



Εθνικό Μετσόβιο

Πολυτεχνείο

Σχολή Ηλεκτρολόγων

Μηχανικών και Μηχανικών

Υπολογιστών

Ψηφιακές Επικοινωνίες Ι

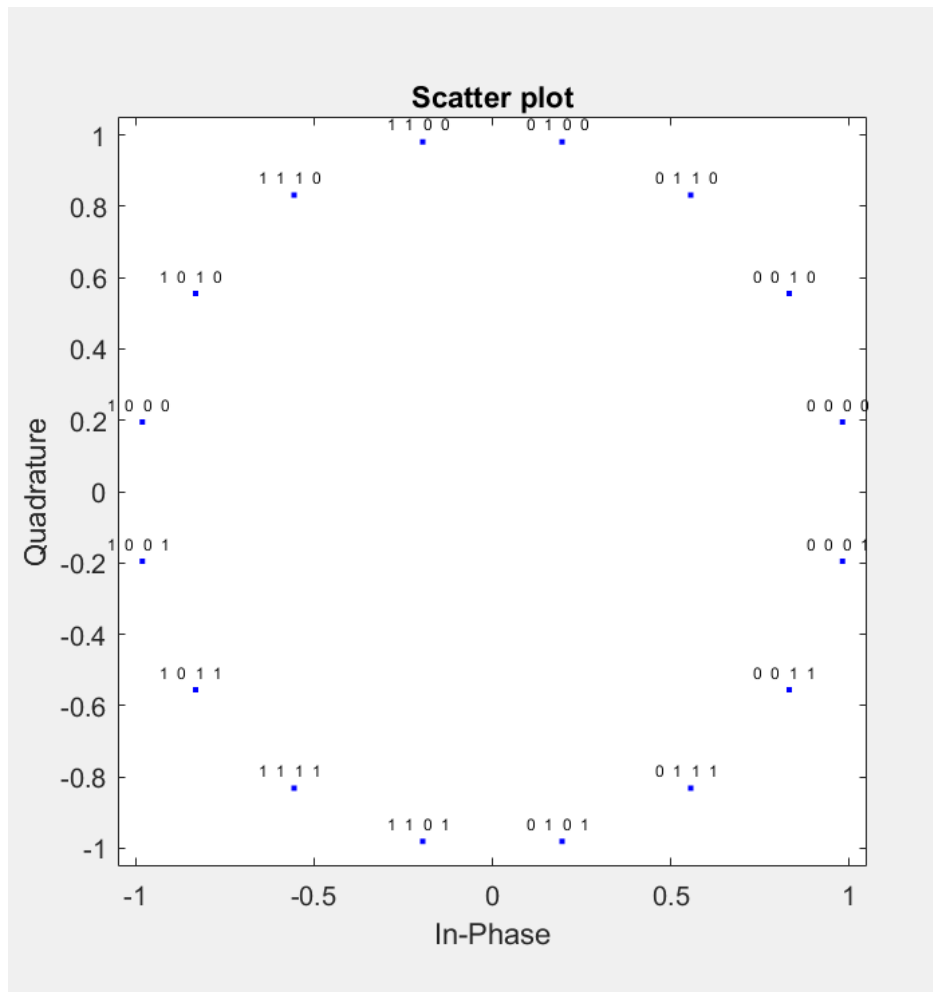
Εργαστηριακή Άσκηση 5

Ελευθερία Αρκαδοπούλου

el19442

Ερώτημα 1

Ο σηματικός αστερισμός 16-PSK σε κωδικοποίηση Gray:



