

ΤΗΛ301

ΆΣΚΗΣΗ 1, 7/11/2019

Σοφία Καφρίτσα Γεωργαντά
ΑΜ 2016030136 | ΗΜΜΥ | ΤΥΧ

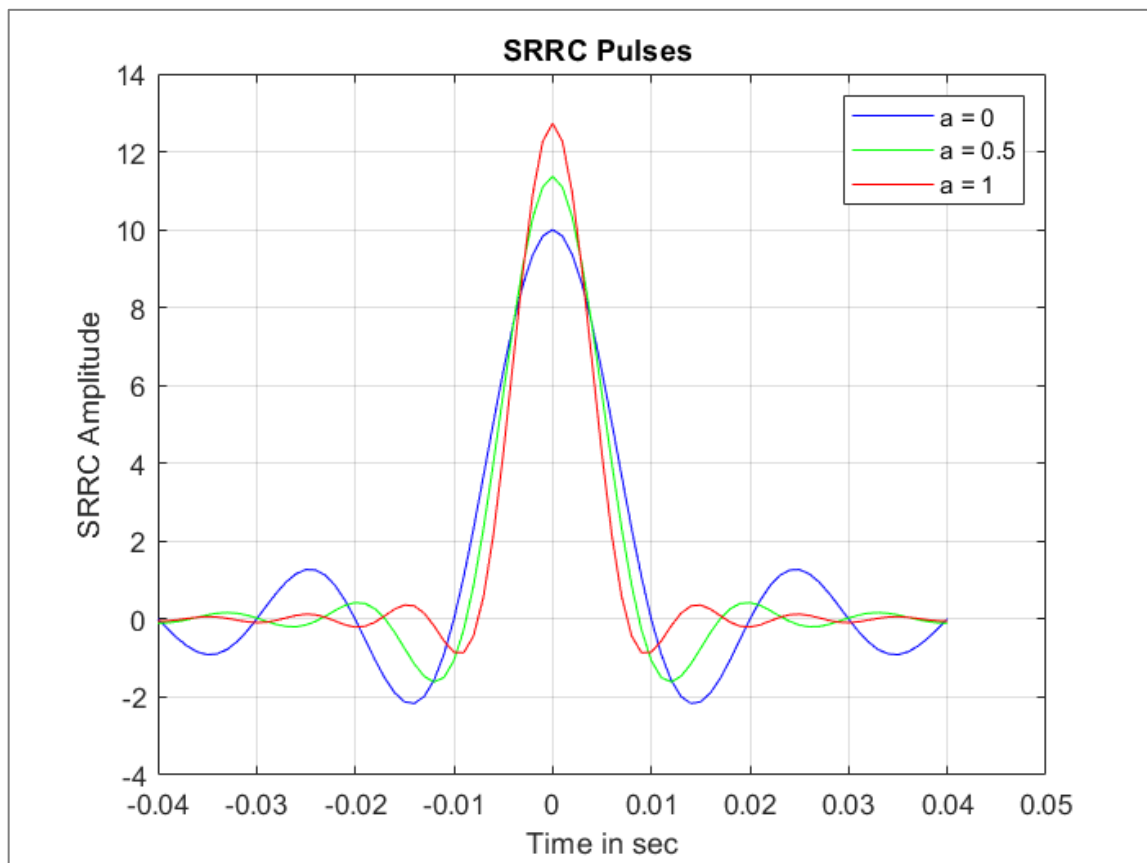
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτή την άσκηση, μελετήσαμε την επικοινωνία βασικής ζώνης, με διαμόρφωση 2-PAM και αποκομμένους παλμούς SRRC. Χρησιμοποιήσαμε τη συνάρτηση `src_pulse`, που μας δόθηκε στα χρήσιμα έγγραφα, για να κατασκευάσουμε τους αποκομμένους παλμούς Square Root Raised Cosine – SRRC.

ΕΡΩΤΗΜΑ Α

Υποερώτημα Α.1

Δημιούργησα παλμούς SRRC (ϕ_1 , ϕ_2 , ϕ_3) με δεδομένα $T = 10^{-2}$, $\text{over} = 10$, $T_s = T/\text{over}$, $A = 4$ και $a = [0 \ 0.5 \ 1]$. Αφού σχεδίασα σε κοινό plot τους παλμούς, παρατηρήθηκε ότι με την αύξηση της απόλυτης τιμής του χρόνου (roll-off factor a), έχουμε και αύξηση στο ρυθμό μείωσης του πλάτους των παλμών. Συγκεκριμένα, στο χρονικό διάστημα από $t=0s$ μέχρι $t'=0.02s$, όπου μπορούμε να δούμε τη σειρά με την οποία τα πλάτη παίρνουν τη μέγιστη αρνητική τιμή τους για πρώτη φορά, φαίνεται εμφανώς πως για την τιμή $a=1$, ο παλμός έχει ήδη πάρει αυτή την τιμή, ακολουθώντας ο παλμός με $a=0.5$ και τέλος με $a=0$.



Παρατίθεται ο κώδικας για το υποερώτημα A.1:

```
%-----Erwthma A.1-----

%orismos parametrwn
T = 10 ^ (-2);
over = 10;
Ts = T/over;
A = 4;
a=[0 0.5 1];

%SRRC pulses me vash th synarthsh srrc_pulse

[phi1, t1] = srrc_pulse (T, Ts, A, a(1)); %gia a=0
[phi2, t2] = srrc_pulse (T, Ts, A, a(2)); %gia a=0.5
[phi3, t3] = srrc_pulse (T, Ts, A, a(3)); %gia a=1

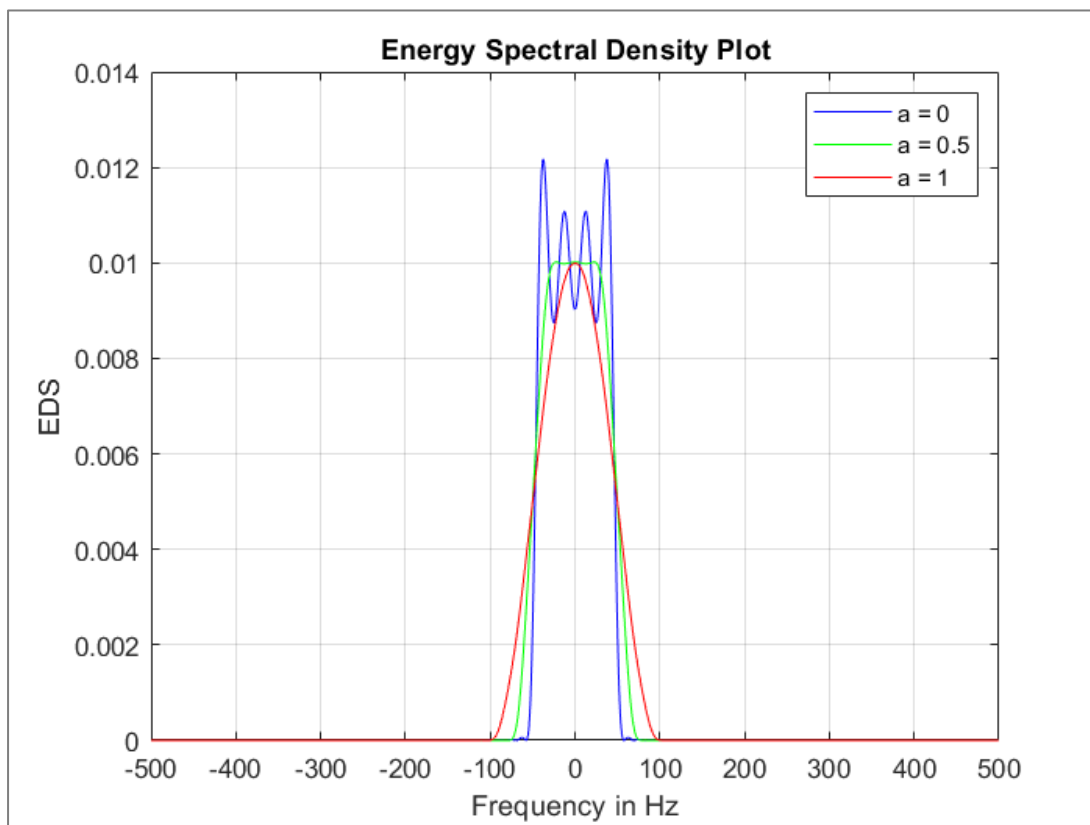
%koino plot olwn twn palmwn
figure(1);
plot(t1,phi1,'b')
hold on
plot(t2,phi2,'g')
hold on
plot(t3,phi3,'r')
grid on
legend('a = 0','a = 0.5','a = 1');
hold off

title('SRRC Pulses ')
xlabel('Time in sec')
ylabel('SRRC Amplitude')
```

