Τμήμα Τεχνών Ήχου και Εικόνας Ιόνιο Πανεπιστήμιο

Μάθημα: Ψηφιακή Επεξεργασία Ήχου

Εργαστηριακή Άσκηση 1 «Διαχείριση και Δημιουργία Βασικών Σημάτων, Δειγματοληψία και Κβαντισμός»

> Διδάσκων: Φλώρος Ανδρέας Δρ. Ηλ/γος Μηχ/κός & Τεχνολογίας Υπολογιστών

> > Κέρκυρα, 2013

Πίνακας περιεχομένων

1.	Εισαγωγή	3
2.	Βασικές αρχές και διαδικασίες ψηφιοποίησης αναλογικών σημάτων	3
	2.1. Δειγματοληψία – Διακριτοποίηση στο πεδίο του χρόνου	3
	2.2. Κβαντισμός – διακριτοποίηση στο πεδίο του πλάτους	4
3.	Βασικές εντολές και τελεστές δημιουργίας ψηφιακών σημάτων στη MATLAB	6
	3.1. Δημιουργίες ακολουθιών και ο τελεστής «:»	6
	3.2. Οι εντολές ones και zeros	6
	3.3. Δημιουργία ημιτονικού – συνημιτονικού σήματος	7
	3.4. Οι εντολές lookfor και help	9
4.	Αναπαράσταση ψηφιακών σημάτων στη ΜΑΤLAB	9
5.	Υλοποίηση της άσκησης	10
	5.1. Δημιουργία των σημάτων	10
	5.2. Επεξεργασία των σημάτων	11
	5.3. Ανάλυση των σημάτων	11
6.	Παράδοση της εργασίας	12
7.	Σημαντικές παρατηρήσεις	12

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 1

«Διαχείριση και Δημιουργία Βασικών Σημάτων, Δειγματοληψία και Κβαντισμός»

1. Εισαγωγή

Έχει περάσει περισσότερο από ένας και μισός αιώνας από την υλοποίηση της πρώτης διάταξης καταγραφής και αναπαραγωγής ήχου, τον γνωστό φωνόγραφο, που κατασκεύασε ο T. A. Edison¹. Επίσης, είναι περισσότερο από μία δεκαετία που η κυκλοφορία ενός μόνο μουσικού έργου/κομματιού σε μία πλευρά ενός δίσκου βινυλίου, το γνωστό σε όλους «single», πρόσφερε, κυρίως, καλύτερη ποιότητα αναπαραγωγής του καταγεγραμμένου υλικού, λόγω της μεγαλύτερης προσφερόμενης επιφάνειας για την αναπαράσταση του ηχητικού υλικού. Πλέον, σχεδόν όλο το ηχητικό υλικό παράγεται, διάκεινται και αναπαράγεται σε ψηφιακά μέσα και μορφή. Έτσι, σημαντικό ρόλο στην ορθή ψηφιοποίηση των αναλογικών ηχητικού υλικού και αφετέρου η σωστή επιλογή των παραμέτρων ψηφιοποίησης.

Σκοπός της παρούσας εργαστηριακής άσκησης είναι η εξοικείωση με τις βασικές αρχές και διαδικασίες ψηφιοποίησης του ήχου, όπως δειγματοληψία και κβαντισμός, και με τα βασικά ψηφιακά σήματα – σήματα διακριτού χρόνου, όπως μοναδιαία κρουστική ακολουθία (συνάρτηση τραίνο), συνάρτηση ράμπα, ημιτονικό σήμα κ.α. Για τις ανάγκες της εργαστηριακής άσκησης θα χρησιμοποιηθούν ειδικό λογισμικό, συγκεκριμένα το περιβάλλον της MATLAB.

2. Βασικές αρχές και διαδικασίες ψηφιοποίησης αναλογικών σημάτων

Η βασική αντίθεση των ψηφιακών και των αναλογικών σημάτων μπορεί να συνοψισθεί με την βασική αρχή – αξίωμα της Ευκλείδειας γεωμετρίας, το σημείο. Έτσι, ενώ το σημείο της Ευκλείδειας γεωμετρίας δεν έχει διαστάσεις, τα πάντα στον ψηφιακό «κόσμο» είναι σαφώς ορισμένα και διακριτά. Συνεπώς, αντί για τα άπειρα ενδιάμεσα σημεία μεταξύ δύο άλλων, θα πρέπει να οριστούν συγκεκριμένα και πεπερασμένα σημεία για την ψηφιακή αποθήκευση - αναπαράσταση των σημάτων.

