

Τ.Ε.Ι. ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ:

**Σύστημα εγγραφής-επεξεργασίας-αναπαραγωγής
υπερήχων μέσω της κάρτας λήψης δεδομένων
DAQCard-6062E.**

**Καλαθάς Πάρης
Α.Μ. 610**

**ΥΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΒΛΕΨΗ ΤΟΥ ΚΑΘΗΓΗΤΗ:
Δρ. Σπύρου Κουζούπη**

ΡΕΘΥΜΝΟ 2008

Ευχαριστίες

Η εργασία αυτή εκπονήθηκε στο «Τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής» και στο εργαστήριο ανοσολογίας του «Τμήματος Βιολογίας» του Πανεπιστημίου Κρήτης, υπό την επίβλεψη του Δρ. Κουζούπη Σπύρου.

Ευχαριστίες θα ήθελα να δώσω στους:

Δρ.Κουζούπη Σπύρο, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και τη βοήθεια κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της πτυχιακής αυτής.

Καθηγήτρια κ.Αθανασάκη Ειρήνη, για την συνεργασία και την φιλοξενία της στο εργαστήριο ανοσολογίας.

Ανδρέα Νεοκλέους, συμφοιτητή μου στο τμήμα «Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής», για την πολύτιμη βοήθεια και συμπαράσταση.

Τέλος σε όλους εκείνους που με εμπιστεύτηκαν και με στήριξαν άμεσα ή έμμεσα.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	1
2. Το LabVIEW και η κάρτα DAQCard-6062E της National Instruments.....	4
2.1. Πρόγραμμα εγγραφής ήχου μέσω κάρτας υπολογιστή, Επιφάνεια ελέγχου (Front panel).....	5
2.2. Πρόγραμμα εγγραφής ήχου μέσω κάρτας υπολογιστή, Επιφάνεια εργασίας (Block diagram).....	7
2.3. Πρόγραμμα αναπαραγωγής ήχου μέσω κάρτας υπολογιστή, Επιφάνεια ελέγχου (Front panel).....	9
2.4. Πρόγραμμα αναπαραγωγής ήχου μέσω κάρτας υπολογιστή, Επιφάνεια εργασίας (Block diagram).....	10
2.5) Πρόγραμμα εγγραφής υπερήχων.....	11
2.6) Πρόγραμμα επεξεργασίας υπερήχων.....	13
2.7) Πρόγραμμα αναπαραγωγής υπερήχων.....	17
3. Το σύστημα ηχογράφησης της Avisoft Bioacoustics.....	19
3.1) Μικρόφωνο.....	19
3.2) Προενισχυτής (UltraSoundGate).....	21
3.3) Ενισχυτής.....	22
3.4) Ηχείο.....	23
3.5) Το SASLab.....	24
3.5.1) Το SASLab Recorder USG.....	24
3.5.2) Το SASLab Pro.....	28
4. Ανακεφαλαίωση και Αποτελέσματα.....	33
4.1) Επισκόπηση συστήματος.....	33
4.2) Επισκόπηση προγραμμάτων.....	34
5. Βιβλιογραφία.....	35

Σύστημα εγγραφής-επεξεργασίας-αναπαραγωγής υπερήχων μέσω της κάρτας λήψης δεδομένων DAQCard-6062E.

Περίληψη

Στην εργασία αυτή θα καταπιαστούμε με εφαρμογές μέσω του προγράμματος LABView, το οποίο είναι μία γραφική γλώσσα προγραμματισμού από την National Instruments (NI), για τη λήψη και την επεξεργασία δεδομένων από συσκευές μέτρησης. Συνεργάζεται με κάρτες διαφόρων εταιρειών αλλά και της ίδιας της εταιρίας (NI) όπως είναι η DAQcard-6062E την οποία διαθέτει το τμήμα μας. Μέσα από αυτή την εργασία θα αναπτυχθούν προγράμματα που θα ελέγχουν την κάρτα έτσι ώστε να μπορεί να δέχεται και να αναπαράγει υπέρηχους με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή καθώς επίσης και προγράμματα για την μετέπειτα επεξεργασία τους.

Πιο αναλυτικά θα υλοποιηθεί πρόγραμμα που θα μπορεί να φιλτράρει τους ήχους για να μπορούμε να εξάγουμε τις συχνότητες που επιθυμούμε καθώς επίσης και να μπορούμε να ενισχύσουμε ή να ελαττώσουμε την ένταση τους.