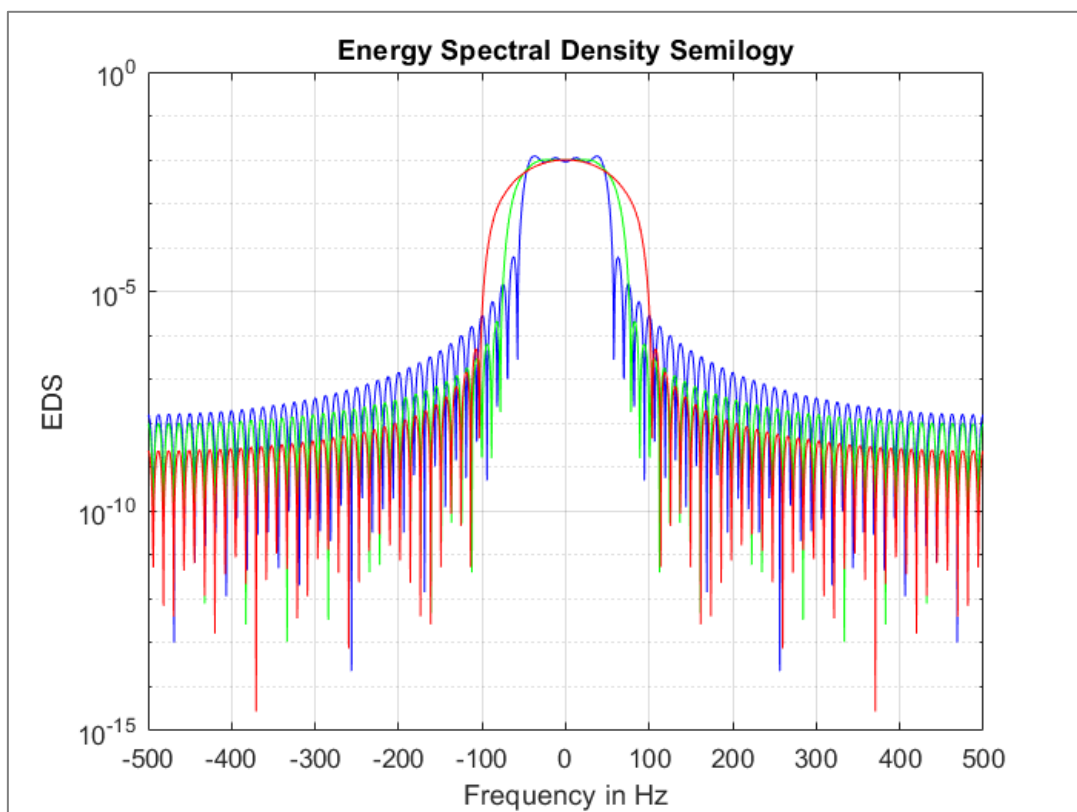
Υποερώτημα A.2

Γι' αυτό το υποερώτημα, υπολογίσαμε τους μετασχηματισμούς Fourier $\Phi(F)$ των παλμών που σχεδιάστηκαν προηγουμένως, μέσω των συναρτήσεων `fft` και `fftshift`, στον άξονα συχνοτήτων $[-\frac{F_s}{2}, \frac{F_s}{2}]$. Έπειτα, σχεδιάσαμε τη φασματική πυκνότητα ενέργειας $|\Phi(F)|^2$ στα δύο ζητούμενα διαγράμματα, όπως φαίνεται παρακάτω.

Σε κοινό plot:



Σε κοινό semilogy:



Παρατίθεται ο κώδικας για το υποερώτημα Α.2:

```
%-----Erwthma A.2-----

Fs=1/Ts;
Nf=2048;

%orizw ton aksona tw n syxnothtw n
F = ((-Fs/2):(Fs/Nf):(Fs/2 - Fs/Nf));

%orizw tous metasxhmatismous fourier
fourier_1 = fftshift(fft(phi1,length(F))*Ts);
fourier_2 = fftshift(fft(phi2,length(F))*Ts);
fourier_3 = fftshift(fft(phi3,length(F))*Ts);

%orizw thn fasmatikh pyknothta energeias |PHI()|^2

ESD_1=abs(fourier_1).^2;
ESD_2=abs(fourier_2).^2;
ESD_3=abs(fourier_3).^2;

%koino plot fasmatikwn pyknothtw n energeias
figure(2);
plot(F,ESD_1,'b')
hold on
plot(F,ESD_2,'g')
hold on
plot(F,ESD_3,'r')
legend('a = 0','a = 0.5','a = 1');
grid on;
hold off

title('Energy Spectral Density Plot')
xlabel('Frequency in Hz')
ylabel('EDS')

%koino semilogy tw n esd kai diaoretikos tropo s dhlwshs xwris hold on
figure(3);
semilogy(F,ESD_1,'b',F,ESD_2,'g',F,ESD_3,'r')
legend('a = 0','a = 0.5','a = 1');
grid on;

title('Energy Spectral Density Semilogy')
xlabel('Frequency in Hz')
ylabel('EDS')
```

