

## Εργαστηριακή Άσκηση 4

### Φίλτρα Nyquist

Αφού μελετηθεί το κεφάλαιο 4 των σημειώσεων και, ειδικότερα, το Παράδειγμα 4.2, να γραφεί και εκτελεστεί κώδικας για τα εξής:

#### 1. Παραγωγή σήματος με φίλτρα Nyquist – Διαγράμματα χρόνου και συχνότητας

Να παραχθεί τυχαία δυαδική ακολουθία 10000 bits και στη συνέχεια αντίστοιχο σήμα 16-ASK βασικής ζώνης, με τα εξής χαρακτηριστικά:

- Κωδικοποίηση Gray
  - Σηματοδοσία Nyquist root raised cosine, με roll-off = 0.35
  - Υπερ-δειγματοληψία με nsamp=16 δείγματα ανά βασική περίοδο  $T$
  - Τάξη φίλτρου πομπού: 128 (8 περιόδων, group\_delay=47)
- a. Να υπολογισθεί το σήμα στην έξοδο προσαρμοσμένου φίλτρου στο δέκτη. Να δειχθεί τμήμα του σήματος αυτού (με την εντολή plot) διάρκειας 10T.
  - b. Να υπερτεθούν (με την εντολή stem) στο τμήμα αυτό τα αντίστοιχα δείγματα του σήματος εισόδου στο πλέγμα περιόδου  $T$  (πριν την υπερ-δειγματοληψία)
  - c. Να σχεδιαστεί (με την εντολή pwelch) το φάσμα του σήματος στο δέκτη και να εξηγηθούν η μορφή και το εύρος του.

**Υπόδειξη:** Για την κωδικοποίηση κατά Gray δυαδικού διανύσματος,  $x$ , σε σύμβολα L-ASK, να χρησιμοποιηθεί το ακόλουθο τμήμα κώδικα, όπου step η απόσταση γειτονικών σημείων L-ASK. Να εξηγηθεί σύντομα η λειτουργία του και, ειδικότερα, ο ρόλος του διανύσματος mapping (βλ. και Υπόδειξη στο επόμενο ερώτημα).

```
L=...; step=...; % ο αριθμός των πλατών και το βήμα μεταξύ τους
k=log(L);
mapping=[step/2; -step/2];
if(k>1)
    for j=2:k
        mapping=[mapping+2^(j-1)*step/2; ...
                -mapping-2^(j-1)*step/2];
    end
end;
xsym=bi2de(reshape(x,k,length(x)/k).','left-msb');
y=[];
for i=1:length(xsym)
    y=[y mapping(xsym(i)+1)];
end
```

## 2. Υπολογισμός επίδοσης BER vs Eb/No.

Μελέτη της επίδρασης των παραμέτρων: τάξη φίλτρου Nyquist και roll-off

Για την **16-ASK**, να ληφθεί η καμπύλη BER-Eb/No θεωρητικά και με εξομοίωση

(I) με **roll-off=0.1** και τάξη φίλτρου

- 64 (4 περιόδων, group\_delay = 2T)
- 128 (8 περιόδων, group\_delay = 4T)
- 512 (32 περιόδων, group\_delay = 16T).

(II) με **roll-off=0.35** και τάξη φίλτρου όπως στις περιπτώσεις a,b,c παραπάνω.

(III) με **roll-off=0.9** και τάξη φίλτρου όπως στις περιπτώσεις a,b,c παραπάνω.

**Υπόδειξη:** Για την εκτίμηση Μέγιστης Πιθανοφάνειας, να συγκριθεί κάθε λαμβανόμενο σύμβολο (δείγμα στην έξοδο του προσαρμοσμένου φίλτρου) με τα στοιχεία του διανύσματος mapping. Η θέση του πλησιέστερου στοιχείου στο διάνυσμα θα δώσει και την αντίστοιχη κωδικολέξη. Το παρακάτω τμήμα κώδικα είναι μια υλοποίηση αυτού του φωρατή.

```
% yr: το λαμβανόμενο σύμβολο στην έξοδο του προσαρμ. φίλτρου
% xr: η αντίστοιχη κωδικολέξη, k bits

[m,j]=min(abs(mapping-yr));
xr=de2bi(j-1,k,'left-msb');
```

## 3. Επίδραση του τρόπου κωδικοποίησης: Gray ή άλλη

Να παραχθούν καμπύλες BER-Eb/No για τις 16-ASK και 8-ASK με κωδικοποίηση άλλη (όχι Gray), π.χ. με mapping=-(L-1):step:(L-1), και να συγκριθούν με τις θεωρητικές. Τι παρατηρείτε;

## 4. Υπολογισμός παραμέτρων συστήματος

Να προσαρμοστούν οι παράμετροι του συστήματος μετάδοσης 16-ASK στα εξής πραγματικά δεδομένα/απαιτήσεις:

- Εύρος (βασικής) ζώνης διαύλου  $W=1$  MHz
- Πυκνότητα φάσματος θορύβου  $N_0=100$  picowatt/Hz (μονόπλευρο)
- Ρυθμός μετάδοσης 6 Mbps
- Ανεκτό BER=2 Kbps

Να επαληθεύσετε τις προδιαγραφές εύρους ζώνης και BER.

**Σύνδεση με τη θεωρία:** Το απαιτούμενο εύρος βασικής ζώνης με σηματοδοσία Nyquist, ισούται με

$$W = \frac{1}{2T}(1+\alpha), \text{ όπου } \alpha \text{ ο συντελεστής εξάπλωσης (roll-off factor) του φίλτρου Nyquist και } \frac{1}{T} \text{ ο ρυθμός}$$

μετάδοσης συμβόλων (ονομαζόμενος και Baud Rate). Εξ άλλου, ο ρυθμός μετάδοσης,  $R$  (bits/s), συνδέεται με το  $1/T$  και το μέγεθος του σηματικού αστερισμού,  $L$ , με τη σχέση  $\frac{R}{\log_2 L} = \frac{1}{T}$ .

Το  $\frac{1}{T}$  αποτελεί, συνεπώς, τη συνδετική παράμετρο μεταξύ των  $W$  και  $R$ .

**Υποβολή:** Να γράψετε σε αρχείο .doc ή συμβατό (lab4\_nnnnn.doc, nnnnn τα τελευταία 5 ψηφία του αριθμού μητρώου σας) τόσο τον κώδικά σας, όσο και τα παραγόμενα σχήματα και τις απαντήσεις σας. **Να υποβάλετε το αρχείο σας στο site του μαθήματος.**