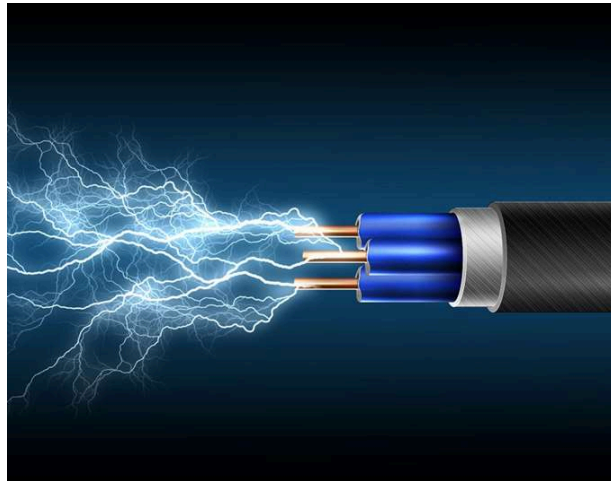


# Εργασία στο μάθημα

## “Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα”

Ακαδημαϊκό έτος: 2023-2024

Ημερομηνία παράδοσης: 30/1/2023



### Μέρος 1ο: η πιθανότητα σφάλματος του PAM [50%]

Η πιθανότητα σφάλματος bit του συστήματος PAM δίνεται από την σχέση:

$$P_b = 2 \frac{M-1}{M \log_2 M} Q \left( \sqrt{\frac{6 \text{SNR}_b \log_2 M}{M^2 - 1}} \right)$$

όπου η συνάρτηση  $Q(y)$  η οποία ορίζεται ως:

$$Q(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_y^{+\infty} \exp \left( -\frac{z^2}{2} \right) dz$$

ενώ το  $\text{SNR}_b$  είναι το πηλίκο σήμα-προς-θόρυβο ανά bit και  $M$  είναι η τάξη του PAM. Ζητείται να υλοποιήσετε τα εξής:

A. Μία python function η οποία να δέχεται ως είσοδο την τάξη του PAM  $M$  και την επιθυμητή πιθανότητα σφάλματος  $P_b$  και να υπολογίζει το απαιτούμενο πηλίκο σήμα προς θόρυβο  $\text{SNR}_b$  σε dB για να επιτευχθεί αυτή η πιθανότητα. Προσοχή, θα χρειαστεί να σκεφτείτε πως θα αντιστρέψετε τη συνάρτηση  $Q$ .

B. Θεωρώντας ότι  $P_b = 10^{-x-2}$  όπου  $x$  το τελευταίο ψηφίο του αριθμού μητρώου σας να φτιάξετε μία γραφική παράσταση  $\text{SNR}_b = f(M)$  (σε dB) που θα απεικονίζουν τις απαιτούμενες τιμές του  $\text{SNR}_b$  για τιμές του  $M$  που είναι δυνάμεις του 2,  $M = 2^m$  για  $1 \leq m \leq 10$ .

Γ. Αναφέρετε που κατά την άποψη σας είναι χρήσιμα αυτά τα διαγράμματα. Τι άλλο πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά τον σχεδιασμό του συστήματος. Απαντήστε τεκμηριωμένα.

## Μέρος 2ο: Κυματομορφή PPM [50%]

Η κυματομορφή Pulse Position Modulation (PPM) παράγεται αντιστοιχώντας ένα σύμβολο σε παλμούς των οποίων η διάρκεια δεν επικαλύπτεται με τους υπόλοιπους παλμούς των συμβόλων. Πιο συγκεκριμένα εάν  $M$  είναι η τάξη του PPM και  $T_s$  είναι η διάρκεια του συμβόλου τότε στην διάρκεια του πρώτου συμβόλου ( $i = 0$ ) ο παλμός που αντιστοιχεί στο  $k$  σύμβολο,  $0 \leq k \leq M - 1$  είναι καθορίζεται από την σχέση

$$p(t) = 1 \text{ εάν } kT_s/M \leq t < (k+1)T_s/M \text{ ενώ } p(t) = 0 \text{ διαφορετικά.}$$

Για τα επόμενα σύμβολα οι παλμοί μετατοπίζονται κατά  $T_s$ . Προσέξτε ότι ο παλμός  $p(t)$  έχει τώρα διάρκεια  $T_s/M$  και όχι  $T_s$  όπως στην περίπτωση του PAM, ωστόσο η διάρκεια του συμβόλου παραμένει  $T_s$ . Στην ουσία το σύμβολο καθορίζει σε πιο χρονικό διάστημα μέσα στην διάρκεια συμβόλου, ο παλμός δεν είναι μηδενικός.