Υποερώτημα Α.3

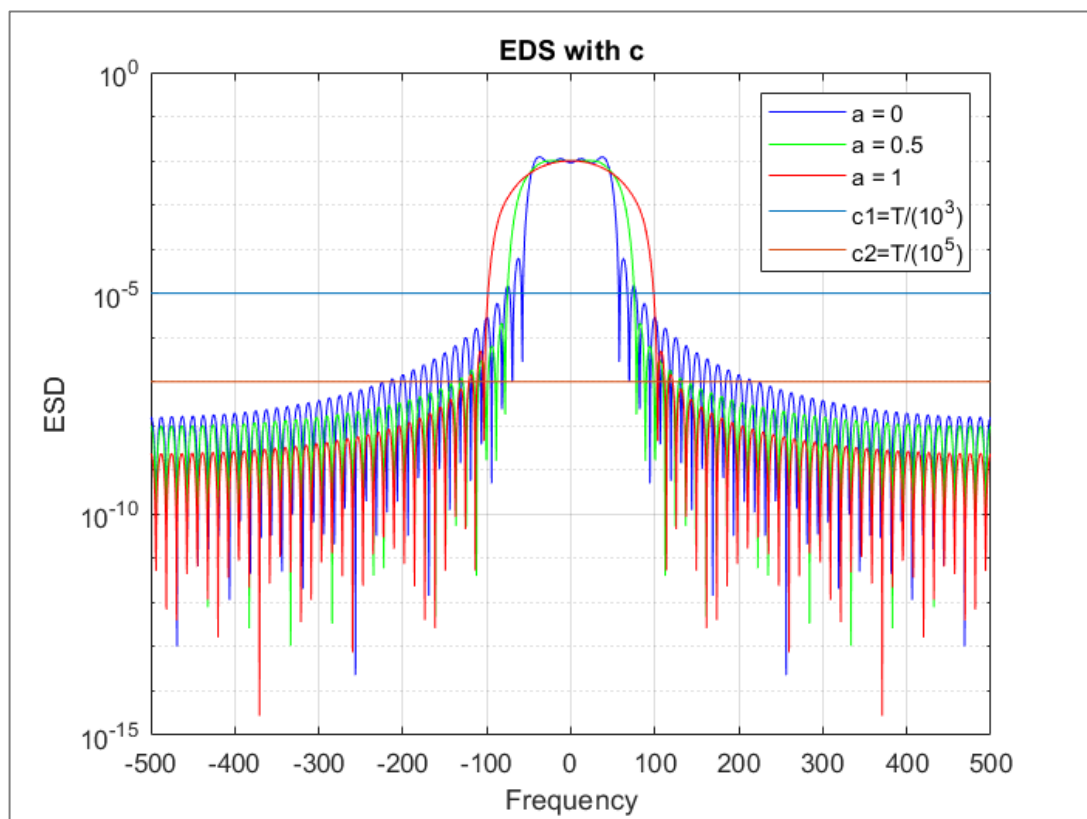
Θεωρητικά, το εύρος φάσματος υπολογίζεται από τον τύπο $BW = \frac{1+a}{2T}$, επομένως, για τις διάφορες τιμές του a , έχουμε

a	BW
0	50
0.5	75
1	100

Μάλιστα, για επιβεβαίωση το BW υπολογίζεται και στον κώδικα:

```
for a=0:0.5:1  
    bw_theory = (1+a)/(2*T)  
end
```

Στο παρακάτω διάγραμμα, βλέπουμε στο κοινό semilogy του Α.2 τις δύο γραμμές που μας ζητήθηκαν να σχεδιάσουμε



Θεωρούμε, κάθε φορά, τις τιμές που βρίσκονται κάτω από τις γραμμές πρακτικά μηδέν. Από το διάγραμμα, εξάγουμε τις εξής πληροφορίες (οι αριθμοί είναι κατά προσέγγιση με δύο δεκαδικά ψηφία):

Για τις διάφορες τιμές του c έχουμε:

	$c=T/10^3$	$c=T/10^5$
a	BW	
0	57.13	81.54
0.5	75.2	77.64
1	98.7	102.54

Γενικά, ο παλμός με το μικρότερο εύρος φάσματος είναι και ο πιο αποδοτικός. Έτσι στην περίπτωση όπου $c=T/10^3$, πιο αποδοτικός είναι ο παλμός με $\alpha=0$, καθώς φθίνει γρηγορότερα προς τη γραμμή που έχουμε θέσει. Αντιθέτως, στην περίπτωση όπου $c=T/10^5$, ο πιο αποδοτικός παλμός είναι εκείνος με $\alpha=0.5$.

Παρατίθεται ο κώδικας για το υποερώτημα Α.3:

```
%-----Erwthma A.3-----

%ypologizw mesa se or loop gia to thewrhtiko bw gia tous 3 palmous

for a=0:0.5:1

    bw_theory = (1+a)/(2*T);
    disp(bw_theory);

end

%orizw tis orizonties grammes
c1 = T/(10^3);
c2 = T/(10^5);

%dhmiourgw tis grammes
line = ones (1,length(F));
line1=line*c1;
line2=line*c2;

figure(4);
semilogy(F,ESD_1,'b')
hold on
semilogy(F,ESD_2,'g')
hold on
semilogy(F,ESD_3,'r')
hold on
semilogy(F,line1)
hold on
semilogy(F,line2)
legend('a = 0','a = 0.5','a = 1', 'c1=T/(10^3)', 'c2=T/(10^5)');
```

```

grid on;
hold off

title('EDS with c')
xlabel('Frequency')
ylabel('ESD')

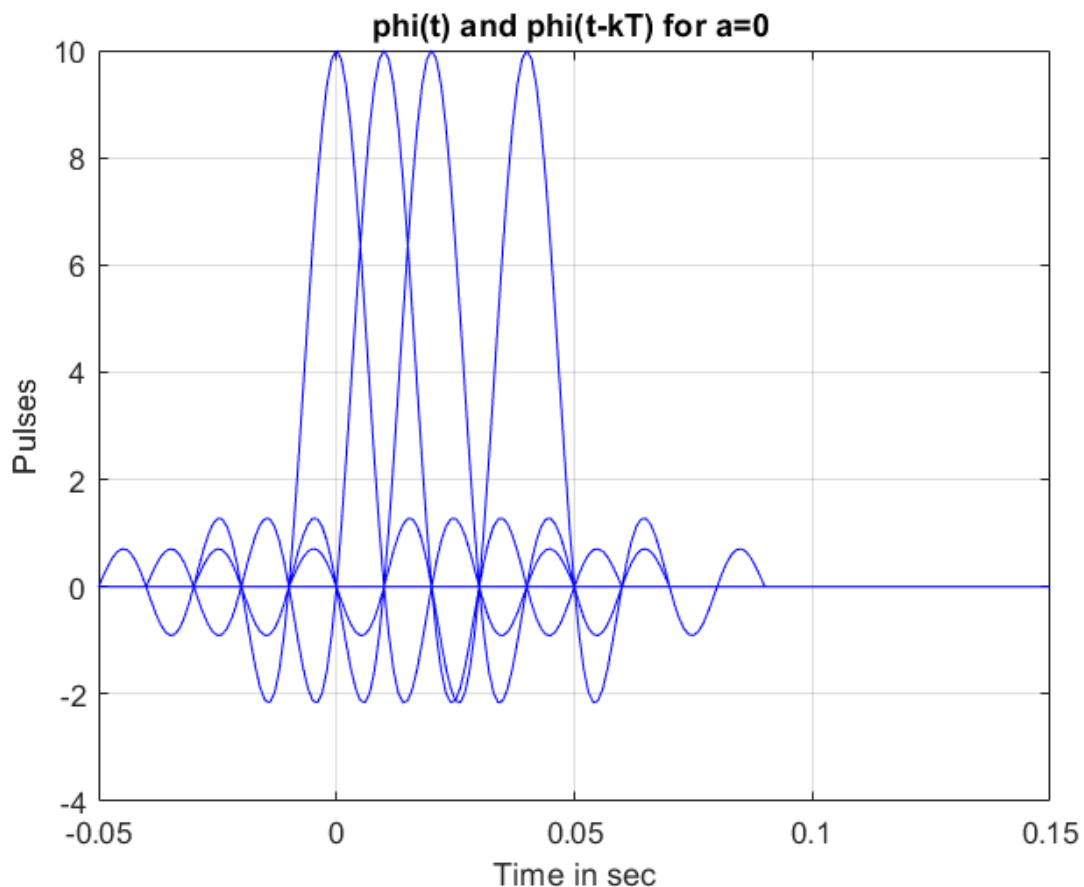
```

