

# ΨΗΦΙΑΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΗΧΟΥ

## ΑΣΚΗΣΗ 3

**Η επίδραση της υπερδειγματοληψίας στο φάσμα και στα χαρακτηριστικά του σήματος**

### Μέρος Α'

Δημιουργείτε ένα ημιτονικό σήμα πλάτους 1 (0dBFS) και συχνότητας 1kHz, δειγματοληψίας 44.1kHz και ευκρίνειας κβαντισμού 16bit.

Δημιουργείτε ένα ακόμα ημιτονικό σήμα πλάτους 1 (0dBFS) και συχνότητας 1kHz με συχνότητα δειγματοληψίας ίση προς 88.2kHz και ευκρίνεια κβαντισμού 16bit.

Το σήμα αυτό αποτελεί ουσιαστικά το x2 υπερδειγματοληπτημένο αντίγραφο του ημιτονικού σήματος που δημιουργήσατε στο προηγούμενο βήμα.

Δημιουργήστε τα αντίστοιχα σήματα στα 8bit με προσθήκη dither (RPDF ή TPDF, ελέγξτε και επιλέξτε κατά την κρίση σας όποιο δημιουργεί λιγότερο αρμονικό θόρυβο) και ταυτόχρονα, χρήση noise-shaping 2<sup>ης</sup> τάξης.

Υπολογίστε και απεικονίστε τα φάσματα των δύο παραπάνω 8bit σημάτων. Υπολογίστε τις τιμές της αρμονικής παραμόρφωσης+θόρυβο (THD+N σε dB) και στις δύο περιπτώσεις και συγκρίνετέ τις. (Σημείωση: για την εύρεση του δείκτη για την βασική συχνότητα μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τη συνάρτηση `max()` ή να εντοπίσετε απευθείας τον δείκτη από το διάγραμμα του μέτρου του φάσματος σε σχέση με τα δείγματα).

Για λόγους σύγκρισης, δημιουργήστε ένα νέο διάγραμμα και απεικονίστε σε αυτό και τα δύο φάσματα των 8bit σημάτων. Τι παρατηρείτε; Ποιο σήμα έχει μεγαλύτερη δυναμική περιοχή;

Αποθηκεύστε τα σε αρχεία τύπου .wav με ευκρίνεια κβαντισμού 16bit και την αντίστοιχη τιμή της συχνότητας δειγματοληψίας. Αλλάξτε τη διαδρομή αποθήκευσης εάν το επιθυμείτε.

Αναπαράγετε τα παραπάνω αρχεία ήχου, εστιάζοντας κυρίως στην ακουστότητα του θορύβου κβαντισμού. Τί παρατηρείτε;

Επαναλάβετε την προηγούμενη διαδικασία, χωρίς τη χρήση noise-shaping κατά τον επανακβαντισμό σε 8bit και ακούστε τη διαφορά.

### Μέρος Β'

Διαβάστε από το δίσκο το αρχείο `speech.wav` που βρίσκεται διαθέσιμο στο `eclass`.

Εφόσον το σήμα ήταν αποθηκευμένο σε αρχείο .wav, είναι ήδη κβαντισμένο (με ευκρίνεια κβαντισμού 16bit).

Εφαρμόστε υπερδειγματοληψία παράγοντα x2 στο σήμα `speech` σε διαδοχικά στάδια. Αρχικά προσθέστε τον απαραίτητο αριθμό μηδενικών μεταξύ των αρχικών δειγμάτων. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται με χρήση της συνάρτησης `InterpolateZeros` που δίνεται στο `eclass`. Ελέγξτε το μέγεθος του νέου σήματος που προκύπτει κάνοντας χρήση της συνάρτησης `length` της `MATLAB`.

Στη συνέχεια, όπως προβλέπεται από τη θεωρία της υπερδειγματοληψίας, φιλτράρετε το σήμα που προέκυψε με την προσθήκη των μηδενικών κάνοντας χρήση ενός FIR φίλτρου υπερδειγματοληψίας. Οι συντελεστές του φίλτρου σας δίνονται παρακάτω:

```
firx2=[-850 0 245 0 -541 0 1041 0 -1865 0 3303 0 -6400 0 20670 32767 20670 0 -6400 0 3303  
0 -1865 0 1041 0 -541 0 245 0 -850];
```

(Σημείωση: η δήλωση των συντελεστών του φίλτρου `firx2` πρέπει να γίνει σε μια σειρά, αλλιώς η MATLAB θα εμφανίσει σφάλμα)

Επανακβαντίστε το αρχικό και το υπερδειγματοληπτημένο σήμα στα 8bit χωρίς προσθήκη dither και με χρήση noise-shaping 2<sup>ης</sup> τάξης.

Αποθηκεύστε τα 8bit ψηφιακά σήματα σε αρχεία τύπου .wav με ευκρίνεια κβαντισμού 16bit και κατάλληλη τιμή συχνότητας δειγματοληψίας.

Αναπαράγετε τα παραπάνω αρχεία ήχου, εστιάζοντας κυρίως στην ακουστότητα του θορύβου κβαντισμού. Τί παρατηρείτε;

### **ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ**

- Για την υλοποίηση μπορείτε να χρησιμοποιήσετε και τις συναρτήσεις MATLAB που σας δίνονται στο eclass (Εγγραφα ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΗΣΕΙΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ 2020).
- οι φασματικές απεικονίσεις να γίνουν σε λογαριθμικό άξονα συχνοτήτων και να εμφανίζονται οι συχνότητες μέχρι  $f_s/2$ .
- Οι επιλύσεις και απαντήσεις σας πρέπει να είναι υπό μορφή κειμένου σε αρχείου .pdf με τα σχήματα και τα σχόλια και πρέπει να αναρτώνται στο αποθετήριο για τις Εργασίες του eclass.