



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
Τομέας Σημάτων, Ελέγχου και Ρομποτικής
Ζωγράφου 15773, Αθήνα

Σήματα και Συστήματα - Εργασία MATLAB (2018-19)

ΟΔΗΓΙΕΣ

- Στόχος της εργασίας είναι η εμπέδωση σημαντικών εννοιών του μαθήματος αλλά και γενικότερα η εξοικείωση με τις εφαρμογές του περιβάλλοντος **MATLAB** στο μάθημα 'Σήματα και Συστήματα'.
- Η εργασία είναι ατομική.
- Η εργασία είναι προαιρετική. Μπορεί να μετρήσει προσθετικά στο βαθμό έως και 10% της συνολικής βαθμολογίας τους μαθήματος.
- Προαιρετικά όποιος επιθυμεί μπορεί να κάνει την εργασία χρησιμοποιώντας **Python**. Σε προηγούμενη ανακοίνωση στο mycourses ανέβηκαν διάφορα link με υλικό για την εξοικείωσή σας με τις Python βιβλιοθήκες numpy, matplotlib, scipy (algebraic/numeric computing, plotting, scientific calculations) τις οποίες και θα χρειαστείτε για την επίλυση της εργασίας, αλλά και link για την εγκατάσταση της Python και των απαιτούμενων βιβλιοθηκών.
- Τρόπος παράδοσης: Ηλεκτρονική υποβολή μέσω της σελίδας του μαθήματος η οποία είναι διαθέσιμη στο mycourses.ntua.gr (λεπτομέρειες θα δοθούν μέσω ανακοίνωσης).
ΠΡΟΣΟΧΗ: ΟΣΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΔΕΝ ΠΛΗΡΟΥΝ ΤΑ ΠΑΡΑΚΑΤΩ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΕ ΘΑ ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΘΟΥΝ.
- Παραδοτέα: Θα πρέπει να υποβληθεί ένα αρχείο zip (μη χρησιμοποιήσετε άλλα formats όπως .rar, .7z, κτλ) το οποίο να περιλαμβάνει όλα τα ακόλουθα αρχεία:
 1. Ένα αρχείο .wav που να περιέχει το κομμένο σήμα των 100 msec (βλ. μέρος A.4 της εκφώνησης παρακάτω). Το αρχείο να ονομαστεί rec.wav.
 2. Ένα αρχείο .m που να περιέχει τον κώδικα MATLAB που γράψατε. Το αρχείο να ονομαστεί program.m. Συμπεριλάβετε επεξηγηματικά σχόλια στον κώδικα όπου θεωρείτε απαραίτητο.

3. Μία σύντομη αναφορά σε pdf (μη χρησιμοποιήσετε άλλα formats όπως .doc, .docx, κτλ) η οποία να ονομασθεί report.pdf. Παρακαλείστε όπως το μέγεθος της αναφοράς σας να είναι το πολύ 1MB (σε περίπτωση που συμπεριλάβετε γραφήματα/εικόνες προβείτε στις κατάλληλες ενέργειες ώστε να ικανοποιείται η απαίτηση αυτή). Επίσης, παρακαλείστε όπως συντάξετε την αναφορά σας σε κειμενογράφο. Παρακαλώ μην αποστείλετε χειρόγραφο και κατόπιν σαρωμένη (scanned) αναφορά γιατί θα είναι δύσκολη η βαθμολόγησή της (και πιθανότατα δε θα ικανοποιεί τον περιορισμό του μεγέθους).
4. Ένα αρχείο .txt με τα προσωπικά στοιχεία σας καταχωρημένα σε 3 γραμμές: η πρώτη γραμμή να περιλαμβάνει τον αριθμό μητρώου (AM) σας, η δεύτερη και τρίτη γραμμή να περιλαμβάνουν το επώνυμο και το όνομα σας, αντίστοιχα, γραμμένα με ελληνικούς κεφαλαίους χαρακτήρες (ή με λατινικούς κεφαλαίους χαρακτήρες σε περίπτωση αλλοδαπών ονοματεπωνυμικών στοιχείων). Τα στοιχεία πρέπει να ταυτίζονται με τα στοιχεία σας που είναι καταχωρημένα στη γραμματεία της Σχολής, π.χ., τρόπος γραφής, ορθογραφία ονόματος και επωνύμου. Το αρχείο να ονομασθεί info.txt.