Ο κώδικας:

```
function mapping=mapping_gray(k) %kaloume gia k=4 (16-PSK)
    phl=[pi/4];
    theta=[phl; -phl; pi-phl; -pi+phl];
    mapping=exp(1i*theta);
    if(k>2)
        for j=3:k
            theta=theta/2;
            mapping=exp(1i*theta);
            mapping=[mapping; -conj(mapping)]; %simpliomatiko
            %scatterplot(mapping);
            %for j=1:(length(mapping))
                %text(real(mapping(j))-0.1,imag(mapping(j))+0.05,num2str(de2bi(j-1,k,'left-msb')),'FontSize', 7)
            %end
            theta=angle(mapping);
        end
    end
    figure(1);
    scatterplot(mapping);
    for j=1:(length(mapping))
        text(real(mapping(j))-0.1,imag(mapping(j))+0.05,num2str(de2bi(j-1,k,'left-msb')),'FontSize', 6)
    end
end
```

Ερώτημα 2

$$R = 6.2 \text{ Mbs}$$
$$\text{baud rate} = \frac{6.2}{\log M}$$

Θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε κατάλληλο παράγοντα α ώστε να αξιοποιούμε όλο το κανάλι. Υποθέτουμε α κοντά στο 0 και έχουμε:

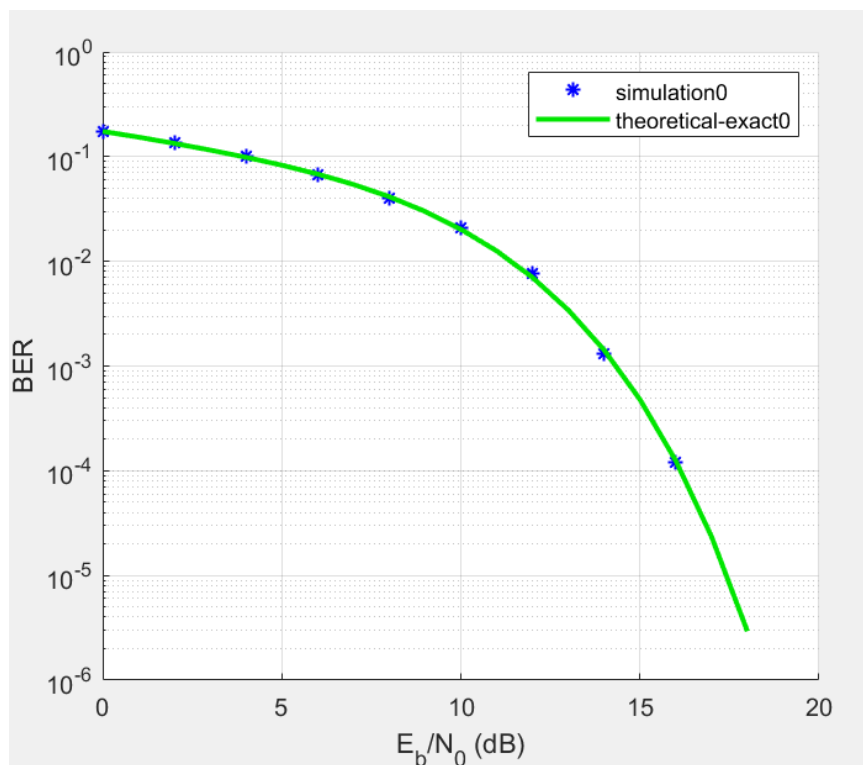
$$\log M > \frac{R}{W} = \frac{6.2}{6-4} = \frac{6.2}{2} = 3.1 \Rightarrow \log M = 4 \Rightarrow M = 16$$

Άρα, αφού $M=16$, επιλέγουμε την 16-PSK. Επιλέγουμε το μέγιστο δυνατό α :

