ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ 1

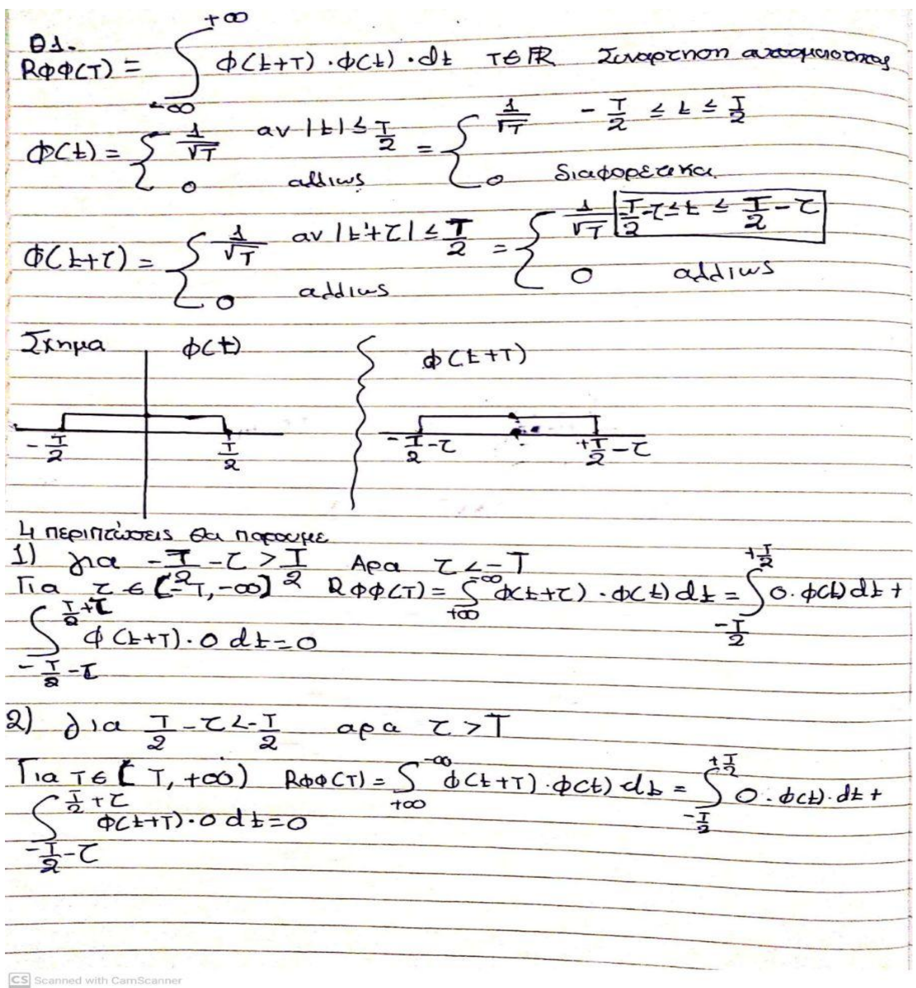
Αικατερίνη Τσιμπιρδώνη 2018030013

Νοέμβριος 2021

Θ1. Να υπολογίσετε αναλυτικά και να σχεδιάσετε τη συνάρτηση αυτοομοιότητας της

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

Τι παρατηρείτε; ΛΥΣΗ:



Θ1.

$R\phi\phi(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} \phi(t+\tau)\cdot\phi(t)\cdot dt \quad \tau \in \mathbb{R}$ Συναρτηση αυτομοιοτητας

$\phi(t) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{T}} & \text{αν } |t| \leq \frac{T}{2} \\ 0 & \text{allιως} \end{cases} = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{T}} & -\frac{T}{2} \leq t \leq \frac{T}{2} \\ 0 & \text{διαφορετικα} \end{cases}$

$\phi(t+\tau) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{T}} & \text{αν } |t+\tau| \leq \frac{T}{2} \\ 0 & \text{allιως} \end{cases} = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{T}} & \boxed{-\frac{T}{2}-\tau \leq t \leq \frac{T}{2}-\tau} \\ 0 & \text{allιως} \end{cases}$

Σχημα $\phi(t)$ $\phi(t+\tau)$

$-\frac{T}{2}$ $\frac{T}{2}$ $-\frac{T}{2}-\tau$ $+\frac{T}{2}-\tau$

4 περιπτώσεις θα παρουμε

1) για $-\frac{T}{2}-\tau > \frac{T}{2}$ Αρα $\tau < -T$

Για $\tau \in [-T, -\infty]$ $R\phi\phi(\tau) = \int_{+\infty}^{-\infty} \phi(t+\tau)\cdot\phi(t)\, dt = \int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}} 0\cdot\phi(t)\, dt + \int_{-\frac{T}{2}-\tau}^{\frac{T}{2}+\tau} \phi(t+\tau)\cdot 0\, dt = 0$

2) για $\frac{T}{2}-\tau < -\frac{T}{2}$ αρα $\tau > T$

Για $\tau \in [T, +\infty)$ $R\phi\phi(\tau) = \int_{+\infty}^{-\infty} \phi(t+\tau)\cdot\phi(t)\, dt = \int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}} 0\cdot\phi(t)\cdot dt + \int_{-\frac{T}{2}-\tau}^{\frac{T}{2}+\tau} \phi(t+\tau)\cdot 0\, dt = 0$

Φιγυρε 1: Θ1

3) Για $-\frac{T}{2}-\tau < -\frac{T}{2}$ και $\frac{T}{2}-\tau \geq \frac{T}{2}$ Αρα για $\tau > 0$ και $\tau \leq T$

Για $\tau \in (0, T]$ $R\phi\phi(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} \phi(t+\tau)\,\phi(t)\,dt = \int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}-\tau} \frac{1}{\sqrt{T}} \cdot \frac{1}{\sqrt{T}}\,dt$

$= \frac{1}{T}\left[\,t\,\right]_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}-\tau} = \frac{1}{T}\left(\frac{T}{2} - \tau + \frac{T}{2}\right) = \frac{T-\tau}{T}$ για $\tau \in (0, T]$

4) Για $-\frac{T}{2}-\tau \leq \frac{T}{2}$ και $\frac{T}{2}-\tau \geq \frac{T}{2}$ Αρα $\tau \geq -T$ και $\tau \leq 0$

Για $\tau \in [-T, 0]$ $R\phi\phi(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} \phi(t)\cdot\phi(t+\tau)\,dt = \frac{1}{T}\int_{-\frac{T}{2}-\tau}^{\frac{T}{2}} dt$