Βεβαιωθείτε πως το ονομάτεπώνυμο και το AM σας περιλαμβάνονται τόσο στον κώδικα MATLAB (εντός σχολίων), όσο και στην αναφορά. Το όνομα του αρχείου zip που θα υποβάλετε πρέπει να ταυτίζεται με το AM σας, π.χ., 12345.zip. Υπενθυμίζεται πως η τήρηση όλων των ανωτέρω χαρακτηριστικών των παραδοτέων είναι άκρως απαραίτητη για τη διεξαγωγή της βαθμολόγησης.

- Ημερομηνία παράδοσης: **εως και τη λήξη των μαθημάτων της χειμερινής περιόδου, δηλ. Παρασκευή 18/01/2019.**
- Σημείωση: Για ερωτήσεις επικοινωνήστε με την Νάνσυ Ζλατίντση (nzlat@cs.ntua.gr)

Μέρος Α

- A.1 Καταγράψτε ένα αρχείο ήχου με το μικρό όνομά σας, με ρυθμό δειγματοληψίας 8000 Hz. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε για παράδειγμα τις εντολές **audiorecorder()**, **recordblocking()**, και **getaudiodata()** στο περιβάλλον MATLAB σε συνδυασμό με το μικρόφωνο του υπολογιστή σας. Εναλλακτικά, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε οποιοδήποτε άλλο πρόγραμμα για την καταγραφή (και υποδειγματοληψία στα 8000 Hz, π.χ., το πρόγραμμα Audacity). Στη συνέχεια να εισάγετε το καταγεγραμμένο αρχείο ήχου στο MATLAB χρησιμοποιώντας εντολές όπως το **wavread()**. Προσπαθήστε το αρχείο ήχου να μην έχει διάρκεια πάνω από 2-3 sec, ώστε τα επόμενα βήματα επεξεργασίας να μην απαιτούν πολύ χρόνο.
- A.2 Σχεδιάστε το αρχείο ήχου που μόλις καταγράψατε στο πεδίο του χρόνου (χρησιμοποιήστε την εντολή **plot()**).

- A.3 Υπολογίστε και σχεδιάστε γραφικά την ενέργεια του σήματος μέσα σε κυλιόμενο παράθυρο 100msec και με 50% επικάλυψη μεταξύ γειτονικών παραθύρων.
- A.4 Επιλέξτε ένα παράθυρο 100msec από ένα τμήμα του σήματος που είναι (περίπου) **περιοδικό**. Ακούστε το ηχογραφημένο σήμα από το ηχείο του υπολογιστή σας, χρησιμοποιώντας για παράδειγμα τις εντολές **audioplayer()** και **play()**. Σε ποίο φώνημα αντιστοιχεί;
- A.5 Εφαρμόστε τον διακριτό μετασχηματισμό Fourier (DFT) υπολογισμένο σε 1024 δείγματα χρησιμοποιώντας την εντολή **fft()**. Σχεδιάστε το συχνотικό περιεχόμενο (το μέτρο αυτού) του συνόλου του σήματος σε κανονική και λογαριθμική κλίμακα, δηλαδή τα **abs(fft(A))** και **20*log10(abs(fft(A)))**. Κλιμακώστε κατάλληλα τον οριζόντιο άξονα των διαγραμμάτων ώστε να αντιστοιχεί στις πραγματικές συχνότητες του σήματος (0–8000 Hz).
- A.6 Από το διάγραμμα που σχεδιάσατε, υπολογίστε (εποπτικά) την θεμελιώδη συχνότητα του σήματος. Κάντε το ίδιο και στο πεδίο του χρόνου (υπολογίστε την θεμελιώδη περίοδο). Επιβεβαιώστε την σχέση θεμελιώδους περιόδου και θεμελιώδους συχνότητας.