Η διαδικασία μετατροπής ενός αναλογικού σήματος σε ψηφιακό, με πεπερασμένο πλήθος σημείων, καλείται ψηφιοποίηση και μπορεί να λάβει χώρα τόσο για τις τιμές του σήματος ανά μονάδα χρόνου όσο και για τις τιμές του σήματος ανά μονάδα πλάτους. Η πρώτη διαδικασία καλείται δειγματοληψία και η δεύτερη κβαντισμός.

2.1. Δειγματοληψία – Διακριτοποίηση στο πεδίο του χρόνου

Ένα αναλογικό ηχητικό σήμα διαρκεί μεν κάποιο συγκεκριμένο χρόνο, αλλά λαμβάνει τιμές, για κάθε μία από τις άπειρες στιγμές που υπάρχουν μέσα σε αυτό το χρονικό διάστημα. Κατά τη διαδικασία της δειγματοληψίας το αρχικό αναλογικό σήμα μετατρέπεται σε σήμα διάκριτου χρόνου, το οποίο έχει συγκεκριμένες σε πλήθος τιμές/δείγματα μέσα σε οποιοδήποτε χρονικό παράθυρο, οι οποίες απέχουν ιδανικά μεταξύ τους ακριβώς τον ίδιο χρόνο (T_s). Στην περίπτωση αυτή προκύπτει το ερώτημα για το ποιό είναι το πλήθος των αναγκαίων δειγμάτων που θα πρέπει να υπάρχουν στο χρονικό παράθυρο του διάκριτου χρόνου ηχητικού σήματος έτσι ώστε να μπορεί να αναπαρασταθεί χωρίς σφάλμα σε σχέση με το αρχικό αναλογικό αναλογικό σήμα.

¹ Thomas Alva Edison, 11/02/1847 – 18/10/1931.

Την απάντηση σε αυτό το ερώτημα έδωσε ο Shannon² με το θεώρημα που είναι γνωστό στις μέρες μας ως θεώρημα των Shannon - Nyquist³ ή θεώρημα του Nyquist⁴. Σύμφωνα με το θεώρημα αυτό, ένα σήμα το οποίο δεν περιέχει συχνότητα μεγαλύτερη από f_{max} Hz μπορεί να αναπαρασταθεί με μία ακολουθία αριθμών/σημείων που απέχουν $(2f_{max})^{-1}$ δευτερόλεπτα μεταξύ τους (ή αντίστοιχα, η συχνότητα δειγματοληψίας θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση από το διπλάσιο της μέγιστης συχνότητας του αναλογικού σήματος που υπόκειται σε μετατροπή). Η σχέση της συχνότητας δειγματοληψίας με την μέγιστη συχνότητα του αναλογικού σήματος φαίνεται στην $fs \ge 2f_{max}$ (1:

$$f_s \ge 2f_{max} \tag{1}$$

όπου f_s η συχνότητα δειγματοληψίας και f_{max} η μέγιστη συχνότητα που περιέχεται στο αναλογικό σήμα υπό μετατροπή.

Στην Εικόνα 1 φαίνεται ένα αναλογικό ημιτονικό σήμα, συχνότητας f = 100 Hz, και το αντίστοιχο σήμα διάκριτου χρόνου, όπως αυτό προκύπτει με f_s ίση με την διπλάσια συχνότητα του και με f_s ίση με την συχνότητα του σήματος.



Εικόνα 1. Αναλογικό σήμα συχνότητας f = 100 Hz, το αντίστοιχο ψηφιακό σήμα με $f_s = 2 \times f$ και με $f_s = f$.

2.2. Κβαντισμός – διακριτοποίηση στο πεδίο του πλάτους

Το πρόβλημα με το μη πεπερασμένο πλήθος τιμών στο πεδίο του χρόνου συναντάται και στις τιμές του πλάτους των σημάτων. Έτσι, για ένα ημιτονικό σήμα όπου το πλάτος του μπορεί να πάρει τιμές από -1 έως +1, η τιμή του ενός δείγματος του στο χρόνο μπορεί να πάρει

² Claude Elwood Shannon, 30/4/1916 – 24/2/2001.