$= \frac{1}{T}\left[\,t\,\right]_{-\frac{T}{2}-\tau}^{\frac{T}{2}} = \left(\frac{T}{2} + \frac{T}{2} + \tau\right)\frac{1}{T}$ $\frac{T+\tau}{T}$

Συγκεντρωτικη

$$R\phi\phi(\tau) = \begin{cases} \frac{T+\tau}{T} & \text{αν } \tau \in [-T, 0] \\ \frac{T-\tau}{T} & \text{αν } \tau \in (0, T] \\ 0 & \text{διαφορετικα} \end{cases}$$

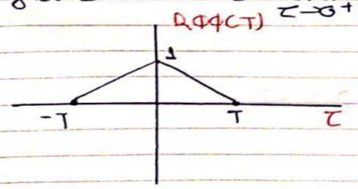
Σχημα

για $\tau = -T$ $R\phi\phi(-T) = 0$

για $\tau = 0$ $R\phi\phi(0) = 1$

για $\tau = T$ $R\phi\phi(T) = 0$

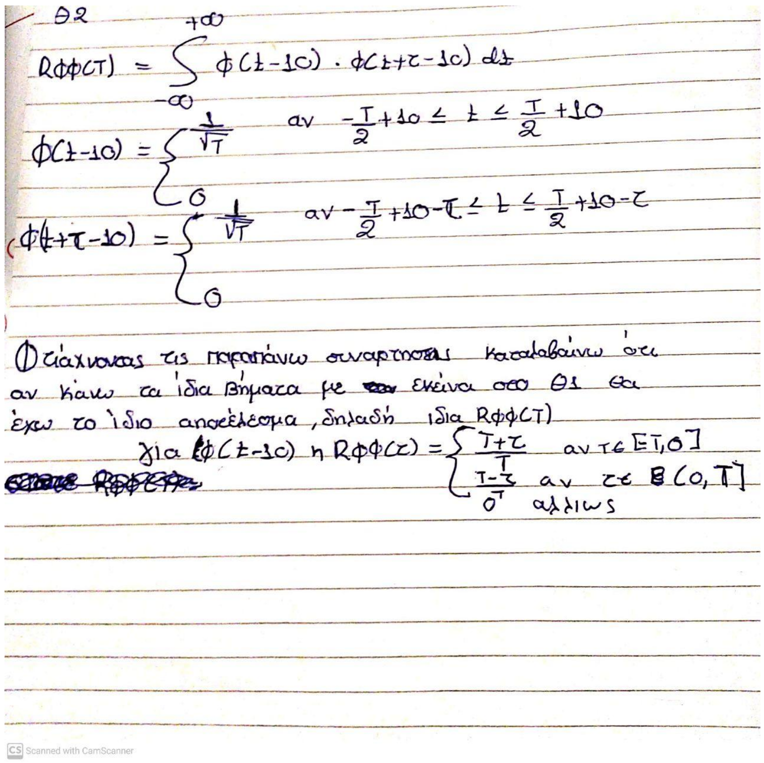
για τ κοντα στο 0^+ $\lim_{\tau \to 0^+} \frac{T-\tau}{T} = 1$



Φιγυρε 2: Θ1 συνεχεια

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Η Rφφ είναι η συνάρτηση αυτοομοιότητας με τύπο που αναφέρεται στις χειρόγραφες σημειώσεις ειναι μια τριγωνική συνάρτηση και αυτο συμβαίνει λόγω του ολοκληρώματος που υπάρχει αφού η αρχική φ(t) ειναι τετραγωνική επίσης η φ(t) ειναι πεπερασασμένης ενέργειας με ενέργεια Rφφ(0)=1·

Θ.2 (10) Να επαναλάβετε για την $\phi(t-10)$.



Θ2

$$R_{\phi\phi}(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} \phi(t-10)\cdot\phi(t+\tau-10)\,dt$$

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

$$\phi(t+\tau-10) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{T}} & \text{αν } -\frac{T}{2}+10-\tau \le t \le \frac{T}{2}+10-\tau \\ 0 & \end{cases}$$

Φτιάχνοντας τις παραπάνω συναρτήσεις καταλαβαίνω ότι αν κάνω τα ίδια βήματα με εκείνα στο Θ1 θα έχω το ίδιο αποτέλεσμα, δηλαδή ίδια $R_{\phi\phi}(\tau)$

για $\phi(t-10)$ η $R_{\phi\phi}(\tau) = \begin{cases} \frac{T+\tau}{T} & \text{αν } \tau\in[-T,0] \\ \frac{T-\tau}{T} & \text{αν } \tau\in(0,T] \\ 0 & \text{αλλιως} \end{cases}$

Φιγυρε 3: Θ2

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Οπως προαναφέρθηκε η $\phi(t-10)$ έχει την ίδια Rφφ με την φ(t) δηλαδή η μετατόπιση της δεν περνάει στην συνάρτηση αυτοομοιότητας.

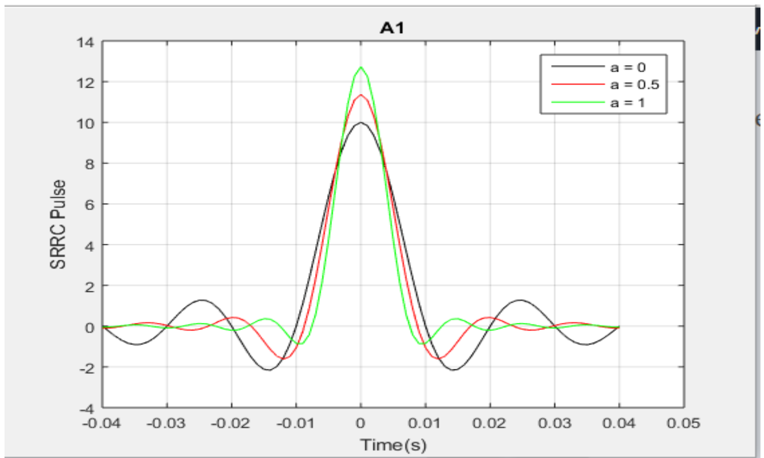
A.1 Εκφώνηση

Να δημιουργήσετε παλμούς SRRC $\phi(t)$ (ενδεικτικές τιμές: $T = 10^{-2}\,\text{sec}$, $T_s = \frac{T}{\text{over}}$, over $= 10$, $A = 4$ και συντελεστή roll-off $a = 0, 0.5, 1$).

