

Εργαστηριακή Άσκηση 5

QAM-PSK

1. Να σχεδιάσετε σηματοδοτικό αστερισμό 32-PSK, με σημειωμένες τις δυαδικές λέξεις δίπλα σε κάθε σημείο του σε κωδικοποίηση Gray, με βάση την παράγραφο 5.3.4 των σημειώσεων.

Υπόδειξη: Ακολουθήστε τον αλγόριθμο του πλαισίου 5.10 των σημειώσεων για την παραγωγή ενός διανύσματος mapping το οποίο περιέχει όλα τα σημεία του σηματοδοτικού αστερισμού κατά σειρά αύξουσας κωδικολέξης: mapping(1) -> 00..00, mapping(2) -> 00..01, ...

Ξεκινήστε με το τετριμμένο σχήμα 4-PSK και συμπληρώστε κατάλληλα το βρόχο που ακολουθεί, όπως δίνεται στο παρακάτω πλαίσιο.

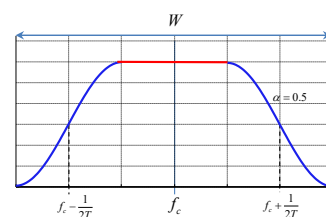
```
% k is the number of bits per symbol
% mapping is the vector of psk points, in the gray-coding order
% i.e. mapping(1) <-> 00...00, mapping(2) <-> 00...01,
%      mapping(3) <-> 00...10, ..
% For 16-PSK, set k=4;
ph1=[pi/4];
theta=[ph1; -ph1; pi-ph1; -pi+ph1];
mapping=exp(1j*theta); % τετριμμένη κωδικοποίηση, M=4
if(k>2)
    for j=3:k
        theta=theta/2;
        ...
        ...
        ...
    end
end
```

Με την εντολή scatterplot() σχεδιάστε τα σημεία του σηματοδοτικού 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).

2. Έχουμε στη διάθεσή μας ζωνοπερατό δίαυλο 5-7 MHz και θέλουμε να εκπέμπουμε με ρυθμό 6 Mbps. Να επιλεγεί σύστημα **M-PSK**, σηματοδοσίας Nyquist, κατάλληλο για το σκοπό αυτό. Επιλέξτε το μικρότερο δυνατό M και κατάλληλη τιμή roll-off (μεγαλύτερη του 0) 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 σηματοδοτικού 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_0 , που μπορείτε να πετύχετε στο δέκτη είναι 12 db και ο κωδικοποιητής διαύλου που έχετε στη διάθεσή σας απαιτεί η πιθανότητα εσφαλμένου bit να μην υπερβαίνει την τιμή 10^{-4} , αναδιπλωθείτε σε σύστημα PSK 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 το roll-off του φίλτρου Nyquist στο μισό αυτού που υπολογίσατε στο ερώτημα 2;
5. Να εξομοιωθεί σύστημα QAM, ίδιας τάξης διαμόρφωσης και με ίδιο roll-off factor σημάτων Nyquist, όπως το PSK του ερωτήματος 3. Να συγκριθεί με το τελευταίο (α) ως προς το BER, (β) ως προς το εύρος ζώνης, αφού σχεδιαστεί η καμπύλη BER-EbNo και το φάσμα του παραγόμενου σήματος.

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.**