³ Harry Nyquist, 07/02/1889 – 04/04/1976.

⁴ Αν και η αρχική διατύπωση του θεωρήματος αποδίδεται στον Shannon, παραμένει άγνωστο το πώς αποδίδεται (και) τον Nyquist. Ωστόσο, πλέον είναι συνηθισμένη η ονομασία του θεωρήματος ως «θεώρημα Nyquist» και η ονομασία της ελάχιστης συχνότητας δειγματοληψίας ως «συχνότητα Nyquist».

οποιαδήποτε τιμή ανάμεσα στο -1 και το +1 (π.χ. 0.000000001 ή 0.000...0001). Η διαδικασία κατά την οποία η τιμή του πλάτος ενός σήματος αντιστοιχείται σε μία προκαθορισμένη τιμή πλάτους, δηλαδή η διακριτοποίηση του σήματος στο πεδίο του πλάτους, ονομάζεται κβαντισμός (quantization). Στην Εικόνα 2 εμφανίζεται ένα αναλογικό σήμα, συχνότητας f = 100 Hz, και τα αντίστοιχα κβαντισμένα σήματα με 21 και 11 αντίστοιχα προκαθορισμένες στάθμες (quantization steps) πλάτους.



Εικόνα 2. Το αναλογικό σήμα, συχνότητας f = 100 Hz, και τα αντίστοιχα κβαντισμένα σήματα με 21 και 11 προκαθορισμένες τιμές πλάτους.

Ο κβαντισμός είναι μία μή-γραμμική διαδικασία, η οποία περιγράφεται από την εξίσωση:

$S(nT_s)=Q[s_d(nT_s)]$

(2)

όπου ως s_d(nT_s) συμβολίζεται το σήμα διάκριτου χρόνου, όπως αυτό προκύπτει από τη δειγματοληψία και S(nT_s) είναι το τελικό ψηφιακό σήμα. Το σφάλμα κβαντισμού e είναι ένα σήμα διάκριτου χρόνου και ορίζεται ως η διαφορά του πλάτους του ψηφιακού σήματος και του σήματος διάκριτου χρόνου, δηλαδή:

e(nT_s)=Q[s_d(nT_s)] - s_d(nT_s)

(3)

Προφανώς υπάρχει άμεση σχέση του πλήθους των προκαθορισμένων σταθμών ενός κβαντιστή με το πλήθος των δυαδικών ψηφίων (bits) που πρέπει να χρησιμοποιηθούν για την αναπαράσταση των τιμών του ψηφιακού σήματος. Για παράδειγμα, εάν το πλήθος των δυαδικών ψηφίωνν που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση των τιμών του πλάτους του σήματος είναι 4, οι διάκριτες τιμές του πλάτους του σήματος μπορούν να είναι 2⁴ = 16,. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί πως πλέον υπάρχουν εξελιγμένες τεχνικές κβαντισμού και μετατροπής ψηφιακού σήματος σε αναλογικό, όπου ελαχιστοποιούν την επίδραση της διαδικασίας του σφάλματος κβαντισμού, όπως αυτό δίνεται από την εξίσωση 3.

3. Βασικές εντολές και τελεστές δημιουργίας ψηφιακών σημάτων στη MATLAB

Στο περιβάλλον της MATLAB είναι δυνατή η αναπαράσταση των τιμών ενός ψηφιακού σήματος ως στοιχεία ενός πίνακα, όπου το πλήθος των στοιχείων και η αντιστοιχία του με τον χρόνο μπορεί να καθορίσει την συχνότητα δειγματοληψίας. Άρα, πριν από την δημιουργία ενός ψηφιακού σήματος θα πρέπει να είναι γνωστό το πλήθος των δειγμάτων του ή κάποια σχέση που να εκφράζει το πλήθος των τιμών του σήματος ως συνάρτηση της διάρκειας του σήματος.