1. Να σχεδιάσετε σε **κοινό** plot τους παλμούς, στον κατάλληλο άξονα του χρόνου, για $T = 10^{-3}\,\text{sec}$, over $= 10$, $A = 4$ και $a = 0, 0.5, 1$.

2. Τι παρατηρείτε σχετικά με το ρυθμό “μείωσης” του πλάτους των παλμών, όσο αυξάνεται η απόλυτη τιμή του χρόνου, σε σχέση με τις τιμές του a;

ΛΥΣΗ:
1.



Φιγυρε 4: A1

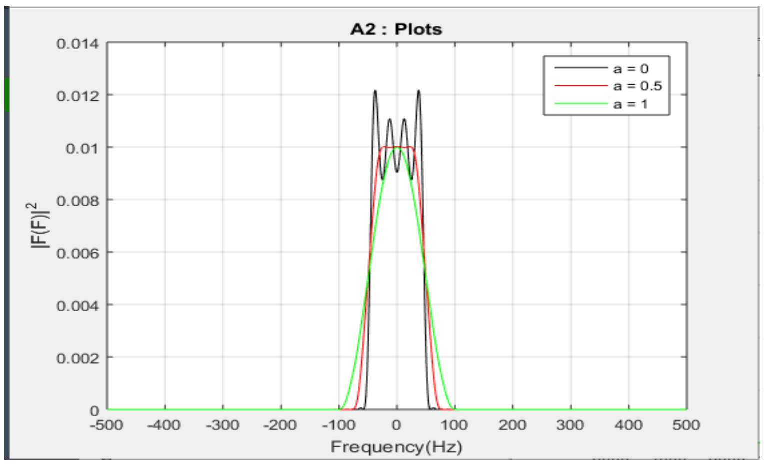
2.Παρατηρήσεις:
1. Με την αύξηση του α,αυξάνεται και το μέγιστο πλάτος του παλμου.
2.Καθώς και φθίνει πιο γρήγορα.

CODE:

```
close all;
clear ;
T=0.01;
over=10;
Ts=T/over;
A=4;
a=[0 0.5 1];
[f1,t1]=srrc_pulse( T,over,A,a(1));
[f2,t2]=srrc_pulse( T,over,A,a(2));
[f3,t3]=srrc_pulse( T,over,A,a(3));
figure
plot(t1,f1,'black')
hold on
plot(t2,f2,'red')
hold on
plot(t3,f3,'green')
grid on
legend('a = 0', 'a = 0.5', 'a = 1');
xlabel('Time(s)');
ylabel('SRRC Pulse');
title('A1')
```

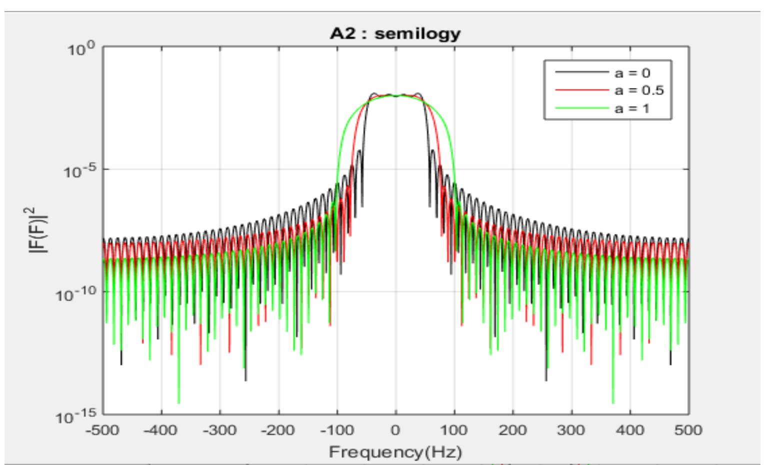
A.2 Μέσω των συναρτήσεων fft και fftshift, να υπολογίσετε τους μετασχηματισμούς Fourier $\Phi(F)$ των παλμών που σχεδιάσατε στο προηγούμενο βήμα, σε N_f ισαπέχοντα σημεία στον άξονα συχνοτήτων $[-\frac{F_s}{2}, \frac{F_s}{2})$ (ενδεικτικά, $N_f = 1024, 2048$). Να σχεδιάσετε τη φασματική πυκνότητα ενέργειας $|\Phi(F)|^2$ αυτών των παλμών:

1. σε κοινό plot,
   ΛΥΣΗ:



Φιγυρε 5: α2.1

2. σε κοινό semilogy
   ΛΥΣΗ:



Φιγυρε 6: α2.2

CODE:

```
N = 2048;
Fs = 1/Ts;
thz = -Fs/2:Fs/N:Fs/2-Fs/N;
F1 = fftshift(fft(f1,N)*Ts);
F2 = fftshift(fft(f2,N)*Ts);
F3 = fftshift(fft(f3,N)*Ts);
figure
plot(thz, abs(F1).^2, 'black');
hold on
```

```
plot(thz, abs(F2).^2, 'red');
hold on
plot(thz, abs(F3).^2, 'green');
hold on
grid on
legend('a = 0', 'a = 0.5','a = 1');
xlabel('Frequency(Hz)');
ylabel('|F(F)|^2');
title('A2 : Plots')
figure(2)
semilogy(thz, abs(F1).^2, 'black');
hold on
semilogy(thz, abs(F2).^2, 'red');
hold on
semilogy(thz, abs(F3).^2, 'green');
hold on
grid on
legend('a = 0', 'a = 0.5','a = 1');
xlabel('Frequency(Hz)');
ylabel('|F(F)|^2');
title('A2 : semilogy')
```

A.3 1. Να υπολογίσετε την τιμή του θεωρητικού εύρους φάσματος για καθένα από τους τρεις παλμούς. Το θεωρητικό εύρος φάσματος των παλμών άπειρης διάρκειας είναι $\mathrm{BW} = \frac{1+a}{2T}$.