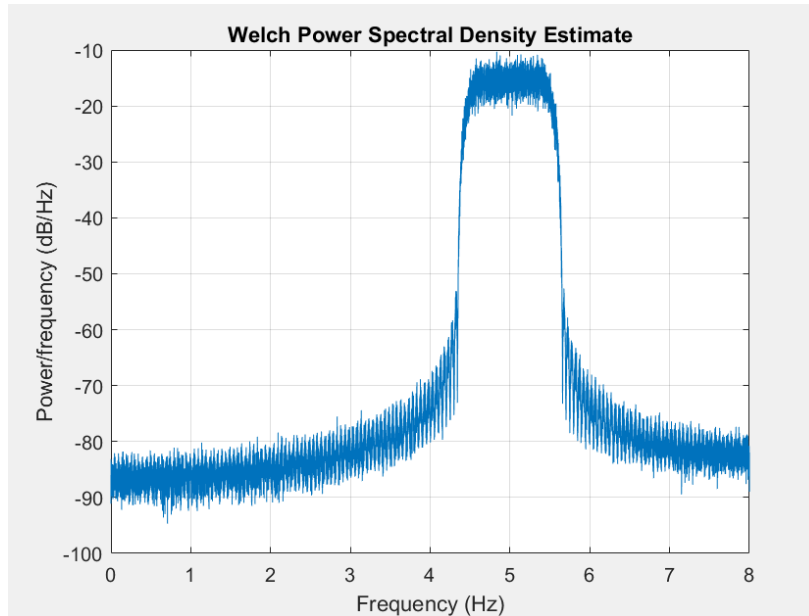
$$\log M > \frac{R}{W} * (1 + \alpha) \Rightarrow 4 > 3.1 * (1 + \alpha) \Rightarrow \alpha = \alpha_{\max} = \frac{4}{3.1} - 1 = 0.29$$

$$\frac{1}{T} = f = \frac{6.2}{4} = 1.55 \text{ MHz}$$

Με χρήση του εργαλείου bertool με τη συνάρτηση lab5_2_19442, προκύπτει η εξής καμπύλη:



Το φάσμα του σήματος:



```

function errors=psk_errors(k,Nsymb,nsamp,EbNo)
    bR = 1550000; %baud Rate 1/T=1.55MHz
    M=2^k;
    fc=5;
    rolloff=0.29;
    delay=10;
    filterorder = delay*nsamp*2;
    SNR=EbNo-10*log10 (nsamp/k/2);

    %gray coding
    mapping=mapping_gray(k);
    x=floor(2*rand(k*Nsymb,1));
    xsym=bi2de(reshape(x,k,length(x)/k).','left-msb');
    y=[];
    for n=1:length(xsym)
        y=[y mapping(xsym(n)+1)];
    end

    rNyquist=rcosine(1,nsamp,'fir/sqrt',rolloff,delay);
    ytx=upsample(y,nsamp);
    ytx=conv(ytx,rNyquist);

    s=real(ytx.*exp(1j*2*pi*fc*m/nsamp));
    figure(1); pwelch(s,[],[],[],nsamp);

    Ps=10*log10(s*s'/length(s)); %isxis simatos
    Pn=Ps-SNR; %isxis thorivou
    n=sqrt(10^(Pn/10))*randn(1,length(ytx));
    snoisy=s+n;

    yrx = 2*snoisy.*exp(-1j*2*pi*fc*m/nsamp); %to idio apo pano alla me noisy
    yrx = conv(yrx,rNyquist);
    yrx = downsample(yrx,nsamp);
    yrx = yrx(2*delay+(1:length(y))); %perikopi akron sineliks

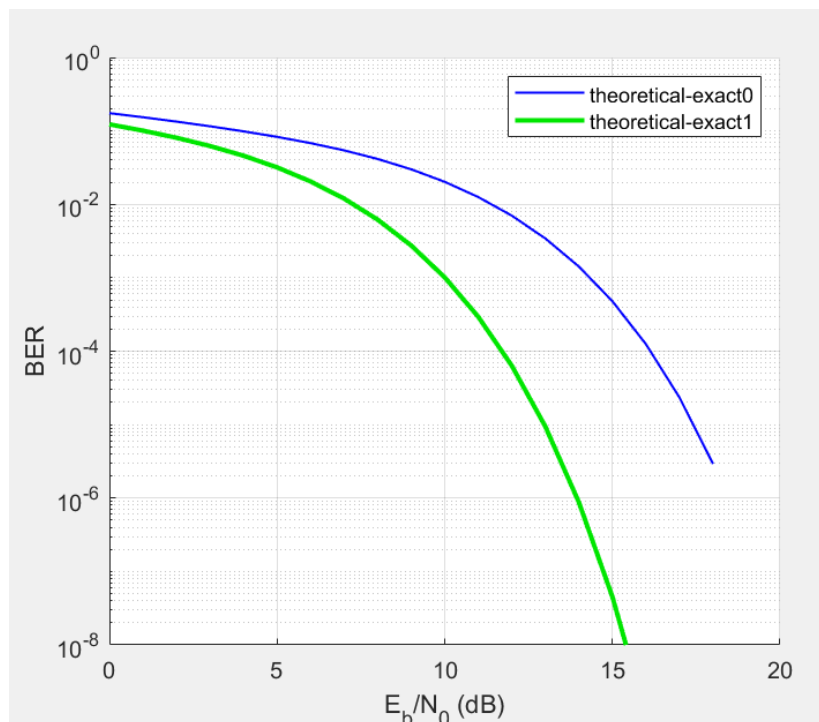
    xrx=[]; %binary exit vector
    q=[0:1:M-1];
    lr=real(mapping);
    li=imag(mapping);
    for p=1:length(yrx) %epilogi plisiesterou simeiou
        [m,j]=min(abs(angle(mapping)-angle(yrx(p))));
        yrx(p)=q(j);
        xrx=[xrx; de2bi(q(j),k,'left-msb')];
    end
    errors=sum(not(xrx==x));