Μέρος Β

- B.1 Θεωρήστε τώρα ένα Γ.Χ.Α. σύστημα με σχέση εισόδου/εξόδου:

$$y[n] = x[n] + a x[n - n_o] \quad (1)$$

Σχεδιάστε τη βηματική $s[n]$ και κρουστική του απόκριση $h[n]$ (για $0 \leq n \leq 20$) για τιμές $a = 0.5$ και $n_o = 10$ στην παραπάνω εξίσωση διαφορών (1), χρησιμοποιώντας τις εντολές **stepz()** και **impz()**, αντίστοιχα.

- B.2 Σχεδιάστε το διάγραμμα μηδενικών/πόλων του συστήματος για $n_o = 10$ και $a = 0.1$, $a = 0.01$, $a = 0.001$, χρησιμοποιώντας την εντολή **zplane()**. Συγκρίνετε τα μηδενικά και πόλους του διαγράμματος με το αποτέλεσμα της εντολής **roots()** στα πολυώνυμα του αριθμητή και παρονομαστή της συνάρτησης μεταφοράς του συστήματος (για κάποια από τις παραπάνω τιμές του a).
- B.3 Θεωρήστε τώρα πάλι το σύστημα (1) με $a = 0.5$ και $n_o = 2000$, και εφαρμόστε το στο σήμα που είχατε καταγράψει στο A.4. Χρησιμοποιήστε για τον σκοπό αυτό την εντολή **filter()** ή αν προτιμάτε γράψτε την δική σας υλοποίηση.
- B.4 Ακούστε το σήμα εξόδου (αντίστοιχα με το βήμα A.4) και σχεδιάστε τον διακριτό μετασχηματισμό Fourier (DFT) (αντίστοιχα με το βήμα A.5).

Μέρος Γ

- Γ.1 Υλοποιήστε έναν ταλαντωτή (σύστημα δεύτερης τάξης με ένα διπλό συζυγή μιγαδικό πόλο $z_1 = re^{j\Omega}$, $z_2 = re^{-j\Omega}$) με συχνότητα [βλ. παράδειγμα βιβλίου (5.3.8) στη σελίδα 281] με μια συνάρτηση της μορφής $y = \text{resonator}(x, \text{resonator_frequency}, r, \text{sampling_frequency})$ όπου x είναι η είσοδος και y είναι η έξοδος του συστήματος, με τα $\text{resonator_frequency}$ (ιδιοσυχνότητα ταλάντωσης) και $\text{sampling_frequency}$ (συχνότητα δειγματοληψίας) να είναι σε Hz.
- Γ.2 Υπολογίστε την κρουστική απόκριση και την απόκριση συχνότητας του συστήματος για δικές σας επιλογές παραμέτρου Ω και για $r = 0.95$ (για πρακτικούς λόγους, θεωρείστε πεπερασμένη διάρκεια 1sec για την κρουστική). Επιβεβαιώστε ότι η μέγιστη απόκριση είναι στη συχνότητα που επιλέξατε. Τι συμβαίνει στην κρουστική απόκριση και στην απόκριση συχνότητας για $r = 0.5$ και $r = 1.2$;
- Γ.3 Βάλτε 3 ταλαντωτές σε σειρά (με συχνότητες συντονισμού 500, 1500, 2500 Hz, $r = 0.95$) και υπολογίστε τη συνολική απόκριση συχνότητας του συστήματος.
- Γ.4 Υπολογίστε τον διακριτό μετασχηματισμό Fourier (DFT) της εξόδου του παραπάνω συστήματος για είσοδο μια παλμοσειρά από κρουστικές (impulse train) με περίοδο 100 Hz και διάρκεια 200msec. Ακούστε το σήμα αυτό $x[n]$ και την 1η διαφορά του $x[n] - x[n-1]$. Σε ποιό φώνημα αντιστοιχεί;

Μέρος Δ (bonus)

Προσπαθήστε να αναδημιουργήσετε το τμήμα του σήματος φωνής στο A.4 χρησιμοποιώντας ότι μάθατε στο μέρος Γ και υπολογίζοντας εποπτικά τις συχνότητες συντονισμού από το A.5 (και την θεμελιώδη συχνότητα που υπολογίσατε στο A.6).