ΛΥΣΗ:

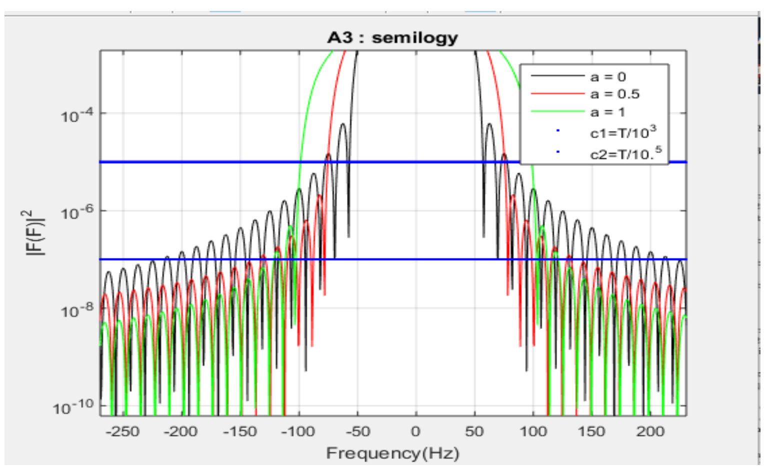
1.BW = 50 για α=0

2.BW = 75 για α=0.5

3.BW = 100 για α=1

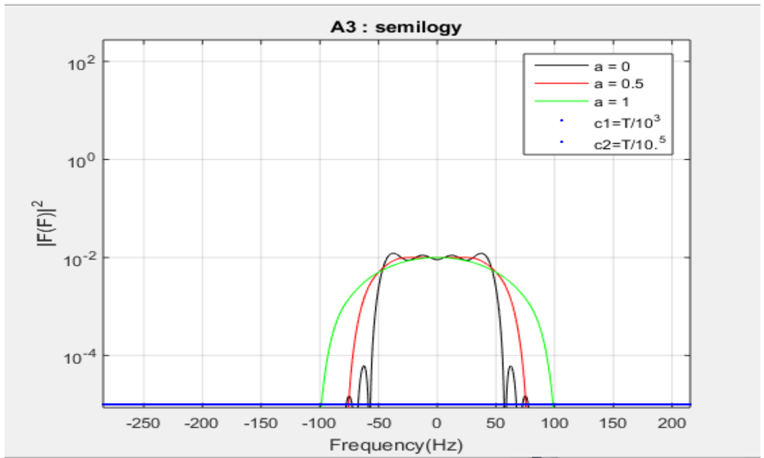
2.Στο κοινό semilogy του ερωτήματος A.2, να σχεδιάσετε μία οριζόντια γραμμή με τιμή c (ενδεικτικά $c = \frac{T}{10^3}$) και να θεωρήσετε ότι οι τιμές οι οποίες ευρίσκονται κάτω από αυτή τη γραμμή είναι "πρακτικά μηδέν." Σε αυτή την περίπτωση, ποιο είναι προσεγγιστικά το εύρος φάσματος των τριών παραπάνω παλμών (η χρήση του zoom μπορεί να φανεί χρήσιμη); Ποιος παλμός είναι πιο αποδοτικός ως προς το εύρος φάσματος

ΛΥΣΗ:



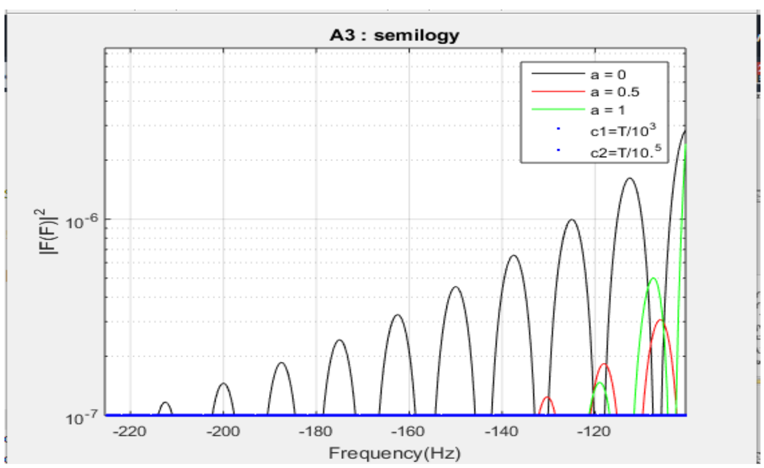
Φιγυρε 7: A3

Προσεγγιστικά το εύρος φάσματος των τριών παραπάνω παλμών για τιμή c (ενδεικτικά $c = \frac{T}{10^3}$) απο την εικόνα φαίνεται:
ΛΥΣΗ:



1.BW = 75 για α=0
2.BW = 75 για α=0.5
3.BW = 100 για α=1
Όσο αφορα την αποδοτικότητα φαινεται απο το το σχήμα οτι πιο αποδοτικός ως προς το εύρος φάσματος είναι: ο α=0 διότι φθήνει γρηγορότερα

3.Πώς μεταβάλλεται το εύρος φάσματος των παλμών αν $c = \frac{T}{10^5}$; Στην περίπτωση αυτή, ποιος παλμός είναι πιο αποδοτικός;



Προσεγγιστικά το εύρος φάσματος των τριών παραπάνω παλμών για τιμή c (ενδεικτικά $c = \frac{T}{10^5}$) απο την εικόνα φαίνεται:

1.BW = 210 για α=0
2.BW = 130 για α=0.5
3.BW = 120 για α=1

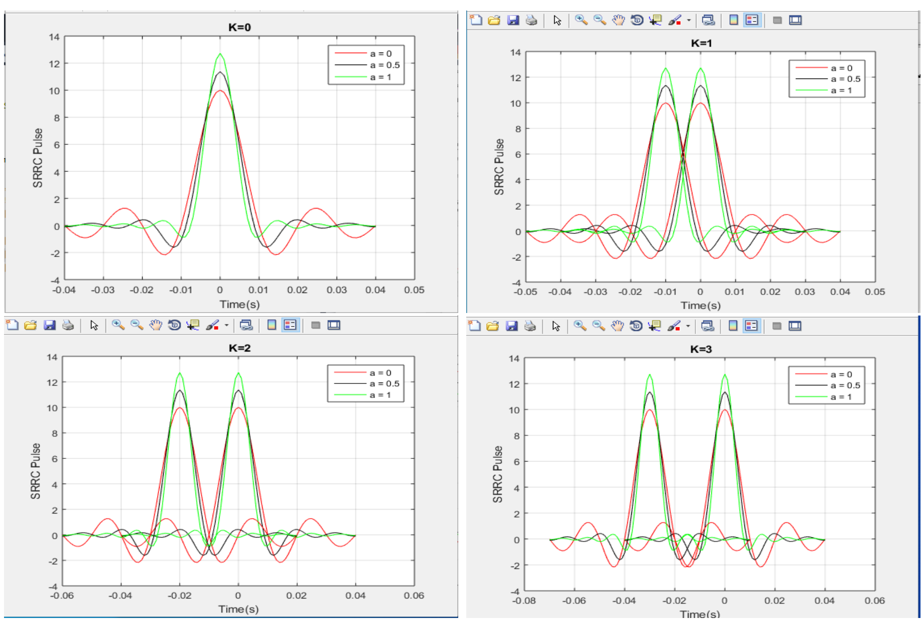
Όσο αφορα την αποδοτικότητα φαινεται απο το το σχήμα οτι πιο αποδοτικός ως προς το εύρος φάσματος είναι: Ο α=1 διότι φθήνει γρηγορότερα

