

---

## Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα Ι

### Άσκηση 3

Ημερομηνία Παράδοσης: 12 Ιουνίου 2023

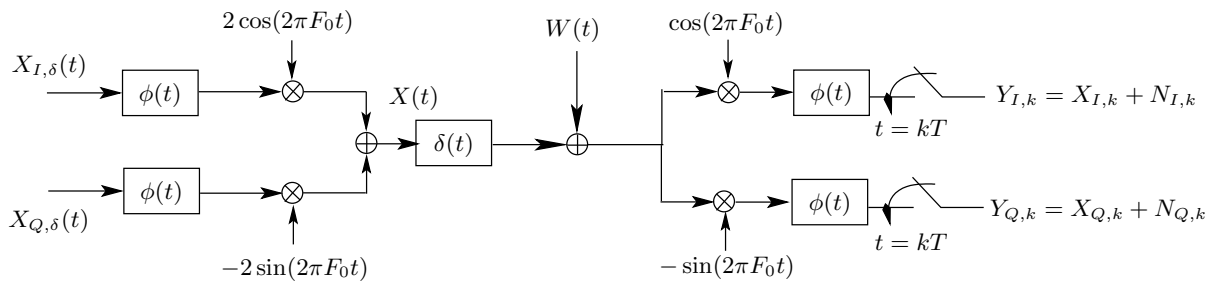
Η εργασία μπορεί να παραδοθεί από ομάδες  $\leq$  δύο ατόμων

Διδάσκων: Αθανάσιος Π. Λιάβας

Μονάδες 130/300

Στην πρώτη σελίδα της αναφοράς, να αναφέρετε το συνολικό χρόνο που απαιτήθηκε για την υλοποίηση της άσκησης.

---



Σε αυτή την άσκηση, θα προσομοιώσουμε το τηλεπικοινωνιακό σύστημα του Σχήματος, υποθέτοντας ότι χρησιμοποιείται διαμόρφωση 16-PSK, και θα μελετήσουμε την απόδοσή του.

1. Για δεδομένο  $N$  (ενδεικτικά,  $N = 100$ ), να δημιουργήσετε δυαδική ακολουθία `bit_seq` με στοιχεία  $4N$  ισοπίθανα bits.
2. (15) Να γράψετε συνάρτηση

```
function X = bits_to_PSK_16(bit_seq)
```

η οποία, χρησιμοποιώντας κωδικοποίηση Gray (δείτε τις σημειώσεις), απεικονίζει τη δυαδική ακολουθία εισόδου `bit_seq` σε ακολουθία 16-PSK συμβόλων  $X$ , μήκους  $N$ , με

στοιχεία τα δισδιάστατα διανύσματα

$$\mathbf{X}_n = \begin{bmatrix} X_{I,n} \\ X_{Q,n} \end{bmatrix}, \quad \text{για } n = 0, \dots, N-1.$$

Κάθε διάνυσμα  $\mathbf{X}_n$ , για  $n = 0, \dots, N-1$ , παίρνει τιμές από το αλφάβητο 16-PSK  $\{\mathbf{x}_0, \dots, \mathbf{x}_{15}\}$  με

$$\mathbf{x}_m = \begin{bmatrix} \cos\left(\frac{2\pi m}{16}\right) \\ \sin\left(\frac{2\pi m}{16}\right) \end{bmatrix}, \quad \text{για } m = 0, \dots, 15.$$