Επίσης θα γίνεται μετασχηματισμός των ήχων αυτών έτσι ώστε να βλέπουμε τις συχνότητες που εμπεριέχονται στους ήχους αυτούς και σε συνεργασία με το πρόγραμμα SASlab Pro της AVISOFT Bioacoustics, το οποίο συνεργάζεται με την κάρτα UltraSoundGate 416 της ίδιας εταιρίας η οποία χρησιμοποιείται για την εγγραφή των ήχων. Θα δημιουργήσουμε ένα πλήρες σύστημα, βασισμένο σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, εγγραφής, επεξεργασίας και αναπαραγωγής υπερήχων.

1. Εισαγωγή.

Ο τομέας της ψηφιακής επεξεργασίας σημάτων έχει σημειώσει ραγδαία ανάπτυξη τις τελευταίες δεκαετίες καθώς επιτρέπει την ανάλυση και την κατανόηση φαινομένων, τα οποία μέχρι τότε ήταν αντικείμενα επιστημονικής φαντασίας. Μέσα από τέτοιου είδους επεξεργασίες δύναται η οπτική απεικόνιση ήχων, συνδυασμών εικόνων για τη δημιουργία σύνθετων τοπίων καθώς επίσης ανάλυση των φασμάτων ήχου και εικόνας και εξαγωγή των επιθυμητών στοιχείων και απόρριψη των ανεπιθύμητων. Είναι άξιο προσοχής το γεγονός ότι η τεχνολογία αυτή έχει εισβάλει σε όλους σχεδόν τους τομείς της σύγχρονης ζωής όπως για παράδειγμα, τηλεπικοινωνίες, ιατρική, αυτοκινητοβιομηχανία με αποτέλεσμα να γίνει απαραίτητη για τον άνθρωπο του 21^{ου} αιώνα.

Η ραγδαία αυτή ανάπτυξη ώθησε στην αναζήτηση νέων συστημάτων που επιτρέπει τέτοιες επεξεργασίες και η εισαγωγή των ηλεκτρονικών υπολογιστών ήταν αναπόφευκτη. Οι εταιρείες κατασκευής επεξεργαστών με τη μακροχρόνια διατριβή τους έδωσαν τα απαραίτητα εφόδια στην επιστήμη αυτή να αναπτυχθεί έτσι ώστε σήμερα οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές να μπορούν να αντεπεξέλθουν στις πλείστες ανάγκες του καθημερινού ανθρώπου ενώ με την πάροδο του χρόνου θέτουν νέα όρια στις δυνατότητες τους.

Η εργασία αυτή περιστρέφεται γύρω από την λήψη στοιχείων, διαμέσου κάποιων συστημάτων, και την επεξεργασία τους μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή. Στην ουσία δηλαδή, αυτό το οποίο επιτυγχάνεται είναι μία δειγματοληψία του πραγματικού κόσμου με κύριο στόχο να τοποθετηθούν κάποια όρια μέσα από τα οποία θα υπάρχει πλήρης έλεγχος και στη συνέχεια να γίνει επεξεργασία των δεδομένων αυτών.

Τα συστατικά των συστημάτων αυτών περιλαμβάνουν τους κατάλληλους αισθητήρες, οι οποίοι μετατρέπουν οποιαδήποτε παράμετρο μέτρησης σε ένα ηλεκτρικό σήμα, το οποίο εισάγεται στον υπολογιστή. Τα δεδομένα αυτά στη συνέχεια προβάλλονται, αναλύονται, επεξεργάζονται και αποθηκεύονται μέσω του υπολογιστή με εφαρμογές που υλοποιούνται χρησιμοποιώντας τις διάφορες γλώσσες προγραμματισμού γενικού σκοπού. Τέτοιες γλώσσες είναι οι **BASIC, C, Fortran, Java, Lisp, Pascal** ή και γλώσσες οι οποίες αναπτύχθηκαν για τους σκοπούς αυτούς όπως **EPICS**, οι οποίες χρησιμοποιούνται για να χτίσουν τα συστήματα λήψης

δεδομένων για μεγάλες κλίμακες, **LabVIEW**, το οποίο προσφέρει ένα γραφικό περιβάλλον προγραμματισμού που βελτιστοποιείται για την λήψη δεδομένων, και **MATLAB**, το οποίο παρέχει μια γλώσσα προγραμματισμού αλλά και ενσωματωμένα γραφικά εργαλεία και βιβλιοθήκες για λήψη και ανάλυση δεδομένων, [1].