CODE:

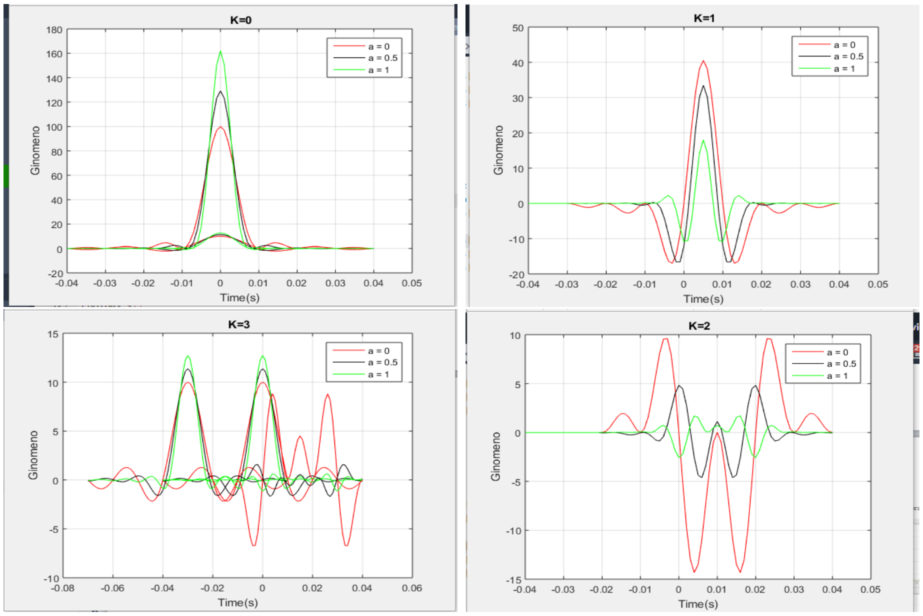
```
c1=T/(1000);
c2=T/10.^5;
figure
semilogy(thz, abs(F1).^2, 'black');
hold on
semilogy(thz, abs(F2).^2, 'red');
hold on
semilogy(thz, abs(F3).^2, 'green');
hold on
semilogy(thz,c1, 'blue.');
hold on
semilogy(thz,c2, 'blue.');

grid on
legend('a = 0', 'a = 0.5', 'a = 1', 'c1=T/10^3','c2=T/10.^5')
xlabel('Frequency(Hz)');
ylabel('|F(F)|^2');
title('A3 : semilogy')
```

B.1 A. Να σχεδιάσετε τα αποτελέσματα των βημάτων 1. και 2., για $a = 0, 0.5, 1$ και $k = 0, 1, 2, 3$.
ΛΥΣΗ:

1. Για $a = 0, 0.5, 1$, και $k = 0, 1, \ldots, 2A$, με $A = 5$, (αντίστοιχα αποτελέσματα θα πάρετε για αρνητικά k) να δημιουργήσετε σε κοινό plot του παλμούς $\phi(t)$ και $\phi(t - kT)$,



2. να δημιουργήσετε το γινόμενο $\phi(t)\,\phi(t-kT)$,



ΕΡΩΤΗΜΑ 1
CODE:

```
A=5;
k=0:2*A;
figure(1)
plot(t1, f1, 'red')
hold on
plot(t2, f2, 'black')
hold on
plot(t3, f3, 'green')
hold on
grid on
legend('a = 0', 'a = 0.5','a = 1');
xlabel('Time(s)');
ylabel('SRRC Pulse');
title('K=0')
figure(2)
plot(t1, f1, 'red')
hold on
plot(t2, f2, 'black')
hold on
plot(t3, f3, 'green')
hold on
plot(t1-(k(2)*T), f1, 'red')
hold on
plot(t2-(k(2)*T), f2, 'black')
hold on
plot(t3-(k(2)*T), f3, 'green')
grid on
legend('a = 0', 'a = 0.5','a = 1');
xlabel('Time(s)');
```

```
ylabel('SRRC Pulse');
title(' K=1')
figure(3)
plot(t1, f1, 'red')
hold on
plot(t2, f2, 'black')
hold on
plot(t3, f3, 'green')
hold on
plot(t1-(k(3)*T), f1, 'red')
hold on
plot(t2-(k(3)*T), f2, 'black')
hold on
plot(t3-(k(3)*T), f3, 'green')
grid on
legend('a = 0', 'a = 0.5','a = 1');
xlabel('Time(s)');
ylabel('SRRC Pulse');
title(' K=2')
figure(4)
plot(t1, f1, 'red')
hold on
plot(t2, f2, 'black')
hold on
plot(t3, f3, 'green')
hold on
plot(t1-(k(4)*T), f1, 'red')
hold on
plot(t2-(k(4)*T), f2, 'black')
hold on
plot(t3-(k(4)*T), f3, 'green')
grid on
legend('a = 0', 'a = 0.5','a = 1');
xlabel('Time(s)');
ylabel('SRRC Pulse');
title(' K=3')
```

