

Εργαστηριακή Άσκηση 5

QAM-PSK

1. Να σχεδιάσετε σηματικό αστερισμό 64-QAM πλήρους ορθογωνικού πλέγματος, με σημειωμένες τις δυαδικές λέξεις δίπλα σε κάθε σημείο του (όπως στο σχήμα 5.4(β) των σημειώσεων) με κωδικοποίηση Gray.

Υπόδειξη: Χρησιμοποιήστε το τμήμα εντολών 26-34 από τον Κώδικα 5.2 (επαναλαμβάνεται παρακάτω, για διευκόλυνση) για την παραγωγή ενός διανύσματος mapping το οποίο περιέχει όλα τα σημεία του σηματικού αστερισμού κατά σειρά αύξουσας κωδικολέξης: mapping(1) -> 00..00, mapping(2) -> 00..01, ... Με την εντολή scatterplot() σχεδιάστε τα σημεία του σηματικού αστερισμού και με κατάλληλες εντολές προσθήκης κειμένου γράψτε κοντά σε κάθε σημείο την αντίστοιχη κωδικολέξη (π.χ. η εντολή `text(3,3,num2str(de2bi(4,3,'left-msb')),'FontSize',6);` γράφει την κωδικολέξη "1 0 0" στο σημείο (3,3) του σχήματος με μέγεθος γραμματοσειράς 6).

```
% Διάνυσμα mapping για την κωδικοποίηση Gray M-QAM
% Αφορά σε πλήρες ορθογωνικό πλέγμα σημείων, διάστασης M=L^2
% l=log2(L): αριθμός bit ανά συνιστώσα (inphase, quadrature)
core=[1+i;1-i;-1+i;-1-i]; % τετριμμένη κωδικοποίηση, M=4
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;
```

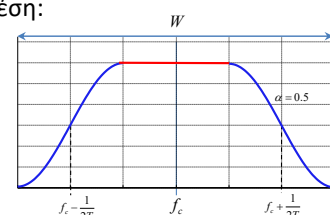
2. Έχουμε στη διάθεσή μας το ζωνοπερατό δίαυλο 8.75-11.25 MHz και θέλουμε να εκπέμψουμε με ρυθμό 12 Mbps. Να επιλεγεί σύστημα **M-QAM πλήρους ορθογωνικού πλέγματος** και σηματοδοσίας Nyquist, κατάλληλο για το σκοπό αυτό. Επιλέξτε το μικρότερο δυνατό M και κατάλληλη τιμή roll-off ώστε να εκμεταλλευτείτε όλο το διαθέσιμο εύρος ζώνης. Εξομοιώστε πομπό και δέκτη και σχεδιάστε θεωρητικά και πειραματικά την καμπύλη $P_b \leftrightarrow E_b/N_0$. Η συχνότητα δειγματοληψίας πρέπει να είναι επαρκώς υψηλή, ώστε τα σήματα όλων των βαθμίδων διαμόρφωσης-αποδιαμόρφωσης να μπορούν να παρασταθούν χωρίς σφάλμα αναδίπλωσης (aliasing).

Σύνδεση με τη θεωρία: Ο ρυθμός μετάδοσης, R (bits/s), συνδέεται με το ρυθμό μετάδοσης συμβόλων, $1/T$ (baud rate), και το μέγεθος του σηματικού αστερισμού, M , με τη σχέση $\frac{R}{\log_2 M} = \frac{1}{T}$. Εξ άλλου, το απαιτούμενο εύρος ζώνης για ζωνοπερατή μετάδοση με

σηματοδοσία Nyquist, ισούται με $W = \frac{1}{T}(1+\alpha)$, όπου α ο συντελεστής εξάπλωσης (roll-off

factor) του φίλτρου Nyquist. Από το συνδυασμό των παραπάνω σχέσεων, το μέγεθος του σηματικού αστερισμού θα πρέπει να ικανοποιεί τη σχέση:

$$\log_2 M \geq \frac{R}{W}(1+\alpha), \quad 0 < \alpha \leq 1 \quad (\text{βλ. σχήμα})$$



3. Αν ο μέγιστος ανηγμένος σηματοθορυβικός λόγος, E_b/N_o , που μπορείτε να πετύχετε στο δέκτη είναι 10 db και ο κωδικοποιητής διαύλου που έχετε στη διάθεσή σας απαιτεί η πιθανότητα εσφαλμένου bit να μην υπερβαίνει την τιμή 0.002, αναδιπλωθείτε σε σύστημα QAM μικρότερης τάξης, χωρίς να αλλάξετε τις άλλες παραμέτρους σηματοδοσίας. Ποιός είναι τώρα ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης; Σχεδιάστε και πάλι την πυκνότητα φάσματος ισχύος των σημάτων σας και δείτε αν υπάρχουν διαφοροποιήσεις.
4. Πόσο μπορεί να αυξηθεί ο ρυθμός μετάδοσης στο ερώτημα 3, αν μπορεί να μειωθεί στο μισό του το roll-off του φίλτρου Nyquist;
5. **(Προαιρετικό)** Να εξομοιωθεί σύστημα PSK, ίδιας τάξης διαμόρφωσης και με ίδιο roll-off factor σημάτων Nyquist, όπως το QAM του ερωτήματος 3. Να συγκριθεί με το τελευταίο (α) ως προς το BER, (β) ως προς το εύρος ζώνης, αφού σχεδιαστεί η καμπύλη BER- E_b/N_o και το φάσμα του παραγόμενου σήματος. Να χρησιμοποιηθεί και εδώ κωδικοποίηση Gray, υλοποιώντας τη διαδικασία που περιγράφεται στο Πλαίσιο 5.10 του τεύχους Σημειώσεων, με τη βοήθεια του κώδικα:

```
% Διάνυσμα mapping για την κωδικοποίηση Gray M-PSK
% mapping is the vector of psk points, in the gray-coding order
% i.e. mapping(1)<->00...00, mapping(2)<->00...01, mapping(3)<->00...10, ..
k=log2(M);
ph1=[pi/4];
theta=[ph1; -ph1; pi-ph1; -pi+ph1];
mapping=exp(1j*theta);
if(k>2)
    for j=3:k
        theta=theta/2;
        mapping=exp(1j*theta);
        mapping=[mapping; -conj(mapping)];
        theta=real(log(mapping)/1j);
    end
end
```

Υποβολή: Να γράψετε σε αρχείο .doc ή συμβατό (lab5_nnnnn.doc, nnnnn τα τελευταία 5 ψηφία του επωνύμου σας) τόσο τις απαντήσεις στα ερωτήματα, όσο και τον κώδικά σας και τα παραγόμενα σχήματα. **Να υποβάλετε το αρχείο σας στο site του μαθήματος.**