

# Ψηφιακή Επεξεργασία Σημάτων

## 2η Εργαστηριακή Άσκηση

Διδάσκοντες: Εμμανουήλ Ψαράκης, Δημήτριος Κοσμόπουλος

Επικουρικό έργο:

Στέλιος Αυλακιώτης, Μαρία Ζαφείρη, Αλέξανδρος-Οδυσσέας Φαρμάκης

**Σημείωση:** Η εκφώνηση συνοδεύεται από αρχείο κειμένου στο οποίο θα συμπληρώσετε τις απαντήσεις στα διάφορα ερωτήματα που εμφανίζονται εκεί. Κρατήστε τη δομή εκείνου του αρχείου ακέραιη. Φροντίστε όπου θα συμπληρώσετε γραφήματα να φαίνονται ευκρινώς. Αφού συμπληρώσετε όλα τα ερωτήματα θα ανεβάσετε στο eclass μόνο σε μορφή αρχείου PDF την αναφορά αυτή με όνομα αρχείου αυστηρά το εξής: ΕΠΩΝΥΜΟ\_ΑΜ\_ΕΤΟΣ.pdf (π.χ. "ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ\_1312\_3.pdf").

Κατεβάστε την MATLAB από εδώ  
<https://www.mathworks.com/downloads/>.

Ενεργοποιήστε την με την άδεια *license.dat* που θα βρείτε εδώ  
<https://mussa.upnet.gr/user/index.php?action=downloadFile&fn=matlab-license>

## Άσκηση 1: Σχεδίαση FIR Φίλτρων

Σχεδιάστε την κρουστική απόκριση, την απόκριση μέτρου, και φάσης χρησιμοποιώντας:

(α). Την συνάρτηση **fir1**(·) της MATLAB, η οποία βασίζεται στην τεχνική σχεδίασης φίλτρων με σειρές Fourier (ελαχιστοποίηση της στάθμης  $L_2$  της συνάρτησης σφάλματος), σχεδιάστε ένα χαμηλοπερατό FIR φίλτρο μήκους 29 με συχνότητα αποκοπής  $\omega_c = 0.4\pi$ .

(β). Την συνάρτηση **firls**(·) της MATLAB, η οποία βασίζεται στην τεχνική σχεδίασης ελαχίστων τετραγώνων “don’t care” (ελαχιστοποίηση της στάθμης  $L_2$  της συνάρτησης σφάλματος εκτός της μεταβατικής ζώνης), σχεδιάστε ένα χαμηλοπερατό FIR φίλτρο μήκους 29 με συχνότητα διάβασης  $\omega_p = 0.10\pi$ , συχνότητα αποκοπής  $\omega_s = 0.35\pi$ . Επαναλάβετε την διαδικασία για την σχεδίαση ενός υψιπερατού φίλτρου μήκους 29 με συχνότητα διάβασης  $\omega_p = 0.35\pi$  και συχνότητα αποκοπής  $\omega_s = 0.10\pi$ .

(γ). Την συνάρτηση **firpm**(·) της MATLAB, η οποία βασίζεται στην τεχνική σχεδίασης min-max (ελαχιστοποίησης της στάθμης  $L_\infty$  της συνάρτησης σφάλματος εκτός της μεταβατικής ζώνης), σχεδιάστε ένα χαμηλοπερατό και ένα υψιπερατό FIR φίλτρο με τις προδιαγραφές του προηγούμενου ερωτήματος.

## Άσκηση 2: Αποθορυβοποίηση Σήματος

Στο αρχείο *chirp.mat* υπάρχει ένα σήμα  $y_o(n)$  του οποίου το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειάς του κατανέμεται στην συχνοτική ζώνη  $f > f_s/4$ , όπου  $f_s = 8192\text{Hz}$  η συχνότητα δειγματοληψίας του σήματος συνεχούς χρόνου  $y(t)$  από το οποίο προήλθε. Στο σήμα αυτό έχει προστεθεί λευκός ομοιόμορφος θόρυβος  $w(n)$  και έχει παραχθεί το σήμα  $y_w(n) = y_o(n) + w(n)$ .

(α). Χρησιμοποιώντας την συνάρτηση **fir1**(·) της MATLAB σχεδιάστε ένα υψιπερατό FIR φίλτρο μήκους 35 με συχνότητα αποκοπής  $\omega_c = 0.48\pi$  και παράθυρο Chebyshev. (Αναζητείστε τα κατάλληλα ορίσματα της συνάρτησης **chebwin**(·) της MATLAB, ώστε να δημιουργήσετε παράθυρο μήκους 35 με κυματισμό 30dB.)