```

Ερώτημα 3

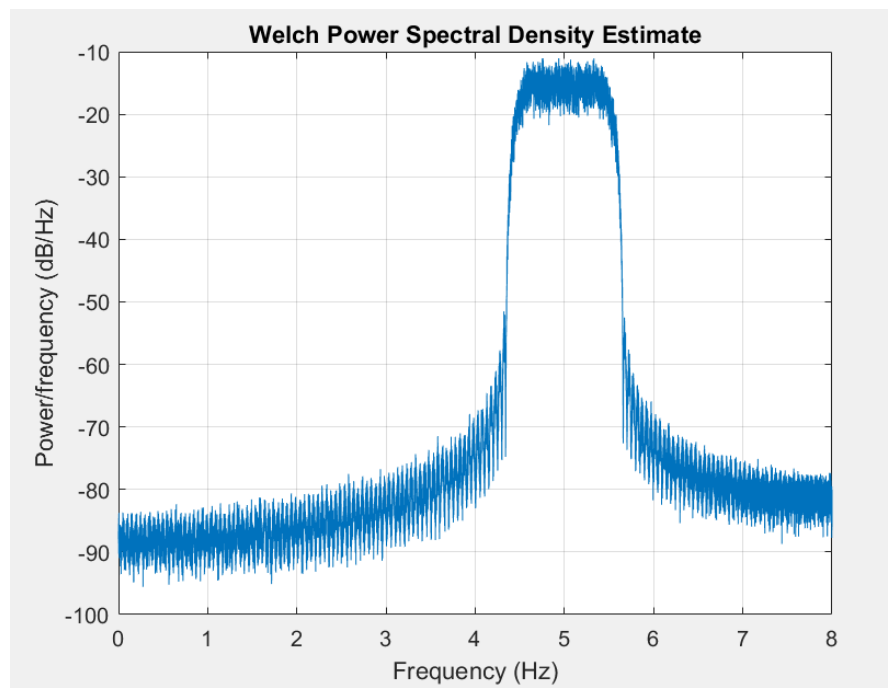
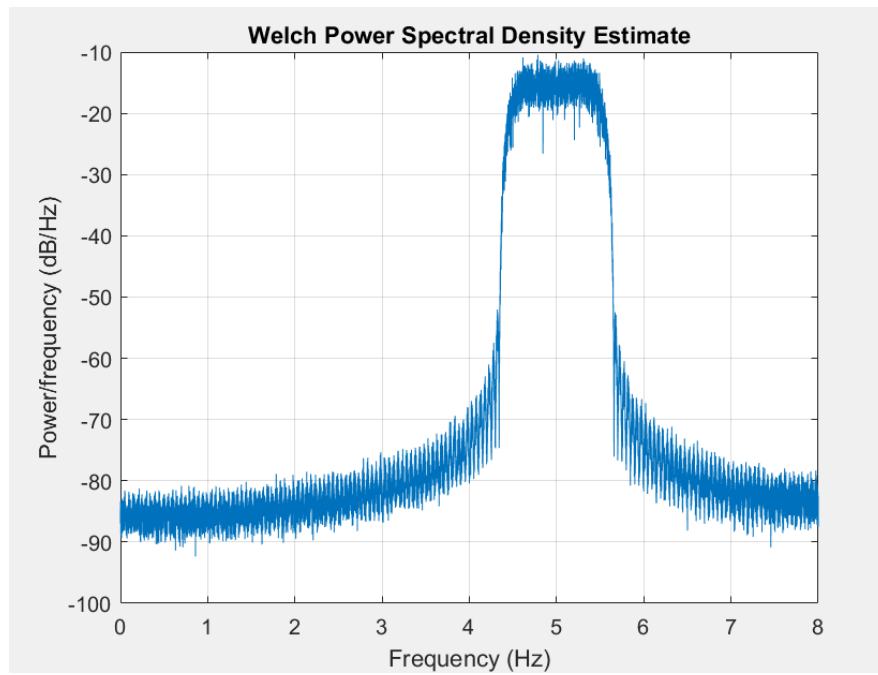
Με τη χρήση bertool, σχεδιάζουμε την καμπύλη 16-PSK. Παρατηρούμε ότι για σηματοθορυβικό λόγο 10 dB, η πιθανότητα εσφαλμένου bit είναι περίπου ίση με $2 \cdot 10^{-2}$, που είναι κατά πολύ μεγαλύτερο του ζητούμενου 10^{-3} . Καταλήγουμε ότι το σύστημα 16-PSK δεν είναι κατάλληλο.