ΕΡΩΤΗΜΑ Β

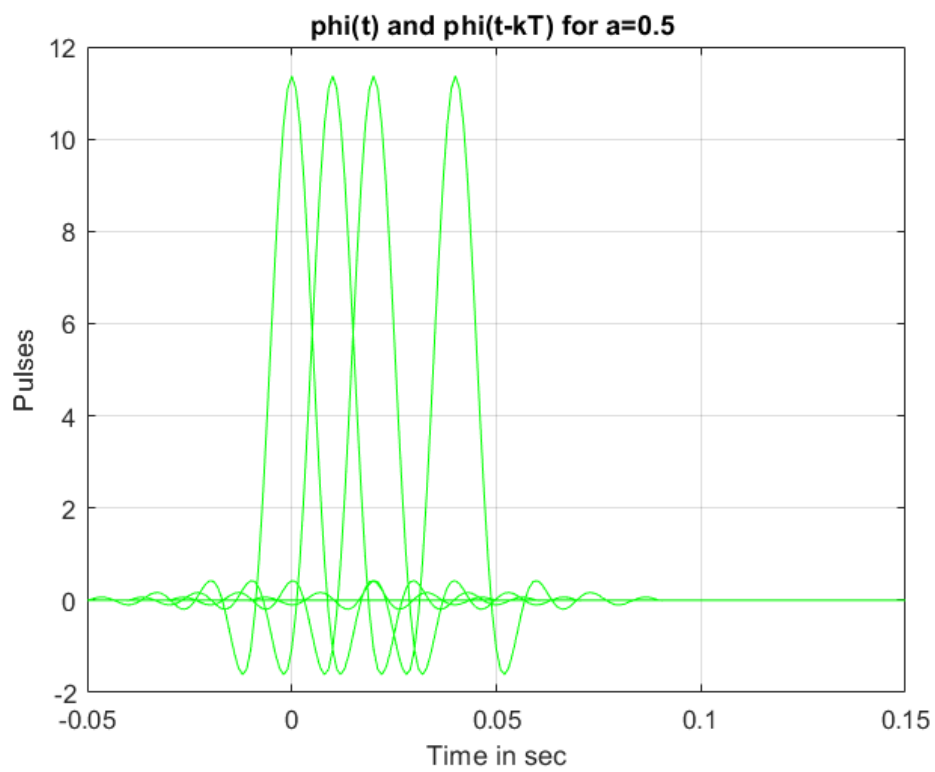
Στο ερώτημα Β, μας ζητήθηκε να αλλάξουμε την τιμή του A σε 5, επομένως δημιούργησα τρεις καινούριους παλμούς $\phi(t)$, για να δουλέψω πάνω σε αυτούς. Σημειώνουμε πως για $\kappa=0$ ο παλμός δεν είναι μετατοπισμένος, δηλαδή είναι ο αρχικός παλμός $\phi(t)$.

Στα επόμενα διαγράμματα, φαίνονται για κάθε διαφορετικό α , όλοι οι μετατοπισμένοι παλμοί του σε κοινό διάγραμμα. Ακόμη, όπως φαίνεται έχω δημιουργήσει κοινό άξονα χρόνου t_{total} για όλα τα διαγράμματα.

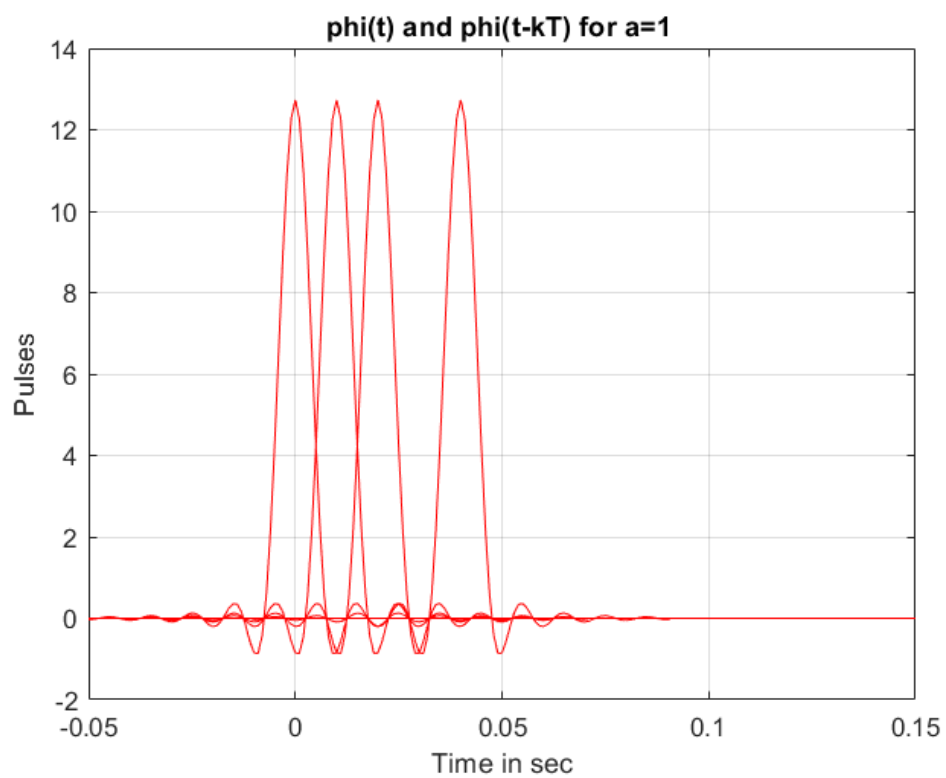
Για $\alpha=0$ έχουμε τους εξής παλμούς:



Για $\alpha=0.5$ έχουμε τους εξής παλμούς:

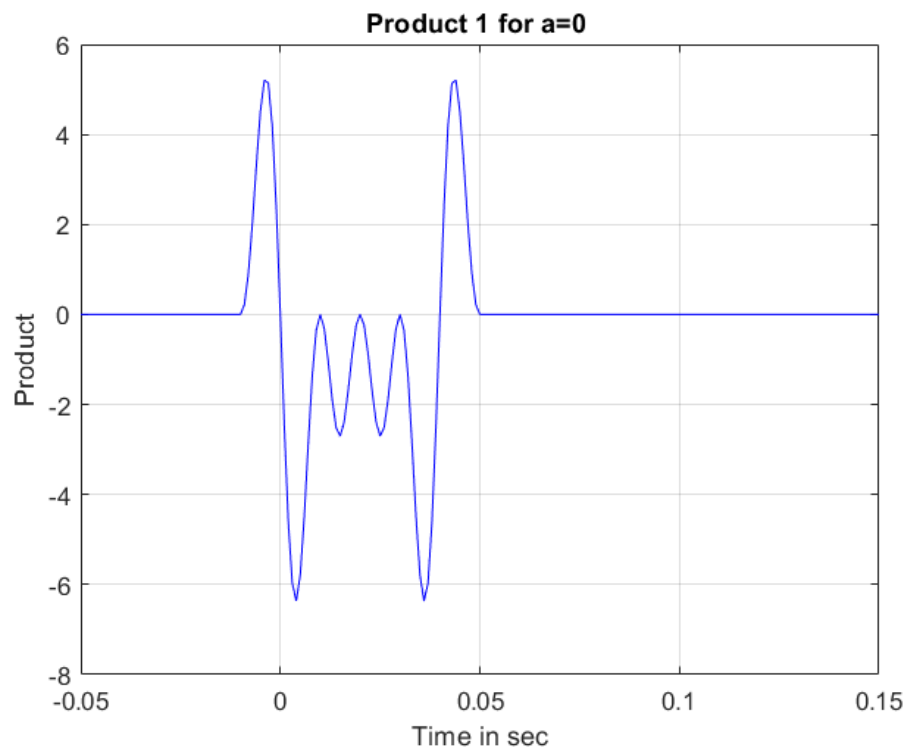


Για $\alpha=1$ έχουμε τους εξής παλμούς:

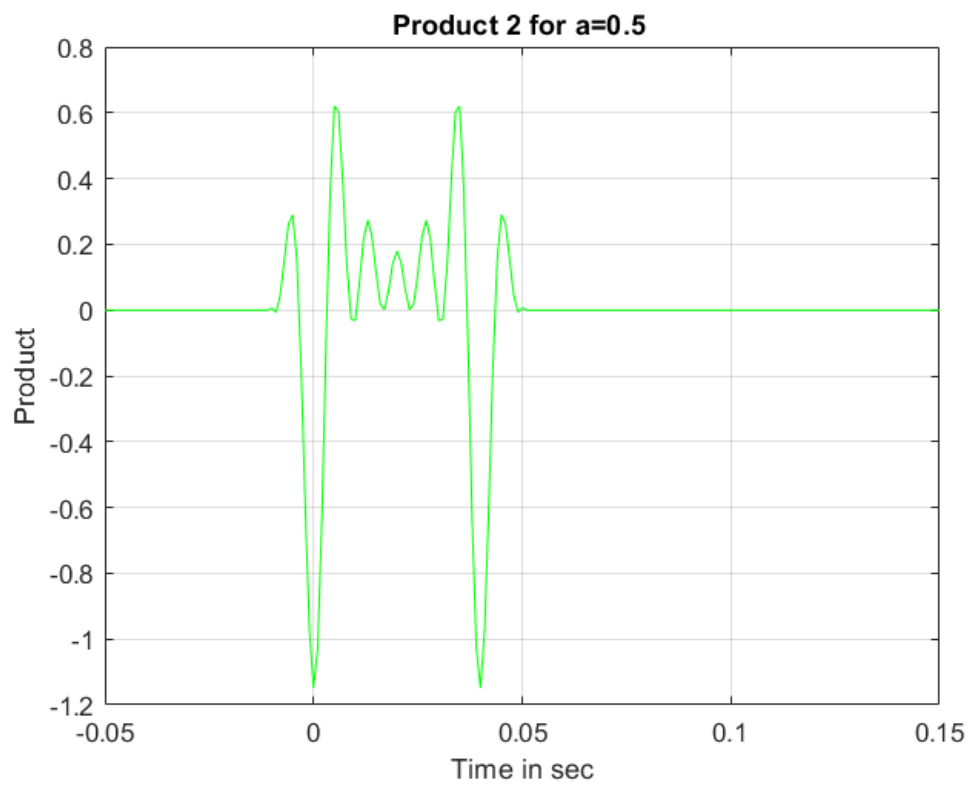


Στη συνέχεια, υπολογίσαμε τα γινόμενα των μετατοπισμένων παλμών.

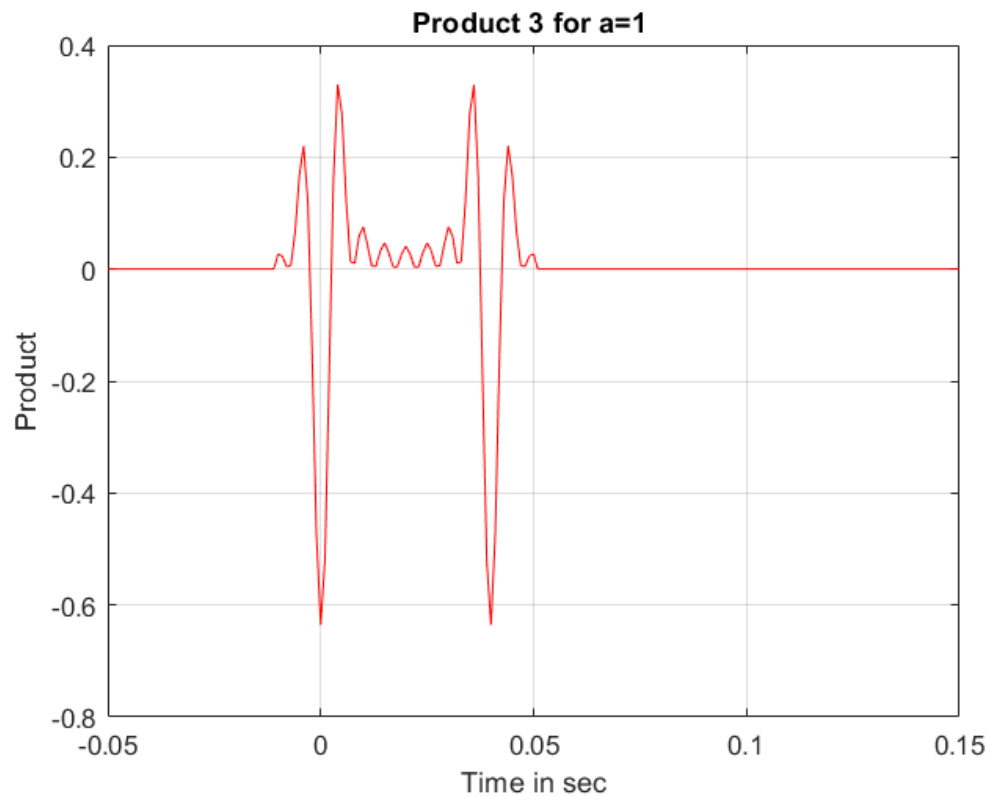
Για $\alpha=0$ έχουμε:



Για $\alpha=0.5$ έχουμε:



Για $\alpha=1$ έχουμε:



Έπειτα, μας ζητήθηκε να υπολογίσουμε τις τιμές των ολοκληρωμάτων

Τιμές ολοκληρωμάτων	k=0	k=2	k=4
integral_1 ($\alpha=0$)	0.9798	-0.0258	-0.0402
integral_2 ($\alpha=0.5$)	0.9999	1.5853e-04	-9.1665e-04
integral_3 ($\alpha=1$)	1.0000	-3.3230e-05	-1.3955e-04

Παρατηρούμε ότι για $k=0$, τα εμβαδά που καταλαμβάνουν οι παλμοί είναι πολύ κοντά στη μονάδα (μάλιστα, όσο το α πλησιάζει τη μονάδα, έχουμε καλύτερη προσέγγιση). Όσο πολλαπλασιάζω το $\phi(t)$ με απομακρυσμένες εκδοχές του, τόσο πιο κοντά στο 0 προκύπτουν τα ολοκληρώματα, με την μεγαλύτερη απόκλιση να την εμφανίζει πάλι το ολοκλήρωμα με $\alpha=0$. Έτσι, γίνεται αντιληπτή η ιδιότητα της ορθοκανονικότητας των SRRC παλμών ως προς τις μετατοπίσεις τους κατά kT .

Παρατίθεται ο κώδικας για το υποερώτημα Β:

```
%-----Erwthma B-----

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

%thetoume A=5 kai ftiaxnoyme 3 kainourious palmous phi

[phi1_b, t1] = srrc_pulse (T, Ts, A, a(1));      %gia a=0
[phi2_b, t2] = srrc_pulse (T, Ts, A, a(2));      %gia a=0.5
[phi3_b, t3] = srrc_pulse (T, Ts, A, a(3));      %gia a=1

for k=[0 1 2 4]

    %dhniourgoume tous kathisterhmenous palmous, me mhdenika prin
    %kai meta
    %to phi

    del_filter1(k+1,:)= [zeros(1,k*over) phi1_b zeros(1,(2*A-k)*over)];
    del_filter2(k+1,:)= [zeros(1,k*over) phi2_b zeros(1,(2*A-k)*over)];
    del_filter3(k+1,:)= [zeros(1,k*over) phi3_b zeros(1,(2*A-k)*over)];

    %orizoume koino aksona xronou
    t_total=[-A*T:Ts:A*(1+2)*T];

    %ypologismos ginomenwn
    product_1 = del_filter1(1,:).*del_filter1(k+1,:);
    product_2 = del_filter2(1,:).*del_filter2(k+1,:);
    product_3 = del_filter3(1,:).*del_filter3(k+1,:);

end

%ypoloogismos oloklhrwmatwn
integral_1(k+1)= sum(product_1*Ts)
integral_2(k+1)= sum(product_2*Ts)
integral_3(k+1)= sum(product_3*Ts)

%sxediasmos phi
figure(5)
plot(t_total,del_filter1,'b')
grid on
title('phi(t) and phi(t-kT) for a=0 ');
xlabel('Time in sec');
ylabel('Pulses');

figure(6)
plot(t_total,del_filter2,'g')
grid on
title('phi(t) and phi(t-kT) for a=0.5 ');
xlabel('Time in sec');
ylabel('Pulses');
```

```

figure(7)
plot(t_total,del_filter3,'r')
grid on
title('phi(t) and phi(t-kT) for a=1 ');
xlabel('Time in sec');
ylabel('Pulses');

```

```

%sxediasmos ginomenwn

```

```

figure(8)
plot(t_total,product_1,'b')
grid on
title(['Product 1 for a=0 ']);
xlabel('Time in sec');
ylabel('Product');

```

```

figure(9)
plot(t_total,product_2,'g')
grid on
title(['Product 2 for a=0.5 ']);
xlabel('Time in sec');
ylabel('Product');

```

```

figure(10)
plot(t_total,product_3,'r')
grid on
title(['Product 3 for a=1 ']);
xlabel('Time in sec');
ylabel('Product');

```

ΕΡΩΤΗΜΑ C

Σε αυτό το ερώτημα, μας ζητείται να προσομοιώσουμε ένα PAM σύστημα βασικής ζώνης, το οποίο μεταφέρει N bits χρησιμοποιώντας διαμόρφωση 2-PAM.

Υποερώτημα C.1

Παρατίθεται ο κώδικας δημιουργίας N bits, μέσω της συνάρτησης randn:

```
N=100;  
T=0.1;  
Ts=T/over;  
a=0.5;  
b=(sign(randn(N,1))+1)/2;
```