3.1. Δημιουργίες ακολουθιών και ο τελεστής «:»

Η ΜΑΤLAB προσφέρει μερικά εύχρηστα και χρήσιμα εργαλεία για την δημιουργία ακολουθιών τιμών. Ένα εξ' αυτών είναι ο τελεστής «:» (άνω – κάτω τελεία ή colon) ο οποίος χρησιμοποιείται για την παραγωγή μίας ακολουθίας τιμών με συγκεκριμένη σχέση μεταξύ των μελών της. Έτσι, για την δημιουργία μίας ακολουθίας τιμών από το 1 έως το 10, όπου οι τιμές να αυξάνουν κατά 0.5 (να έχουν βήμα 0.5), και την αποθήκευση της ακολουθίας αυτής σε μία μεταβλητή, θα πρέπει να γραφτεί:

>> x = 1 : 0.5 : 10;

Έτσι, θα δημιουργηθεί μια μεταβλητή, η *x,* η οποία θα έχει τιμές από το 1 έως το 10 με βήμα 0.5, δηλαδή:

 $1 \qquad 1.5 \quad 2 \qquad 2.5 \quad 3 \qquad 3.5 \quad 4 \qquad 4.5 \quad 5 \qquad 5.5 \quad ... \qquad ... \qquad 9.5 \quad 10$

Επίσης είναι δυνατή η δημιουργία μίας ακολουθίας τιμών με βήμα 1 παραλείποντας το ενδιάμεσο όρισμα, δηλαδή, και για την δημιουργία ακολουθίας από το 1 έως το 10 με βήμα 1:

>> x = 1 : 10;

3.2. Οι εντολές ones και zeros

Ένα ακόμα χρήσιμο «εργαλείο» για την δημιουργία σημάτων είναι και η εντολές ones() και zeros(). Με τις προαναφερθείσες εντολές μπορούν να δημιουργηθούν πίνακες οποιονδήποτε διαστάσεων με τα στοιχεία τους ίσα με 1 ή 0 (η αντιστοιχία είναι προφανής). Το όρισμα των εντολών είναι οι διαστάσεις του πίνακα ή η διάσταση του πίνακα εάν πρόκειται για τετραγωνικό πίνακα.

Συνεπώς, για την δημιουργία ενός σήματος *X* 10 σημείων, εκ των οποίων τα πρώτα 5 θα είναι ίσα με 1 και τα υπόλοιπα με 0, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι εντολές:

```
>> x = ones(1, 5);
>> y = zeros(1, 5);
>> X = [x y];
```

Το παραγόμενο σήμα είναι στην Εικόνα 3.



Εικόνα 3. Σήμα 10 δειγμάτων, με τα πρώτα 5 δείγματα να έχουν τιμή 1 και τα υπόλοιπα τιμή 0.

Επίσης, για την δημιουργία ενός σήματος *X* όπου οι τιμές των δειγμάτων του θα αυξάνουν ανά ένα και θα έχει 100 δείγματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι εξής εντολές:

```
>> x = 0 : 99;
>> y = ones(1, 100);
>> X = x .* y;
```

Το παραγόμενο σήμα ονομάζεται συνάρτηση ράμπα (ramp) και η μορφή του δίνεται στην Εικόνα 4.



Εικόνα 4. Γραφική αναπαράσταση σήματος τύπου ράμπας (ramp).

3.3. Δημιουργία ημιτονικού – συνημιτονικού σήματος

Στο περιβάλλον της MATLAB είναι δυνατή η δημιουργία ημιτονικών και συνημιτονικών σημάτων με τις εντολές sin() και cos() αντίστοιχα. Τα ορίσματα των γωνιών θα πρέπει να είναι σε

ακτίνια (rads) και όχι σε μοίρες. Υπάρχουν όμως δύο ιδιαιτερότητες στην χρήση των εντολών αυτών. Η πρώτη, και η βασικότερη, είναι ότι λόγω του ορίσματος της γωνίας σε ακτίνια, για την δημιουργία ενός σήματος συχνότητας 100 Hz θα πρέπει να ορισθεί η γωνία ως 2π x 100 (και όχι 100). Συνέπεια αυτού είναι ότι η αντίστοιχη συχνότητα δειγματοληψίας θα πρέπει να είναι, τουλάχιστον, 2 x (2π x 100) και όχι 2 x 100. Έτσι, για την δημιουργία ενός σήματος 10 Hz και διάρκειας 1 sec, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι εξής εντολές:

>> f = 10; >> fs = 2 * (2 * pi * f); >> t = 0 : 1/fs : 1 - (1/fs); >> x = sin(2 .* pi .* f .* t);