ΕΡΩΤΗΜΑ 2
CODE:

```
A=5;
k=0:2*A;
k1=1;
k2=2;
k3=3;
figure
f1=givetherightlength(k(1),f1,T,Ts);
f2=givetherightlength(k(1),f2,T,Ts);
f3=givetherightlength(k(1),f3,T,Ts);
p1a = givetherightlength(k(2),f1,T,Ts);
p2a =  givetherightlength(k(2),f2,T,Ts);
p3a =  givetherightlength(k(2),f3,T,Ts);
p1b =  givetherightlength(k(3),f1,T,Ts);
p2b =  givetherightlength(k(3),f2,T,Ts);
p3b =  givetherightlength(k(3),f3,T,Ts);
```

```
p1c =  givetherightlength(k(4),f1,T,Ts);
p2c =  givetherightlength(k(4),f2,T,Ts);
p3c =  givetherightlength(k(4),f3,T,Ts);
figure(1)
plot(t2,f1.*f1,'red')
hold on
plot(t2,f2.*f2,'black')
hold on
plot(t3,f3.*f3,'green')
hold on
grid on
legend('a = 0', 'a = 0.5','a = 1');
xlabel('Time(s)');
ylabel('Ginomeno');
title(' K=0')
figure(2)

plot(t1,f1.*p1a,'red')
hold on
plot(t1,f2.*p2a,'black')
hold on
plot(t1,f3.*p3a,'green')
hold on
grid on
legend('a = 0', 'a = 0.5','a = 1');
xlabel('Time(s)');
ylabel('Ginomeno');
title(' K=1')
figure(3)
plot(t1,f1.*p1b,'red')
hold on
plot(t1,f2.*p2b,'black')
hold on
plot(t1,f3.*p3b,'green')
hold on
grid on
legend('a = 0', 'a = 0.5','a = 1');
xlabel('Time(s)');
ylabel('Ginomeno');
title(' K=2')
figure(4)
plot(t1,f1.*p1c,'red')
hold on
plot(t1,f2.*p2c,'black')
hold on
plot(t1,f3.*p3c,'green')
hold on
grid on
legend('a = 0', 'a = 0.5','a = 1');
xlabel('Time(s)');
ylabel('Ginomeno');
title(' K=3')
```

FUNCTION:

```
function [V]=givetherightlength(k,f,T,Ts)


V = ([zeros(1,(1/Ts) .* k .* T) f(1 : end - (1/Ts) .* k * T)]);
end
```

3. Να προσεγγίσετε αριθμητικά το ολοκλήρωμα του γινομένου $\phi(t)\,\phi(t-kT)$, με τη μέθοδο που αναφέραμε στο μάθημα.
   Να αναφέρετε τις τιμές των ολοκληρωμάτων που υπολογίσατε στο βήμα 3., για $a = 0, 0.5, 1$ και $k = 0, 1, 2, 3$ και να προσπαθήσετε να τις εξηγήσετε.
   ΛΥΣΗ:
   Για k=0
   $integral1 = 0.9747$ Για a=0
   $integral2 = 0.9999$ Για a=0.5
   $integral3 = 1.000$ Για a=1
   Για k=1
   $integral1 = 0.0290$ Για a=0
   $integral2 = 2.1998x10^-5$ Για a=0.5
   $integral3 = -4.6762x10^-5$ Για a=1
   Για k=2
   $integral1 = -0.0349$ Για a=0
   $integral2 = 3.3292x10^-4$ Για a=0.5
   $integral3 = -8.2122x10^-5$ Για a=1
   Για k=3
   $integral1 = 0.0461$ Για a=0
   $integral2 = -3.4066x10^-4$ Για a=0.5
   $integral3 = -2.0308x10^-4$ Για a=1
   ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:
   Από τα γινόμενα που υπολογίσαμε φαινεται οτι αυξάνοντας το k για a=0.5 και 1 οι παλμοί φθίνουν γρηγορότερα και τίνει το γινόμενο τους στο 0 έτσι και το ολοκλήρωμα. Για αυτο για k=0 είναι πιο κοντά στο 1 αφού οι παλμοί δεν φθίνουν . Ενώ για α=0 η παλμοί δεν φθίνουν τοσο γρήγορα για αυτό και βλέπουμε τα ολοκληρώματα να μην είναι τόσο μικρά όσο για a=0.5 και 1.

CODE:

```
integral1= sum(f1.*f1)*Ts;
integral2= sum(f2.*f2)*Ts;
integral3= sum(f3.*f3)*Ts;
integrala1= sum(f1.*p1a)*Ts;
integrala2= sum(f2.*p2a)*Ts;
integrala3= sum(f3.*p3a)*Ts;
integralb1= sum(f1.*p1b)*Ts;
integralb2= sum(f2.*p2b)*Ts;
integralb3= sum(f3.*p3b)*Ts;
integralc1= sum(f1.*p1c)*Ts;
integralc2= sum(f2.*p2c)*Ts;
integralc3= sum(f3.*p3c)*Ts;
```

1. Τέλος, θα προσομοιώσουμε ένα PAM σύστημα βασικής ζώνης, το οποίο μεταφέρει N bits χρησιμοποιώντας διαμόρφωση 2-PAM. Έστω $T = 0.1\,\mathrm{sec}$, over $= 10$, $a = 0.5$, και $A = 5$.

Δ.1 Να δημιουργήσετε N bits b_i, για $i = 0, \ldots, N-1$ (ενδεικτικά $N = 50, 100$), με την εντολή

$$\mathtt{b = (sign(randn(N,1)) + 1)/2;} \tag{1}$$

ΛΥΣΗ:
Η δημιουργία των N bits φαίνεται στον κώδικα που θα προσκομιθεί παρακάτω.

Το σύστημα 2-PAM βασικής ζώνης υλοποιείται ως εξής.

Δ.2 Να γράψετε συνάρτηση

$$\mathtt{X = bits\_to\_2PAM(b);}$$

η οποία παίρνει είσοδο την ακολουθία bits `b` και παράγει ως έξοδο την ακολουθία από 2-PAM σύμβολα `X`, χρησιμοποιώντας την εξής απεικόνιση:

$$0 \longrightarrow +1,$$

$$1 \longrightarrow -1.$$

ΛΥΣΗ:

CODE:

```
function [X] = bitsto2PAM(b)
for k=1:length(b)
if(b(k)==0)
X(k)=1;
elseif(b(k)==1)
X(k)=-1;


end
end
end
```