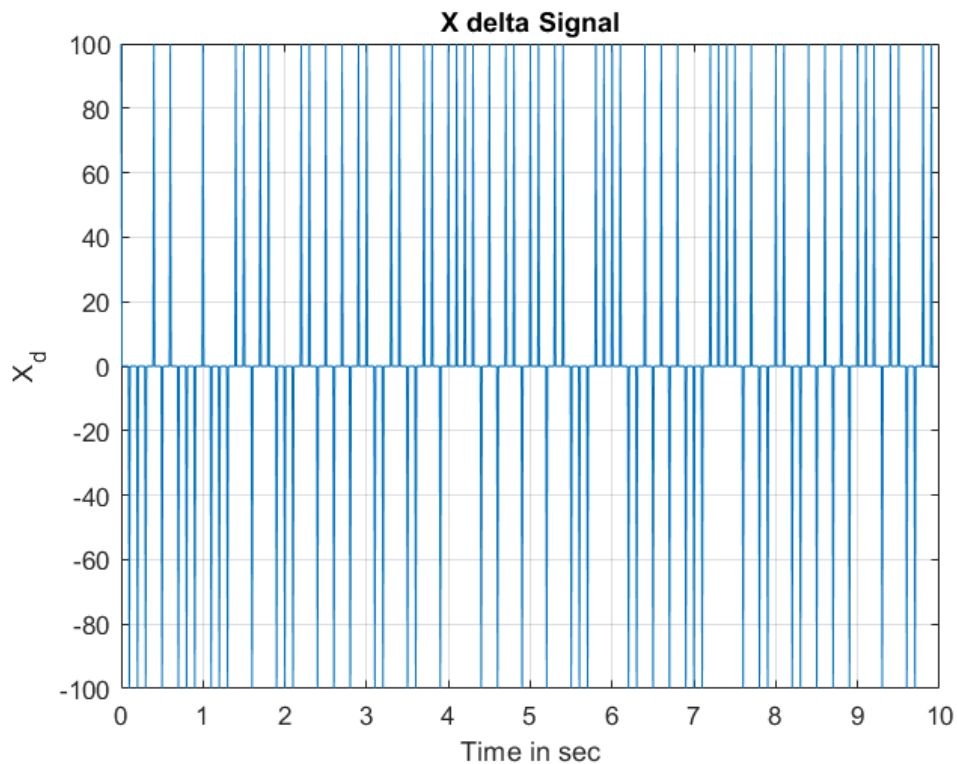
Υποερώτημα C.2

α) Παρατίθεται ο κώδικας της συνάρτησης, η οποία παίρνει ως είσοδο την ακολουθία bits b και από 2-PAM σύμβολα X χρησιμοποιώντας την εξής κωδικοποίηση: $0 \rightarrow +1$ και $1 \rightarrow -1$

```
function X = bits_to_2PAM(b)  
  
    for i = 1:length(b)  
        if (b(i)==0)  
            X(i)=1;  
        else  
            X(i)=-1;  
        end  
    end  
end
```

β) Παρατίθεται ο κώδικας και το διάγραμμα για την προσομοίωση του σήματος $X\delta(t)$

```
X_delta=1/Ts*upsample(X,over);  
t_delta = 0:Ts:N*T-Ts;  
  
%Sxediash  
figure  
plot(t_delta,X_delta)title('X delta Signal');  
xlabel('Time in sec');  
ylabel('X_d');  
grid on
```



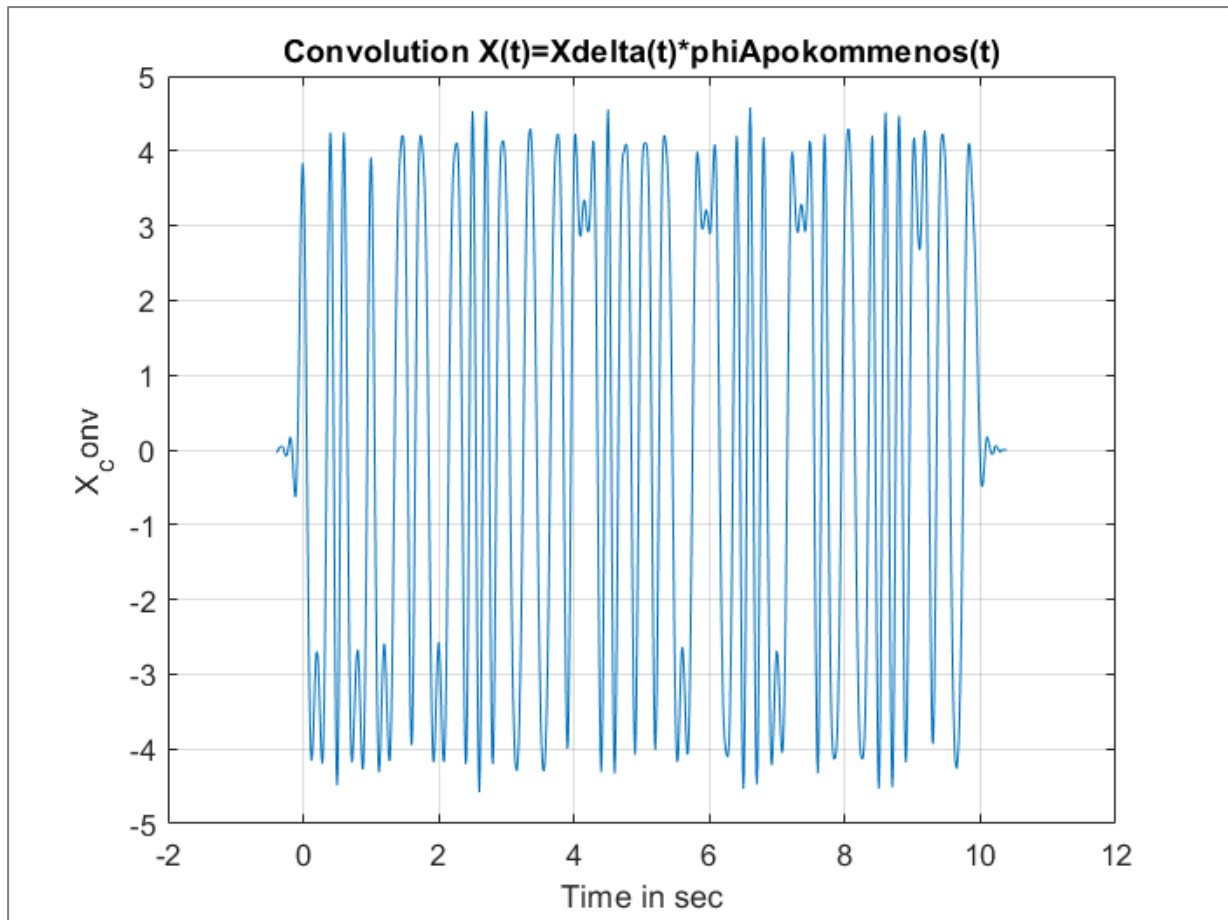
γ) Παρατίθεται ο κώδικας και το διάγραμμα για την συνέλιξη $X(t) = X_\delta(t) * \phi(t)$

```
%Dhmiourgoume ton palmo SRRC me ta nea dedomena
[phi_apokommenos, t_phi_apok] = srrc_pulse(T, Ts, A, a);

%ypologizoume th syneliksi tou Xdelta me ton apokommeno phi
X_t = Ts*conv(X_delta,phi_apokommenos);

%orizoume ton aksona tou xronou
t_conv1 =
(min(t_phi_apok)+min(t_delta):Ts:max(t_phi_apok)+max(t_delta));

figure
plot(t_conv1,X_t)
title('Convolution X(t)=Xdelta(t)*phiApokommenos(t)');
xlabel('Time in sec');
ylabel('X_conv');
grid on
```