Για την γραφική αναπαράσταση μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιαδήποτε εντολή σχεδίασης του MATLAB (plot, stem, bars κτλ). Εάν δεν είχε ληφθεί υπόψη η προαναφερθείσα ιδιαιτερότητα του MATLAB και είχαν χρησιμοποιηθεί οι εντολές:

>> f = 10; >> fs = 2 * f; >> t = 0 : 1/fs : 1 - (1/fs); >> x = sin(f .* t);

τότε το αποτέλεσμα θα ήταν λάθος. Στην Εικόνα 5 φαίνεται ένα σήμα 10 Hz και διάρκειας 1 sec με την σωστή χρήση των ορισμάτων και ένα σήμα με τις ίδιες παραμέτρους αλλά λάθος χρήση των ορισμάτων της εντολής sin(), και στην Εικόνα 6 φαίνεται ένα σήμα συχνότητας 10 Hz και διάρκειας 1 sec με λάθος ορισμό της συχνότητας δειγματοληψίας.



Εικόνα 5. Γραφική αναπαράσταση σημάτων με σωστή και λάθος χρήση των ορισμάτων της εντολής sin ().



Εικόνα 6. Γραφική αναπαράσταση σημάτων με ορθό και λάθος ορισμό της συχνότητας δειγματοληψίας.

Η εντολή cos() συντάσσεται ακριβώς όπως και η εντολή sin(). Η μόνη «διαφορά» είναι ότι παράγει συνημιτονικά σήματα (που μπορούν να θεωρηθούν ημιτονικά με φάση 90°).

3.4. Oi evtoléç lookfor kai help

Ένα ακόμα αρκετά πολύ χρήσιμο εργαλείο της MATLAB είναι οι εντολές lookfor και help. Όπως δηλώνει και το όνομά τους, η πρώτη αφορά την αναζήτηση εντολών του MATLAB σχετικά με ένα θέμα/έννοια και η δεύτερη παρέχει βοήθεια σχετικά με κάποια εντολή. Έτσι, εάν κανείς θέλει να μάθει τι και ποιες εντολές παρέχει η MATLAB για σχεδίαση (plot ή draw στα αγγλικά) μπορεί να πληκτρολογήσει:

>> lookfor plot $\qquad \dot{\eta} \qquad$ >> lookfor draw

Στην λίστα εντολών που θα παρουσιάσει ως αποτέλεσμα το MATLAB υπάρχουν όλες οι σχετικές εντολές με το όρισμα της εντολής lookfor, που στην περίπτωση αυτή ήταν το plot ή το draw. Επίσης, εάν υποτεθεί πως η επιθυμητή εντολή είναι η plot, μπορεί κανείς να δει πως συντάσσεται και τι ορίσματα δέχεται γράφοντας:

>> help plot

4. Αναπαράσταση ψηφιακών σημάτων στη ΜΑΤLAB

Η ΜΑΤLAB είναι ένα λογισμικό για ψηφιακούς ηλεκτρονικούς υπολογιστές και έτσι, εξ' ορισμού, ό,τι σήμα δημιουργείται σε αυτό το λογισμικό είναι ψηφιακό. Όμως, το λογισμικό αυτό, παρέχει εντολές σχεδίασης που μπορούν να προσομοιώσουν αναλογικά σήματα όσο αφορά την γραφική αναπαράσταση και μόνο. Έτσι, με την εντολή plot, δεν σχεδιάζονται μόνο οι τιμές κάποιον δειγμάτων αλλά, και εφόσον οι τιμές αυτές είναι περισσότερες της μίας, ενώνονται με μία συνεχόμενη γραμμή. Σε αντίθεση με την εντολή plot, η εντολή stem δεν σχεδιάζει τις τιμές ως σημεία μίας συνεχόμενης γραμμής αλλά ως σημεία πάνω στο επίπεδο των δύο αξόνων σχεδίασης.

Συνεπώς, αν και όλα τα σήματα που δημιουργούνται μέσα στη MATLAB είναι ψηφιακά, εντούτοις είναι δυνατόν να αναπαρασταθούν, ως αναλογικά για τις ανάγκες της παρουσίασης ιδιοτήτων

τους. Στην Εικόνα 7 είναι δύο γραφικές αναπαραστάσεις ενός σήματος με τρεις τιμές (0, 1 και 0) με την χρήση της εντολής plot και της εντολής stem.



