bits
b = (sign(randn(N(k),1)) + 1) / 2;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%erotima C2a

xk=bits_to_2PAM(b);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%erotima C2b

x_delta=(1/Ts)*upsample(xk,over);   %shma xdelta
td=linspace(0, N(k)*T, N(k)*over);  %aksonas tou xronou

%apeikonish shmatos xdelta
numFig=numFig+1;
figure(numFig)
plot(td,x_delta)
xlabel('time(sec)');
ylabel('X delta');
title(['Xdelta(t)']);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%erotima C2c

%dhmiourgia tou palmou
[fi, tfi]=srrc_pulse(T, over, A, a);

%dhmiourgia shmatos synelikshs kai xronou syneliksis
xconv=conv(fi,x_delta)*Ts;
tconv=linspace(td(1)+tfi(1), td(end)+tfi(end), length(xconv));
```

```
%apeikonish shmatos syneliksis
numFig=numFig+1;
figure(numFig)
plot(tconv,xconv);
xlabel('time(sec)');
ylabel('X(t)');
title(['Convoluted signal of phi(t) and Xdelta(t)']);


%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%erotima C2d

%shma phi(-t)
fif=flip(fi);
%syneliksh z(t)
zconv=conv(xconv,fif)*Ts;
tzconv=linspace(tconv(1)+tfi(1), tconv(end)+tfi(end),length(zconv));
%apeikonish shmatos z(t)
numFig=numFig+1;
figure(numFig)
plot(tzconv,zconv);
xlabel('time(sec)');
ylabel('Z(t)');
title(['Convoluted signal of -phi(t) and Xdelta(t)']);

%me thn xrhsh tou hold on sygkrinoume to shma z(t) me tis times xk
numFig=numFig+1;
figure(numFig)
plot(tzconv,zconv);
hold on
stem([0 : N(k)-1] *T, xk, 'r');
xlabel('time(sec)');
ylabel('Z(t)');
title(['Signal of Z(t) compared to Xk']);
legend('Z(t)','Xk')
```

BITS_TO_2PAM συνάρτηση

```
function [x] = bits_to_2PAM(b)

% h bits_to_2PAM pairnei akolouthia bits b
% kai paragei akolouthia 2PAM symbola X
%
%input bit      0   1
%
%output bit     1  -1

for i=1:size(b)
    if(b(i)==0)
        x(i) = 1;       %bit=0 x=1
    else
        x(i) = -1;      %bit=1 x=-1
    end
end
```