Σχεδιάζουμε την καμπύλη 8-PSK, χωρίς να αλλάξουμε άλλες παραμέτρους. Για σηματοθορυβικό λόγο 10 dB, η πιθανότητα εσφαλμένου bit είναι ακριβώς ίση με το ζητούμενο 10^{-3} , και άρα αυτό είναι το κατάλληλο σύστημα.



Ο νέος μέγιστος ρυθμός μετάδοσης: $R = \frac{1}{T} * \log M = 3 * \frac{2}{1.29} = 4.65 \text{ Mbs}$.

Σχεδιάζουμε τις πυκνότητες φάσματος ισχύος (8- και 16-PSK αντίστοιχα) και παρατηρούμε ότι δεν υπάρχουν διαφοροποιήσεις, αφού η πυκνότητα ισχύος επηρεάζεται μόνο από τις παραμέτρους α , W , $1/T$ που παραμένουν σταθερές.



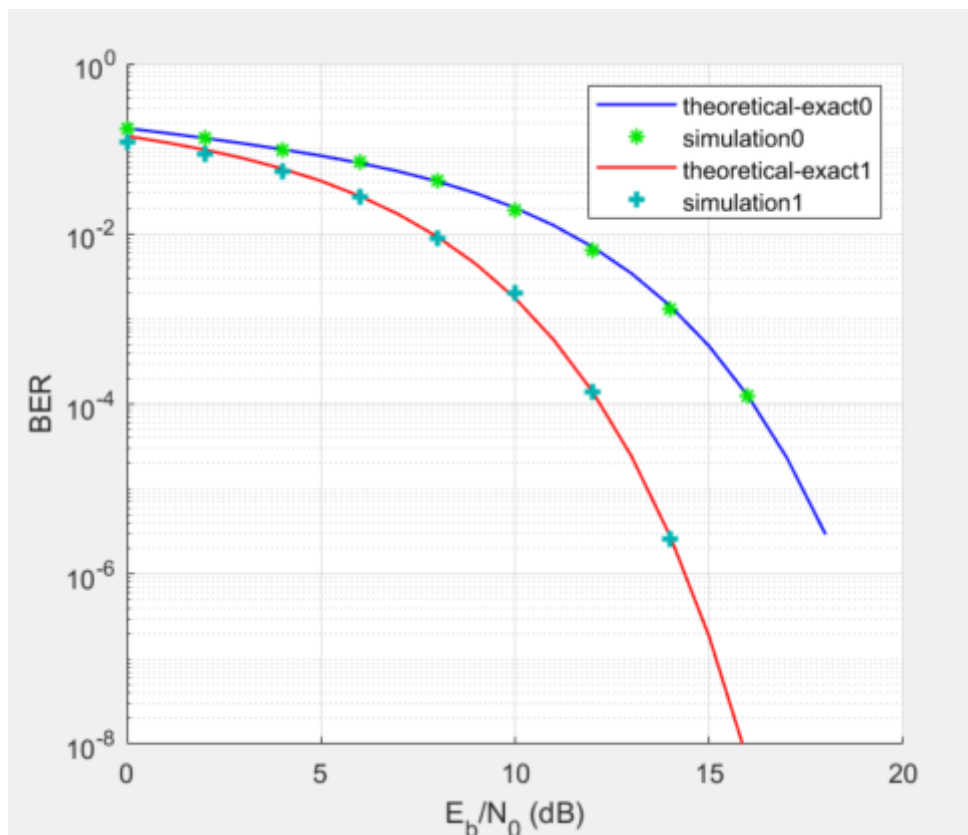
Ερώτημα 4

$$a' = \frac{a}{2} = \frac{0.29}{2} = 0.145$$

$$R' = \frac{1}{T'} * \log M' = \frac{W}{(1 + a')} * \log M' = \frac{2}{1.145} * 3 = 5.24$$

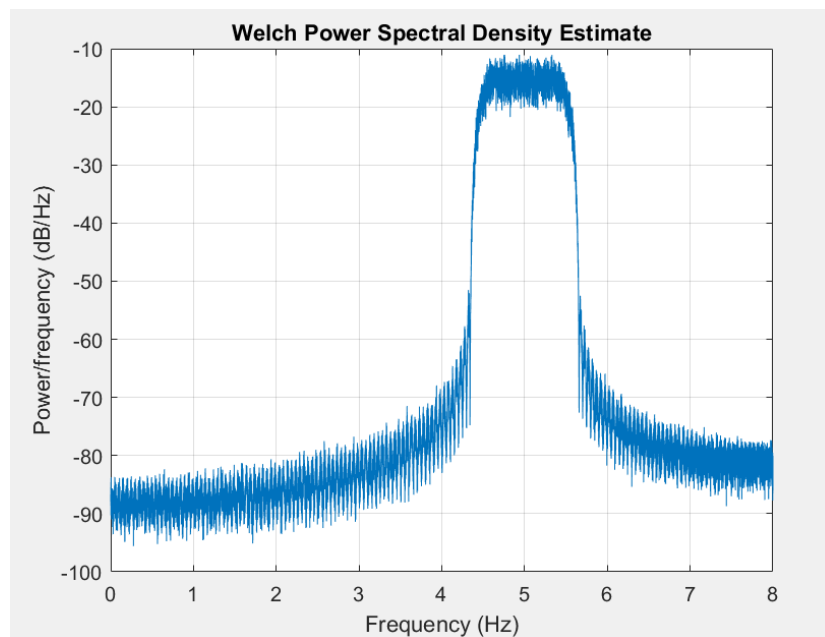
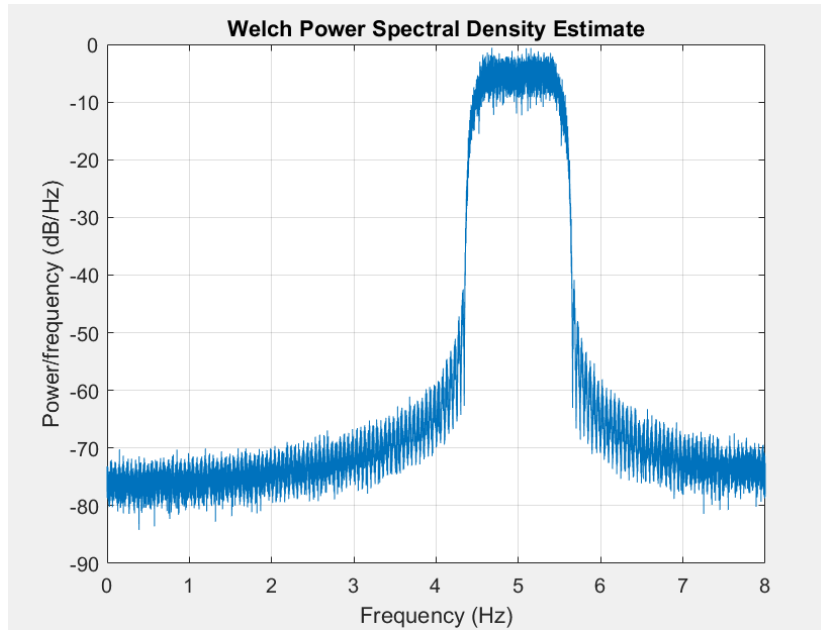
Ερώτημα 5