Εικόνα 7. Η διαφορά της γραφικής αναπαράστασης με την χρήση της εντολής plot και της εντολής stem.

5. Υλοποίηση της άσκησης

Η υλοποίηση της εργαστηριακής άσκησης αποτελείται από τρία στάδια, ήτοι:

- 1. Δημιουργία σημάτων, που αφορά στην δημιουργία συγκεκριμένων ψηφιακών σημάτων μέσω του περιβάλλοντος MATLAB
- Επεξεργασία σημάτων, όπου αφορά στην αλληλεπίδραση των δημιουργημένων σημάτων ή/και την σύνθεση νέων εξ' αυτών
- Ανάλυση σημάτων, όπου αφορά στην ανάλυση της επίδρασης της επεξεργασίας των σημάτων.

5.1. Δημιουργία των σημάτων

Για τις ανάγκες της παρούσας εργαστηριακής άσκησης θα δημιουργηθούν τρία σήματα διακριτού χρόνου.

- Ένα σήμα διάρκειας ενός λεπτού όπου θα έχει τιμή ίση με το μηδέν (0) από την αρχή του και για 20 δευτερόλεπτα, στη συνέχεια τα δείγματά του θα έχουν την τιμή 1 για 30 δευτερόλεπτα και στη συνέχεια θα γίνεται πάλι μηδέν η τιμή των δειγμάτων
- Ένα σήμα διάρκειας ενός λεπτού, όπου η τιμή των δειγμάτων του θα αρχίζει από το μηδέν και θα αυξάνεται σταδιακά με σταθερό βήμα έως και την τιμή 1
- 3. Ένα ημιτονικό σήμα συχνότητα 100 Hz και διάρκειας 1 λεπτού.

Για την επιτυχή έκβαση της επεξεργασίας των σημάτων, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή αφενός στο πλήθος των δειγμάτων των σημάτων και αφετέρου στην ορθή επιλογή και ορισμό της συχνότητας δειγματοληψίας του ημιτονικού σήματος.

5.2. Επεξεργασία των σημάτων

Για την επεξεργασία των σημάτων θα πρέπει δημιουργηθούν τέσσερα νέα σήματα τα οποία θα είναι:

- 1. Πολλαπλασιασμός στοιχείου προς στοιχείου του σήματος 1 με το σήμα 3.
- 2. Πολλαπλασιασμός στοιχείου προς στοιχείου του σήματος 2 με το σήμα 3.
- 3. Το σήμα 3 με συχνότητα δειγματοληψίας ίση με 100 Hz
- 4. Το σήμα 3 με 11 διακριτές στάθμες κβαντισμού.

Για την δημιουργία των 11 διακριτών σταθμών πλάτους, θα πρέπει να δοθεί η εξής εντολή στο MATLAB:

```
>> X[i] = ( round ( (x[i]*10) / 2) ) / 10;
```

Όπου X[i] είναι μία τιμή του τελικού σήματος και x[i] είναι η αντίστοιχη τιμή του αρχικού σήματος.

5.3. Ανάλυση των σημάτων

Κατόπιν της επεξεργασίας, θα πρέπει να αναζητηθεί η επήρεια στο πλάτος, την διάρκεια και στο συχνοτικό περιεχόμενο του σήματος. Το σήμα το οποίο θα μελετηθεί είναι το ημιτονικό σήμα και τα παράγωγα αυτού, κατόπιν της επεξεργασίας του. Η επήρεια στο πλάτος και την διάρκεια θα μελετηθεί με την δημιουργία κατάλληλων γραφικών αναπαραστάσεων του σήματος, κάνοντας χρήση των εντολών plot και stem. Η επήρεια στο συχνοτικό περιεχόμενο θα αναζητηθεί με την εντολή CalculateSpectrum, η οποία επιστρέφει δύο διανύσματα/πίνακες, έναν με τις τιμές των συχνοτήτων του σήματος και έναν με τις αντίστοιχες τιμές του πλάτους των συχνοτήτων.