Να προσομοιώσετε το σήμα

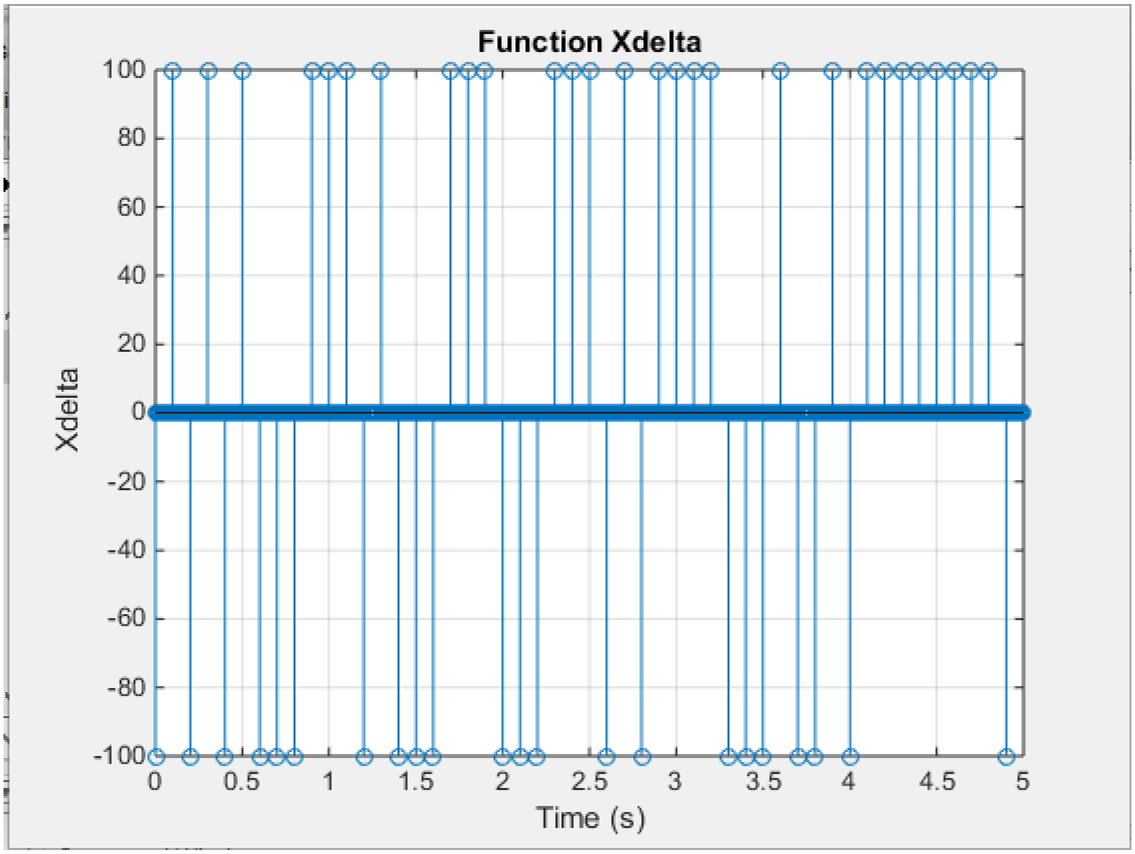
$$X_\delta(t) = \sum_{k=0}^{N-1} X_k\, \delta(t - kT), \tag{2}$$

μέσω της εντολής

$$\mathtt{X\_delta = 1/T\_s * upsample(X, over);} \tag{3}$$

1. Να ορίσετε κατάλληλα τον άξονα του χρόνου και να σχεδιάσετε το σήμα $X_\delta(t)$.

ΛΥΣΗ:
ο χρόνος εκτείνεται στο διάστημα τ=0 και θα πρέπει να φανούν και τα Ν.Άρα ο χρόνος φτάνει μέχρι την τ=N*T, όπου T η περίοδος.



CODE:

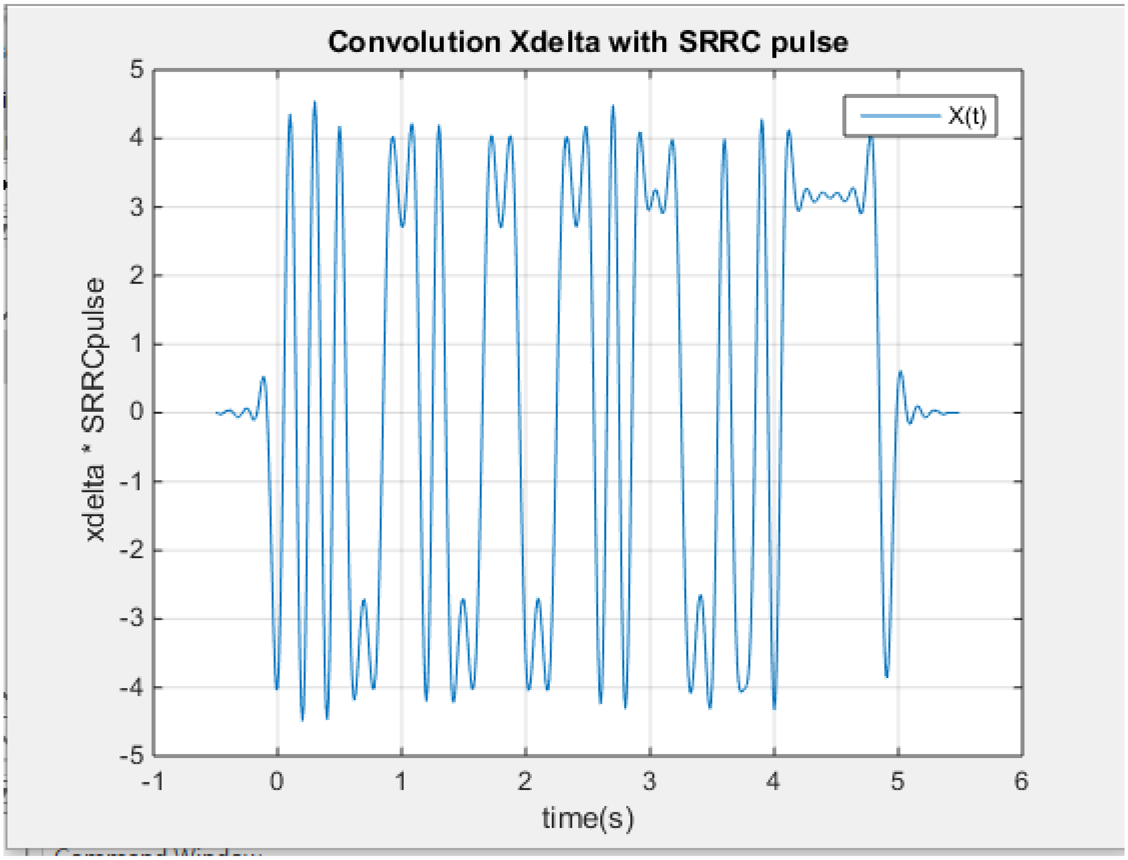
```
T=0.1;
N=50;
b=(sign(randn(N,1))+1)/2;
X=bitsto2PAM(b);
over=10;
Ts=T/over;
A=5;
a=0.5;
Xdelta = (1/Ts)* upsample(X,over);
figure
ti=(0:Ts:N*T-Ts);
stem(ti, Xdelta);
hold on
grid on
title('Function Xdelta');
xlabel('Time (s)')
ylabel('Xdelta')
```

Να δειγματοληπτήσετε κατάλληλα τον *αποκομμένο* SRRC παλμό, $\phi(t)$, και να προσομοιώσετε τη συνέλιξη $X(t) = X_\delta(t) \circledast \phi(t)$.