Ζητείται να υλοποιήσετε ένα Python script το οποίο να φτιάχνει τις PPM κυματομορφές για  $M=2$ ,  $M=4$ ,  $M=8$  και  $M=16$  που αντιστοιχούν στο όνοματεπώνυμο σας. Για να κάνετε των κωδικοποίηση του ονόματος σας σε σύμβολα PPM ακολουθείστε την παρακάτω διαδικασία:

- Βήμα 1ο: Ξεκινάμε από το ονοματεπώνυμο μας στα αγγλικά, για παράδειγμα ο “Θωμάς Καμαλάκης” στα αγγλικά γράφεται “Thomas Kamalakis”. Κάθε γράμμα που υπάρχει στην αγγλική ονομασία μετατρέπεται σε μία σειρά από 8bits βάσει του κώδικα ASCII. Για παράδειγμα το “T” μετατρέπεται σε 01010100”, το “h” σε “01101000” κ.ο.κ.
- Βήμα 2ο: Το σύνολο των bits που λαμβάνονται με αυτή την διαδικασία μετατρέπονται σε σύμβολα του  $M$ -PPM βάσει του κατάλληλου κώδικα Gray ο οποίος έχει μήκος κωδικών λέξεων  $\log_2 M$  bits. Σε περίπτωση όπου στην τελευταία ομάδα bits που μεταδίδουμε απομένουν λιγότερα από  $\log_2 M$  bits συμπληρώνουμε μηδενικά bits ώστε να έχουμε  $\log_2 M$  bits.
- Βήμα 3ο: Φτιάχνουμε την κυματομορφή PPM θεωρώντας ότι η διάρκεια συμβόλου  $T_s$  είναι τέτοια ώστε ο ρυθμός μετάδοσης να είναι  $R_b = 1\text{Gb/s}$ .

Ζητείται να φτιάξετε ένα script που θα παράγει τις γραφικές παραστάσεις των κυματομορφών PPM βάσει της διαδικασίας που αναφέρεται στα παραπάνω βήματα. Θα πρέπει το όνομα σας στα αγγλικά να δίνεται ως παράμετρος μέσα στο script και το script σας να δουλεύει σωστά ακόμα και αν αλλάξουμε το όνομα. Οι γραφικές παραστάσεις θα πρέπει να είναι σε διαφορετικό σχήμα (figure) για κάθε τιμή του  $M$ . Σχολιάστε τις ποιοτικές διαφορές μεταξύ της κυματομορφής  $M = 2$  και  $M = 16$  αναφέροντας τις περιπτώσεις που θα επιλέγατε να μεταδώσετε την μία ή την άλλη.

## Προσοχή: Επιπλέον Οδηγίες

- Θα ανεβάσετε στο eclass ένα zip αρχείο που θα περιέχει: α) τον κώδικα σας και β) ένα κείμενο σε PDF που θα περιγράφει την μεθοδολογία που ακολουθήσατε για να υλοποιήσετε τα scripts και τα αποτελέσματα που παράγονται από αυτά (π.χ. σχήματα κτλ).
- Δεν γίνεται δεκτή Python 2.
- Το όνομα του αρχείου θα ακολουθεί την ονομασία AM\_givenName\_surName όπου το AM είναι ο αριθμός μητρώου σας και το givenName και surName το όνομα και το επώνυμο σας στα αγγλικά. Έτσι για παράδειγμα ο Νίκος Παραδόπουλος με αριθμό μητρώου 21845 ανεβάσει ένα αρχείο zip που ονομάζεται 21845\_Nikos\_Papadopoulos.zip Εναλλακτικές ονομασίες δεν γίνονται δεκτές και δεν θα βαθμολογηθούν.

- Μπορείτε αν το επιθυμείτε να χρησιμοποιήσετε την βιβλιοθήκη commlib όπως έχει υλοποιηθεί στο μάθημα. Προσοχή: αν χρησιμοποιήσετε την commlib θα πρέπει να συμπεριλάβετε στο αρχείο ZIP και το commlib.py το οποίο θεωρείτε.
- Δεν γίνονται δεκτοί άλλοι τύποι αρχείων π.χ. RAR κτλ και επίσης δεν βαθμολογούνται εργασίες που δεν περιέχουν τόσο το κείμενο σε PDF ή τον κώδικα.
- Δοκιμάστε να τρέξετε τον κώδικα που υπάρχει στο .zip αρχείο. Αν ο κώδικας που ανεβάσατε στο eclass δεν τρέχει η εργασία σας δεν θα βαθμολογηθεί.
- Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τις βιβλιοθήκες της Python matplotlib, numpy και scipy καθώς και την commlib του μαθήματος αλλά όχι κάποιο άλλο module της Python που να μην είναι standard. Σε περίπτωση όπου χρησιμοποιείτε κάποιο κώδικα έτοιμο από κάποια άλλη πηγή θα πρέπει να το αναφέρεται στο PDF αρχείο.
- Ο διδάσκων διατηρεί το δικαίωμα να σας καλέσει για παροχή διευκρινίσεων πάνω στην υλοποίηση της εργασίας σε περίπτωση που αυτό κρίνεται απαραίτητο.
- Σε περίπτωση όπου δύο ή περισσότεροι φοιτητές παραδώσουν πανομοιότυπο κώδικα η βαθμολογία δύναται να διαιρεθεί με το πλήθος των φοιτητών. Έτσι αν 3 φοιτητές παραδώσουν πανομοιότυπο κώδικα ή αναφορά σε PDF η οποία βαθμολογηθεί με 10 τότε κάθε ένας θα λάβει ως βαθμολογία το 3.33