Εξομοιώνεται σύστημα QAM με ίδια τάξη διαμόρφωσης και ίδιο παράγοντα roll-off όπως το προηγούμενο PSK.



Σε ό,τι έχει να κάνει με το BER, παρατηρούμε ότι αυτό του QAM είναι σημαντικά μικρότερο από αυτό του PSK.

Σε ό,τι έχει να κάνει με το εύρος ζώνης, παρατηρούμε ότι και στις δύο περιπτώσεις παραμένει το ίδιο.




```

function errors=qam_errors(k,Nsymb,nsamp,EbNo)
M=2^k; L=sqrt(M);
fc=5;
rolloff=0.29;
delay=10;
l=log2(L); M=L^2;
filtorder = delay*nsamp*2;
SNR=EbNo-10*log10(nsamp/k/2);

x=floor(2*rand(k*Nsymb,1));
xsym=bi2de(reshape(x,k,length(x)/k).','left-msb');

%gray coding
core=[1+1i;1-1i;-1+1i;-1-1i];
mapping=core;
if(l>1)
    for j=1:l-1
        mapping=mapping+j*2*core(1);
        mapping=[mapping;conj(mapping)];
        mapping=[mapping;-conj(mapping)];
    end
end

rNyquist=r cosine(l,nsamp,'fir/sqrt',rolloff,delay);
ytx=upsample(y,nsamp);
ytx=conv(ytx,rNyquist);

m=(1:length(ytx));
s=real(ytx.*exp(1j*2*pi*fc*m/nsamp));
figure(1); pwelch(s,[],[],[],nsamp);

Ps=10*log10(s*s'/length(s));
Pn=Ps-SNR;
n=sqrt(10^(Pn/10))*randn(1,length(ytx));
snoisy=s+n;

yrx=2*snoisy.*exp(-1j*2*pi*fc*m/nsamp);
yrx=conv(yrx,rNyquist);
yrx = downsample(yrx,nsamp);
yrx = yrx(2*delay+(1:length(y)));

yi=real(yrx); yq=imag(yrx);
q=[-L+1:2:L-1];
for n=1:length(yrx)
    [m,j]=min(abs(q-yi(n)));
    yi(n)=q(j);
    [m,j]=min(abs(q-yq(n)));
    yq(n)=q(j);
end
errors=sum(not(y==(yi+1i*yq)));

```