[2.] Να κατασκευάσετε κατάλληλα τον άξονα του χρόνου και να σχεδιάσετε το σήμα $X(t)$.

ΛΥΣΗ:

Καταλληλος αξονας: η συνέλιξη των x(t) και h(t), τα οποία είναι μη μηδενικά στα διαστήματα [txmin, txmax] [thmin, thmax], αρα για τη συνεληξη [txmin + thmin, txmax + thmax].



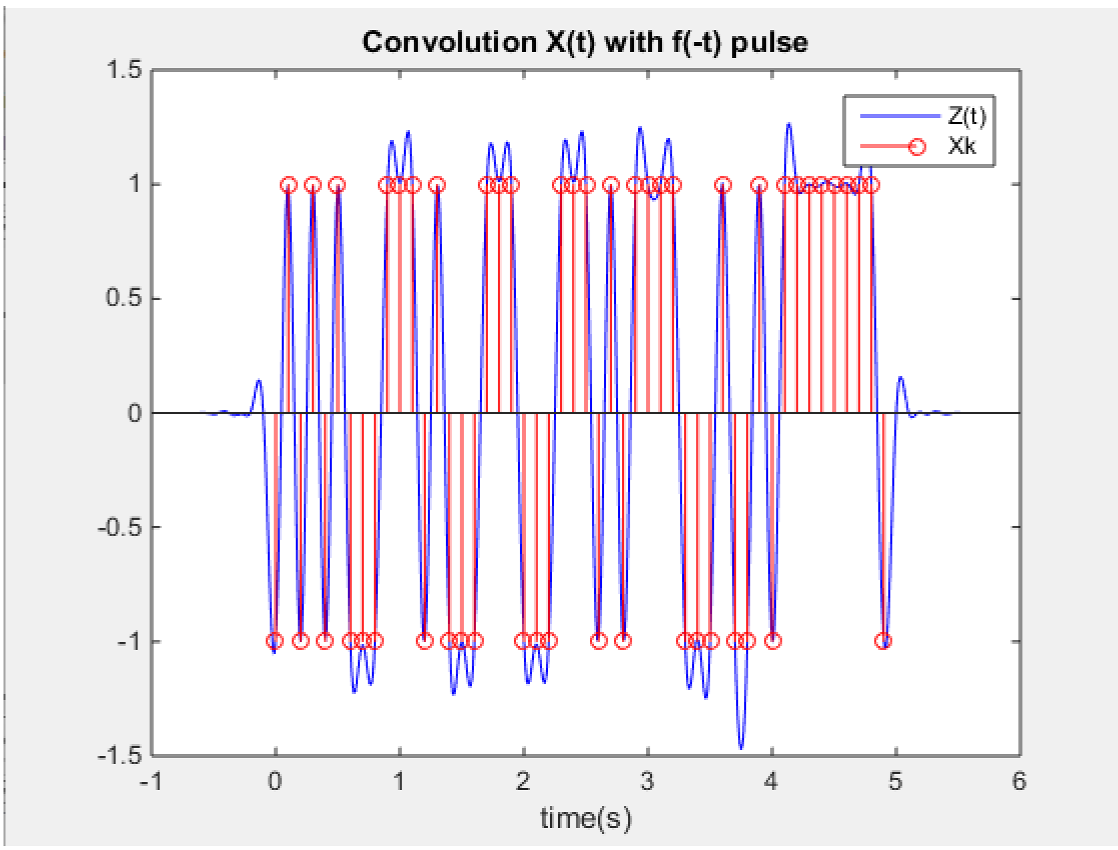
CODE:

```
[f,t]=srrcpulse(T,over,A,a);
conv1t = [(t(1)+ti(1):Ts:t(end)+ti(end))];
Xc=conv(Xdelta,f)*Ts;
figure
plot(conv1t,Xc);
grid on
xlabel('time(s)');
ylabel('xdelta * SRRCpulse');
title('Convolution Xdelta with SRRC pulse');
legend('X(t)');
```

Υποθέτοντας ιδανικό κανάλι, στην είσοδο του δέκτη λαμβάνουμε $X(t)$. Να προσομοιώσετε τη συνέλιξη $Z(t) = X(t) \circledast \phi(-t)$.
Να σχεδιάσετε το $Z(t)$ στον αντίστοιχο άξονα του χρόνου και να βρείτε τι τιμές παίρνει τις χρονικές στιγμές kT, για $k = 0, \ldots, N-1$. Να συσχετίσετε τις τιμές αυτές με τις τιμές των X_k, για $k = 0, \ldots, N-1$. Μπορείτε να εξηγήσετε το φαινόμενο;
Ένας γραφικός τρόπος για να συγκρίνετε τις τιμές $Z(kT)$ με τις τιμές X_k, για $k = 0, \ldots, N-1$, είναι να επιλέξετε hold on στο plot του $Z(t)$ και να εκτελέσετε την εντολή

$$\texttt{stem}([0:\texttt{N}-1]*\texttt{T},\texttt{X});$$

όπου X είναι το διάνυσμα με τα σύμβολα X_k, $k = 0, \ldots, N-1$. Τι παρατηρείτε; Μπορείτε να εξηγήσετε το φαινόμενο;
ΛΥΣΗ:



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Ο φ(t) πρόκειται για εναvSRRCπαλμό που παρατηρούμε οτι ειναι άρτιος αρα φ(-t)=φ(t). Τα $Z(kT)$ και τα X_k, για $k = 0, \ldots, N-1$, ειναι σχεδόν ίδια με μικρές αποκλήσεις διότι ο φ(t) ορθοκανονικός ως πρός τις μετατοπίσεις τους κατά kT, με k Z.

CODE:

```
N1 = flip(f);
N1(end) = f(1);
conv2t =(t(1)+conv1t(1): Ts: t(end) + conv1t(end));
Z=conv(N1,Xc)*Ts;
figure
plot(conv2t,Z,'b');
```

```
hold on
stem ([0:N-1]*T, X, 'red');
legend ('Z(t)', 'Xk');
xlabel('time(s)');
title('Convolution X(t) with f(-t) pulse');
```