Στα επόμενα κεφάλαια κύριο θέμα θα είναι ο τρόπος εισαγωγής υπερήχων στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, η επεξεργασία του και τέλος την αναπαραγωγή του.

Τα μηχανήματα και τα προγράμματα τα οποία είναι διαθέσιμα για την υλοποίηση του συστήματος αυτού είναι:

- 1) Η κάρτα DAQcard-6062E της εταιρίας National Instruments (NI).
- 2) Η γλώσσα προγραμματισμού LabVIEW.
- 3) Το σύστημα ηχογράφησης της Avisoft Bioacoustics.
- 4) Τη σουίτα SASLab της ίδιας εταιρίας.

Η επεξεργασία, η οποία θα αναλυθεί για τα σήματα αυτά είναι ο μετασχηματισμός τους. Αυτό το οποίο επιδιώκεται είναι η απεικόνιση των γραφικών αυτών σημάτων ως συχνότητες και η ανάλογη ένταση τους στο πεδίο του χρόνου καθώς και το φιλτράρισμα των σημάτων αυτών έτσι ώστε να απομονωθούν οι συχνότητες που ενδιαφέρουν.

Ο μετασχηματισμός των σημάτων γίνεται με σειρές Fourier, από τον Γάλλο Jean Baptiste Joseph Fourier ο οποίος απέδειξε ότι η κάθε σύνθετη συνάρτηση μπορεί να αναλυθεί σε ένα άθροισμα πολλών συναρτήσεων απλών συχνοτήτων, [2], [3], [4]. Ο μετασχηματισμός αυτός μετακινείται από το πεδίο του χρόνου στο πεδίο των συχνοτήτων με αποτέλεσμα να είναι δυνατόν να γίνουν αντιληπτές οι συχνότητες που λαμβάνουν μέρος σε ένα σήμα και κατ'επέκταση την διαμόρφωση τους και την αλληλεπίδραση σημάτων στο συχνοτικό πεδίο (Συνέλιξη), [2], [3].

Μία εξίσου σημαντική επεξεργασία η οποία θα ζητηθεί είναι η εφαρμογή φίλτρων στους ήχους με στόχο την ενίσχυση κάποιων περιοχών των συχνοτήτων, οι οποίες θα έχουν μειωμένη ένταση λόγω των συχνοτικών ανωμαλιών των μηχανημάτων.

Τα ψηφιακά φίλτρα, τα οποία θα αποτελέσουν αντικείμενο συζήτησης έχουν το πλεονέκτημα έναντι των αναλογικών ότι μπορούν να δράσουν ακόμη και σε πολύ στενές μπάντες συχνοτήτων με μεγάλη ακρίβεια. Επίσης ακόμη ένα πλεονέκτημα των ψηφιακών φίλτρων είναι ότι υπάρχει η πιθανότητα επίτευξη ιδανικών φίλτρων με

κατακόρυφη απόκριση και επίσης δίνεται η ευκαιρία υπολογισμού τυχόν σφαλμάτων που προκύπτουν όπως διαφορές φάσεων και να τα εξαλείψουμε.

Η δύο κατηγορίες ψηφιακών φίλτρων είναι τα FIR (Finite Impulse Response) και τα IIR (Infinite Impulse Response) φίλτρα οι οποίες χρησιμοποιούνται ανάλογα με τη περίπτωση.

Τα FIR φίλτρα είναι φίλτρα με γραμμική απόκριση φάσης, όπως θα αναφερθεί και σε άλλα κεφάλαια, και αυτό είναι και το μεγάλο τους πλεονέκτημα έναντι των IIR φίλτρων. Το μειονέκτημα των φίλτρων αυτών είναι ότι για να πετύχουν τα επιθυμητά αποτελέσματα χρειάζονται μεγαλύτερης τάξης φίλτρα οπότε και πιο πολλούς πόρους από το σύστημα για τον λόγο αυτό η εφαρμογή τους σε πραγματικού χρόνου εφαρμογές (Real-time) είναι δύσκολη, [2].

Τα IIR φίλτρα δεν έχουν γραμμική απόκριση φάσης αλλά μπορούν με πιο χαμηλής τάξης φίλτρα να πετύχουν πολύ καλά αποτελέσματα για το λόγο αυτό επινοήθηκε μια τεχνική που δημιουργεί γραμμική διαφορά φάσης για τα φίλτρα αυτά και η οποία βασίζεται του φιλτραρίσματος του σήματος και στην ευθεία του κατάσταση αλλά και αντεστραμμένο (Bidirectional Filtering) με αποτέλεσμα προσθέτοντας τα σήματα που προκύπτουν να δημιουργείται γραμμική απόκριση φάσης, [5].