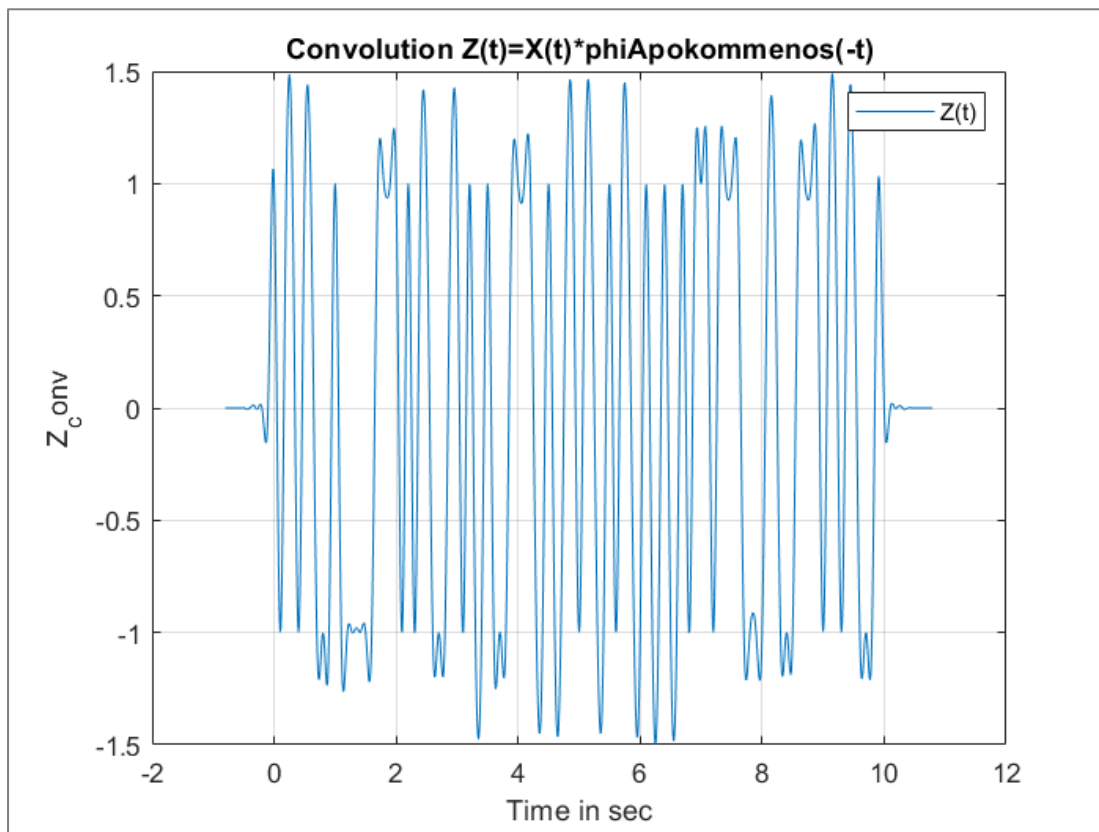


δ) Παρατίθεται ο κώδικας και το διάγραμμα για την συνέλιξη $Z(t) = X(t) * \phi(-t)$

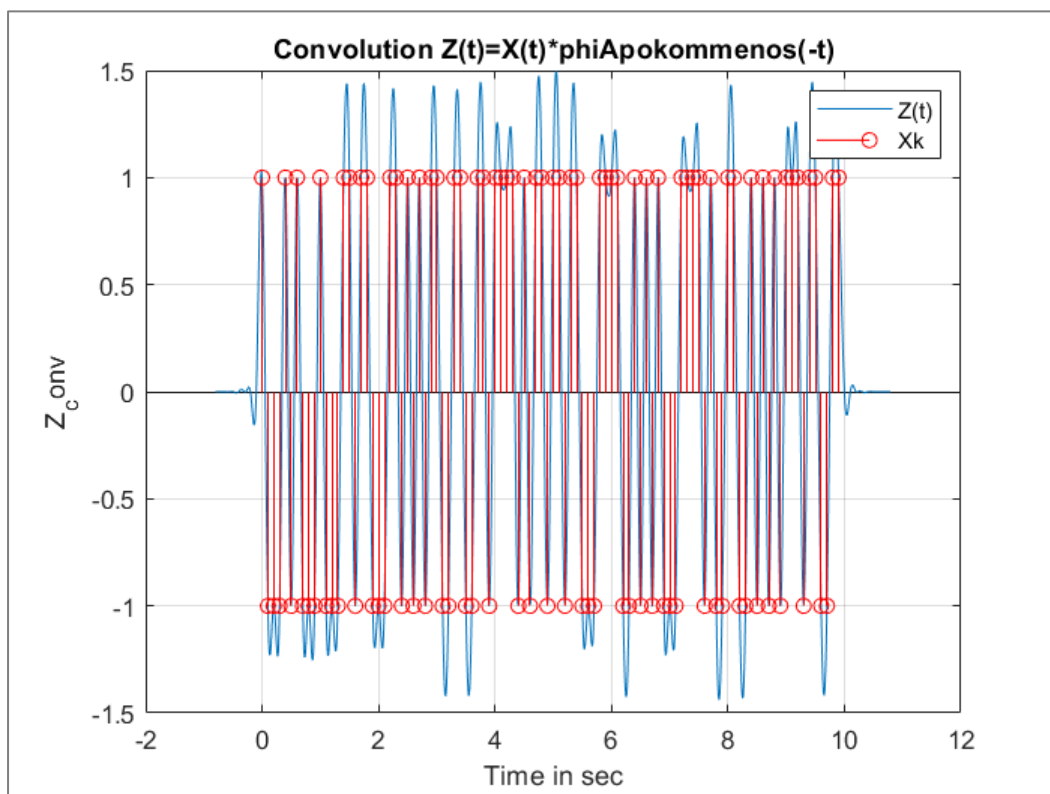
```
Z_t = Ts*conv(X_t,phi_apokommenos);
t_conv2 = (min(t_conv1)+min(t_phi_apok):Ts:max(t_conv1)+max(t_phi_apok));
```

```
figure
plot(t_conv2,Z_t)
title('Convolution Z(t)=X(t)*phiApokommenos(-t)');
xlabel('Time in sec');
ylabel('Z_conv');
hold on

stem((0:N-1)*T,X,'r');
legend('Z(t)', 'Xk')
grid on
```

Διάγραμμα με την εντολή stem, για γραφική σύγκριση των τιμών:



Παρατηρούμε πως οι τιμές των δειγμάτων $Z(kT)$ προσεγγίζουν τις τιμές -1 και 1 , όπως και οι τιμές των X_k , για κάθε $k = 0, \dots, N-1$.

Εφόσον έχουμε ιδανικό κανάλι, με τη συνέλιξη $Z(t)$, δηλαδή τη συνέλιξη του σήματος $X(t)$, το οποίο λαμβάνουμε στην είσοδο, με το $\phi(-t)$, έχουμε την αποδιαμόρφωση του παλμού των συμβόλων (σήμα X), δηλαδή, έχουμε τον αποδιαμορφωμένο παλμό (με σύμβολα) που είχε σταλεί. Από τη στιγμή που βλέπουμε ότι οι τιμές συμπίπτουν σε αντιστοιχία για κάθε kT , τότε συμπεραίνουμε πως ανακτήσαμε σωστά, κατά προσέγγιση, τα αρχικά σύμβολα.

Ακόμη, τα παραπάνω τα επαληθεύουμε και με τη βοήθεια της εντολής `stem`, όπου βλέπουμε την αντιστοιχία των τιμών $Z(kT)$ με τις τιμές X_k . Έτσι, καταλήγουμε ότι η διαδικασία προσομοίωσης PAM συστήματος βασικής ζώνης, δηλαδή, η δημιουργία των bits, η μετατροπή τους σε 2-PAM σύμβολα, η διαμόρφωση της ακολουθίας των συμβόλων και η αποδιαμόρφωσή τους, έχουν γίνει ορθά.