Για την χρήση της εντολής CalculateSpectrum θα πρέπει να εισαχθούν στην ΜΑΤLAB τα κατάλληλα αρχεία. Εφόσον ελεγχθεί ότι δεν υπάρχει ήδη μέσα στη ΜΑΤLAB η προαναφερθείσα εντολή (με το να «κληθεί»), θα πρέπει:

- Να μεταφορτωθεί το συμπιεσμένο αρχείο που περιέχει τον κώδικα της εντολής από το eclass
- Να αποσυμπιεστεί το αρχείο τύπου .zip με τα αρχεία της εντολής
- Να εισαχθούν τα αρχεία στη MATLAB επιλέγοντας: File->Set Path... ->Add With Subfolders και στη συνέχεια επιλέξτε το φάκελο στον οποίο κάνατε την αποσυμπίεση. Στο τέλος, μην ξεχάσετε στο παράθυρο Set Path να πατήσετε το κουμπί Save για την αποθήκευση του τροποποιημένου πλέον Path.

Η σύνταξη της εντολής CalculateSpectrum έχει ως εξής:

>> [P,f]=CalculateSpectrum(Signal);

όπου:

Signal είναι το προς ανάλυση σήμα,

f είναι ο πίνακας/διάνυσμα με τις τιμές των συχνοτήτων και

P είναι ο πίνακας/διάνυσμα με τις αντίστοιχες, ως προς τις συχνότητες, τιμές του πλάτους των συχνοτήτων.

Τα παραγόμενα σήματα μπορείτε να τα ακούσετε κάνοντας χρήση της εντολής sound. Η σύνταξη της εντολής μπορεί να αναζητηθεί κάνοντας χρήση της εντολής help.

6. Παράδοση της εργασίας

Παραδοτέο της συγκεκριμένης άσκησης αποτελεί αναφορά σε ηλεκτρονική μορφή (τύπου .doc ή .pdf), στην οποία απαραιτήτως θα περιλαμβάνονται οι παρακάτω ενότητες:

- 1. Εξώφυλλο με τα στοιχεία της εργασίας, τα προσωπικά σας στοιχεία (ονοματεπώνυμο, έτος σπουδών και αριθμός μητρώου) και η ομάδα / ημερομηνία εκτέλεσης της άσκησης.
- 2. Ενότητα «Εισαγωγή» στην οποία θα εξηγείτε επιγραμματικά τους στόχους της άσκησης.
- 3. Ενότητα «Θεωρία» στην οποία θα αναπτύσσετε το θεωρητικό υπόβαθρο των αποτελεσμάτων της επεξεργασίας και της ανάλυσής σας.
- 4. Ενότητα «Υλοποίηση της άσκησης», στην οποία θα περιγράφετε τη διαδικασία εκτέλεσης της άσκησης που πραγματοποιήσατε.
- 5. Ενότητα «Αποτελέσματα» στην οποία θα δίνετε τα ζητούμενα από την άσκηση αποτελέσματα υπό μορφή πινάκων ή / και διαγραμμάτων συχνότητας ή / και διαγραμμάτων χρόνου.
- Ενότητα «Συμπεράσματα» στην οποία θα συνοψίζετε σε μία-δύο παραγράφους τις εργασίες που εκτελέσατε και θα ερμηνεύετε ποιοτικά και ποσοτικά τα αποτελέσματα που λάβατε.

Η κατάθεση της ηλεκτρονικής αναφοράς θα γίνει ηλεκτρονικά μέσω του e-class. Η προθεσμία υποβολής είναι αυστηρή και ορίζεται ως μία εβδομάδα μετά την εκτέλεση της άσκησης στο εργαστήριο. Υπενθυμίζεται ότι η εργασία είναι <u>ατομική</u>.

7. Σημαντικές παρατηρήσεις

- Δεδομένου ότι τα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν για την εκτέλεση της εργαστηριακής άσκησης είναι καθορισμένα, παρακαλούνται οι συμμετέχοντες να προσέλθουν χωρίς καθυστέρηση την προβλεπόμενη ώρα, καθώς θα είναι αδύνατη η προς τα πίσω εξήγηση, η ερμηνεία επιμέρους λεπτομερειών και η παροχή πρόσθετων διευκρινίσεων.
- Για την εκτέλεση της άσκησης στις συνθήκες του εργαστηρίου, απαραίτητη κρίνεται η χρήση ακουστικών. Για το λόγο αυτό παρακαλούνται όλοι οι φοιτητές να φέρουν μαζί τους το προσωπικό τους ζευγάρι ακουστικών.