



## Εισαγωγή στις Τηλεπικοινωνίες

1η Εργαστηριακή Άσκηση

### 1<sup>ο</sup> Ερώτημα

Έστω ημίτονο  $y(t) = A \sin(2\pi f_m t)$  πλάτους  $A = 1$  V και συχνότητας  $f_m$  σε kHz. Η συχνότητα  $f_m$  προκύπτει ως το άθροισμα των τριών τελευταίων ψηφίων του Αριθμού Μητρώου κάθε σπουδαστή. Αν το άθροισμα υπερβαίνει το 9 τότε η άθροιση των ψηφίων συνεχίζεται ωσότου προκύψει μονοψήφιος αριθμός.

α' Το παραπάνω ημίτονο να δειγματοληπτηθεί με δύο διαφορετικές συχνότητες, αρχικά με  $f_{s1} = 20f_m$  και κατόπιν με  $f_{s2} = 100f_m$ . Να παρουσιαστούν οι τρεις παρακάτω γραφικές παραστάσεις:

- (i) Τα δείγματα μετά τη δειγματοληψία με συχνότητα  $f_{s1}$ .
- (ii) Τα δείγματα μετά τη δειγματοληψία με συχνότητα  $f_{s2}$ .
- (iii) Τα δείγματα από τα ερωτήματα (i) και (ii) σε κοινό διάγραμμα.

β' Τι παρατηρείτε αν το ημίτονο δειγματοληπτηθεί με  $f_s = 5f_m$ ; Ποια είναι η ελάχιστη θεωρητική  $f_s$  ώστε να είναι δυνατή η ακριβής ανακατασκευή του ημιτόνου;

γ' Να επαναλάβετε τα υποερωτήματα α' και β' για σήμα  $z(t) = y(t) + A \sin(2\pi(f_m + \Lambda)t)$ , όπου  $A = 1$  V και  $\Lambda = 1$  kHz. Τι είναι το σήμα που προκύπτει; Εξηγήστε σύντομα.

Σημείωση: Στα διαγράμματα ο οριζόντιος άξονας να εκφράζει χρόνο (sec) και τα δείγματα να μην ενώνονται μεταξύ τους. Στα διαγράμματα του ερωτήματος α' να παρουσιάζονται τέσσερις (4) περίοδοι ενώ στο γ' μία (1) περίοδος.

### 2<sup>ο</sup> Ερώτημα

Θεωρούμε ως είσοδο σε ομοιόμορφο κβαντιστή (mid riser) το σήμα  $y(t)$  του 1<sup>ου</sup> ερωτήματος μετά από δειγματοληψία συχνότητας  $f_{s1} = 20f_m$ . Αν η συχνότητα  $f_m$  είναι άρτια (βάσει του Αριθμού Μητρώου) να γίνει κβάντιση με 3 bits, διαφορετικά (αν είναι περιττή) να γίνει κβάντιση με 4 bits.

α' Να απεικονίσετε σε διάγραμμα την έξοδο του κβαντιστή. Στον κατακόρυφο άξονα θα απεικονίζονται τα επίπεδα κβαντισμού (όχι ως δεκαδικός αριθμός αλλά ως δυαδικός, έχοντας κάνει κωδικοποίηση Natural Binary Coding) και στον οριζόντιο άξονα ο χρόνος (σε sec).

β' Υπολογίστε την τυπική απόκλιση του σφάλματος κβάντισης

- (i) για τα 10 πρώτα δείγματα
- (ii) για τα 20 πρώτα δείγματα
- (iii) Να υπολογίσετε το SNR κβάντισης για τις περιπτώσεις (i) και (ii) καθώς και τη θεωρητική του τιμή και εξηγήστε τυχόν διαφορές στις προκύπτουσες τιμές.

γ' Μετά την κβάντιση παρουσιάστε σε διάγραμμα για μια περίοδο την αντίστοιχη ροή μετάδοσης από bits (bit stream) θεωρώντας κωδικοποίηση γραμμής POLAR NRZ με διάρκεια bit 1 msec. Το πλάτος να είναι αριθμητικά ίσο με τη συχνότητα του ημιτόνου σε Volts (π.χ. για συχνότητα 1 kHz, το πλάτος είναι 1 V).

### 3<sup>ο</sup> Ερώτημα

Θεωρώντας το ημιτονικό σήμα  $y(t)$  του 1<sup>ου</sup> ερωτήματος με  $f_{s2} = 100f_m$  ως φέρον σε διαμόρφωση AM με δείκτη διαμόρφωσης 0.5 και σήμα πληροφορίας  $m(t) = \sin(2\pi 30t)$ :

- α' Παρουσιάστε το διαμορφωμένο σήμα κατά AM σήμα για τέσσερις (4) περιόδους του σήματος πληροφορίας  $m(t)$ .
- β' Υλοποιήστε αποδιαμορφωτή/φωρατή περιβάλλουσας και απεικονίστε σε διάγραμμα το σήμα μετά την αποδιαμόρφωση. Το τελικά προκύπτον σήμα στην έξοδο του αποδιαμορφωτή θα πρέπει να συμπίπτει με το αρχικό σήμα πληροφορίας πριν τη διαμόρφωση. Συστήνεται η χρήση της βιβλιοθήκης SciPy της Python και πιο συγκεκριμένα οι εντολές `signal.firwin()` και `signal.lfilter()`.

### Γενικές Οδηγίες

- 1 Όλες οι ζητούμενες γραφικές παραστάσεις θα πρέπει να συνοδεύονται από τίτλο, υπόμνημα και αντίστοιχες λεζάντες στους άξονες.
- 2 Η εργασία θα υποβληθεί ανεβάζοντας ένα αρχείο .zip ανά ομάδα 2 ατόμων το οποίο θα πρέπει να περιλαμβάνει: α) Τον ενιαίο πηγαίο κώδικα που θα υλοποιεί όλα τα ερωτήματα (πρέπει να είναι ευανάγνωστος και με σχόλια) και θα παράγει τα ζητούμενα διαγράμματα (χωρίς εξωτερική παρέμβαση). Το αρχείο θα είναι είτε σε Python (.py) είτε σε MATLAB/Octave (.m) β) Δύο .pdf/.doc αρχεία κειμένου (ένα για κάθε Αριθμό Μητρώου) που θα απαντούν στα ερωτήματα διεξοδικά και θα περιλαμβάνουν όλα τα διαγράμματα.
- 3 Ο κώδικας θα πρέπει να αναπαράγει ΠΙΣΤΑ τα διαγράμματα που έχουν ενσωματωθεί στα υποβληθέντα .pdf/.doc αρχεία, διαφορετικά η εργασία δε θα λαμβάνεται υπόψη.

**Καταληκτική ημερομηνία υποβολής: Τρίτη 12 Δεκεμβρίου μέσω του mycourses.ntua.gr. Προσοχή: μετά την υποβολή δεν υπάρχει δυνατότητα αλλαγής ή διαγραφής της εργασίας σας!**