(α).1 Χρησιμοποιώντας την συνάρτηση **filtfilt**(·) της MATLAB, φιλτράρετε το σήμα  $y_w(n)$  δημιουργώντας το σήμα  $y_f(n)$ .

(α).2 Χρησιμοποιείτε την συνάρτηση **sound**(·) για να ακούσετε τα σήματα  $y_w(n)$  και  $y_f(n)$ .

(β). Χρησιμοποιώντας την συνάρτηση **firls**(·) της MATLAB, σχεδιάστε ένα υψιπερατό FIR φίλτρο μήκους 35 με συχνότητα αποκοπής  $\omega_s = 0.48\pi$  και συχνότητα διάβασης  $\omega_p = 0.5\pi$ .

(β).1 Χρησιμοποιώντας την συνάρτηση **filtfilt**(·) της MATLAB, φιλτράρετε το σήμα  $y_w(n)$  δημιουργώντας το σήμα  $y_f(n)$ .

(β).2 Χρησιμοποιείτε την συνάρτηση **sound**(·) για να ακούσετε τα σήματα  $y_w(n)$  και  $y_f(n)$ .

(γ). Επαναλάβετε τη διαδικασία του Βήματος 2, χρησιμοποιώντας την συνάρτηση **firpm**(·) της MATLAB.

(γ).1 Χρησιμοποιώντας την συνάρτηση **filtfilt**(·) της MATLAB, φιλτράρετε το σήμα  $y_w(n)$  δημιουργώντας το σήμα  $y_f(n)$ .

(γ).2 Χρησιμοποιείτε την συνάρτηση **sound**(·) για να ακούσετε τα σήματα  $y_w(n)$  και  $y_f(n)$ .

(δ). Για τα ερωτήματα (α-γ) Σχεδιάστε τα πρώτα και τελευταία 100 δείγματα ενός εκ των τριών αποθορυβοποιημένων σημάτων που προέκυψαν από την εφαρμογή της **filtfilt**(·) στο σήμα  $y_w(n)$  και τα αντίστοιχα του ιδανικού σήματος  $y_o(n)$  και σχολιάστε την διάρκεια των μεταβατικών φαινομένων (αν υπάρχουν). Σχολιάστε σύντομα τα αποτελέσματά σας.

(ε). Υπολογίστε το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (MSE) για κάθε ένα από τα αποθορυβοποιημένα σήματα. Αξιολογήστε την απόδοση κάθε φίλτρου. Είναι αυτή η απόδοση σε πλήρη συμφωνία με αυτό που ακούτε; Πού αποδίδετε την ασυμφωνία (αν υπάρχει);

### Άσκηση 3: Αποθορυβοποίηση με Χρήση Φίλτρων Ειδικής Κατηγορίας

Στο αρχείο *Noisy.mat* υπάρχει ένα δειγματοληπτημένο σήμα  $y_w(n)$ , με συχνότητα δειγματοληψίας  $f_s = 44100\text{Hz}$ , στο οποίο έχει προστεθεί θόρυβος συγκεκριμένης μορφής.

(α). Χρησιμοποιήστε την συνάρτηση **sound**(·) για να ακούσετε το σήμα  $y_w(n)$  και προσπαθήστε να εντοπίσετε πιθανά είδη θορύβου που έχουν μολύνει το σήμα.

(β). Χρησιμοποιώντας τις συναρτήσεις **fft**(·), **abs**(·) και **fftshift**(·) της MATLAB σχεδιάστε το μέτρο του μετασχηματισμού Fourier του σήματος, και εντοπίστε πιθανές συχνότητες στις οποίες κατανέμεται η ενέργεια του θορύβου.

(γ). Σχεδιάστε κατάλληλο φίλτρο με τη βοήθεια του γραφικού διαδραστικού περιβάλλοντος **FilterDesigner** της MATLAB για την απομάκρυνση του θορύβου και εφαρμόστε το στο σήμα  $y_w(n)$ .

(δ). Ακούστε το φιλτραρισμένο σήμα με την συνάρτηση **sound**(·) της MATLAB.

(ε). Σχεδιάστε, με την βοήθεια της συνάρτησης **plot**(·), την κυματομορφή (ένα τμήμα διάρκειας 250 δειγμάτων) του θορύβου που είχε μολύνει το σήμα και του αποθορυβοποιημένου σήματος.

Σχολιάστε σύντομα τα αποτελέσματά σας.