3. (5) Να περάσετε τις ακολουθίες  $\{X_{i,n}\}$  και  $\{X_{Q,n}\}$  από τα SRRC φίλτρα μορφοποίησης και υποθέτοντας περίοδο συμβόλου  $T = 10^{-2}$  sec,  $\text{over} = 10$ ,  $T_s = \frac{T}{\text{over}}$ , να σχηματίσετε και να σχεδιάσετε τις κυματομορφές εξόδου (**να θέσετε το σωστό άξονα χρόνου**), και τα περιοδογράμμά τους.
4. (5) Να πολλαπλασιάσετε κατάλληλα τις εξόδους των φίλτρων με φορείς συχνότητας  $F_0 = 200$  Hz και να σχεδιάσετε τις κυματομορφές που προκύπτουν,  $X_I(t)$  και  $X_Q(t)$ , καθώς και τα αντίστοιχα περιοδογράμματα. Τι παρατηρείτε;
5. (5) Να σχηματίσετε και να σχεδιάσετε την είσοδο του καναλιού,  $X(t)$ , και το περιοδογράμμά της. Τι παρατηρείτε;
6. Να υποθέσετε ότι το κανάλι είναι ιδανικό.
7. (5) Στην έξοδο του καναλιού, να προσθέσετε λευκό Gaussian θόρυβο  $W(t)$  με διασπορά ίση με

$$\sigma_W^2 = \frac{1}{T_s \cdot 10^{\frac{\text{SNR}_{\text{dB}}}{10}}},$$

λαμβάνοντας την ενθόρυβη κυματομορφή

$$Y(t) = X(t) + W(t).$$

Σημείωση: μπορεί να αποδειχθεί ότι, σε αυτή την περίπτωση, οι  $N_{I,n}, N_{Q,n}$   $n = 0, \dots, N-1$ , είναι ανεξάρτητες τυχαίες μεταβλητές με

$$N_{I,n}, N_{Q,n} \sim \mathcal{N}(0, \sigma_N^2), \quad \text{όπου } \sigma_N^2 = \frac{T_s \sigma_W^2}{2}.$$

Με αυτό τον τρόπο, διασφαλίζετε ότι το SNR στην έξοδο του προσαρμοσμένου φίλτρου, μετρημένο σε dB, είναι  $\text{SNR}_{\text{dB}}$  (ενδεικτικά,  $\text{SNR}_{\text{dB}} = 10, 20$ ), διότι

$$10 \log_{10} \frac{P_X}{P_N} = 10 \log_{10} \frac{1}{2\sigma_N^2} = \text{SNR}_{\text{dB}}.$$

8. (5) Να πολλαπλασιάσετε την ενθόρυβη κυματομορφή  $Y(t)$  στο δέκτη με τους κατάλληλους φορείς και να σχεδιάσετε τις κυματομορφές που προκύπτουν και τα περιοδογράμματά τους. Τι παρατηρείτε;
9. (5) Να περάσετε τις κυματομορφές που υπολογίσατε στο προηγούμενο βήμα από τα προσαρμοσμένα φίλτρα. Να σχεδιάσετε τις κυματομορφές που προκύπτουν και τα περιοδογράμματά τους (να θέσετε το σωστό άξονα χρόνου). Τι παρατηρείτε;
10. (5) Να δειγματοληπτήσετε την έξοδο των προσαρμοσμένων φίλτρων τις κατάλληλες χρονικές στιγμές και να σχεδιάσετε την ακολουθία εξόδου  $Y$  χρησιμοποιώντας την εντολή scatterplot.
11. Να γράψετε συνάρτηση

```
function [est_X, est_bit_seq] = detect_PSK_16(Y)
```

η οποία

- (α) (10) χρησιμοποιεί τον κανόνα εγγύτερου γείτονα και αποφασίζει για την ακολουθία εισόδου 16-PSK σύμβολο-προς-σύμβολο,
  - (β) (10) χρησιμοποιεί την αντίστροφη απεικόνιση Gray, δηλαδή, από σύμβολα σε τετράδες bits, και από την εκτιμώμενη ακολουθία συμβόλων εισόδου υπολογίζει την εκτιμώμενη δυαδική ακολουθία εισόδου.
12. (10) Να γράψετε συνάρτηση

```
function num_of_symbol_errors = symbol_errors(est_X, X)
```

η οποία υπολογίζει το πλήθος των σφαλμάτων εκτίμησης συμβόλου.