Στην εργασία αυτή θα χρησιμοποιηθούν FIR φίλτρα λόγο του ότι η επεξεργασία δεν θα γίνει σε πραγματικό χρόνο και το επίσης επειδή το ενδιαφέρον είναι στην ποιότητα όσο αφορά φασικές διαφορές λόγο του πολύ μικρού μήκους κύματος των ήχων όπου τέτοιες διαφορές φάσης είναι πολύ σημαντικές.

2. Το LabVIEW και η κάρτα DAQCard-6062E της National Instruments.

Το LabVIEW (**L**aboratory **V**irtual **I**nstrument **E**ngineering **W**orkbench) είναι ένα περιβάλλον ανάπτυξης προγραμμάτων που βασίζεται στον γραφικό προγραμματισμό της γλώσσας G. Έχει δυνατότητα επικοινωνίας με μηχανήματα και κάρτες σαν και αυτή που διαθέτει το τμήμα για συλλογή δεδομένων και επεξεργασία. Διαθέτει επίσης βιβλιοθήκες και έτοιμα προγράμματα για γρήγορη ανάπτυξη εφαρμογών, [6].

Λόγω της γραφικής του μορφής είναι αρκετά φιλικό προς τον χρήστη και η οποιαδήποτε εφαρμογή μπορεί να υλοποιηθεί πολύ γρήγορα. Επίσης είναι αρκετά αξιόπιστο, λειτουργικό και ευέλικτο και για το λόγο αυτό έχει γίνει εισαγωγή του σε πανεπιστήμια στο εξωτερικό όπου οι φοιτητές υλοποιούν προγράμματα λήψης δεδομένων όπως θερμοκρασία, ηλεκτρισμό, βαρύτητας καθώς επίσης επεξεργασία εικόνων, μελέτης ηχητικών κυμάτων και άλλα πολλά.

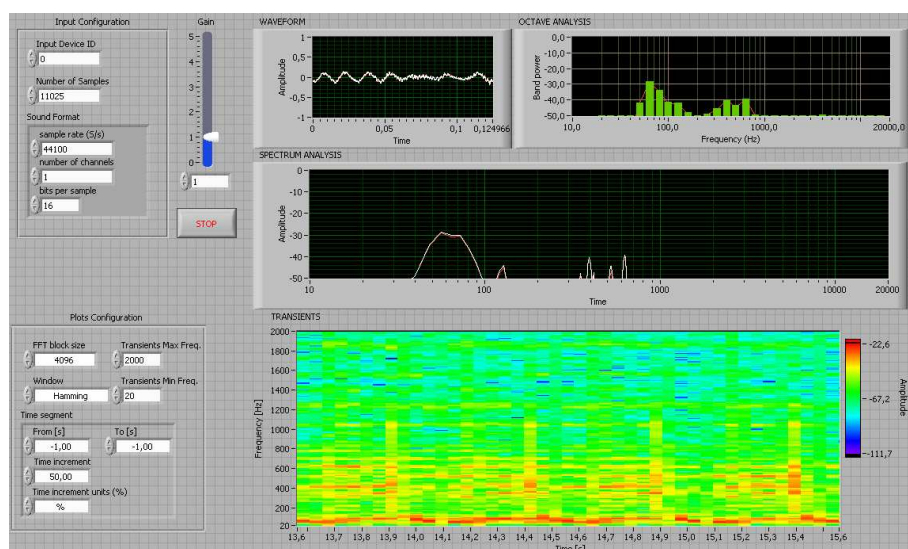
Στην εργασία αυτή στο επίκεντρο βρίσκονται προγράμματα που αφορούν την λήψη, επεξεργασία και αναπαραγωγή ήχου. Για τον σκοπό η έκδοση του LabVIEW που είναι διαθέσιμη έχει εμπλουτιστεί με μία επιπρόσθετη εργαλειοθήκη για επεξεργασία ήχου και δονήσεων (Sound and Vibration Toolkit) τα οποία παρέχουν τα απαραίτητα εργαλεία.

Η κάρτα DAQCard-6062E, της οποίας τα αναλυτικά χαρακτηριστικά δίνονται στο παράρτημα, είναι μία κάρτα η οποία επικοινωνεί με τον υπολογιστή μέσω θύρας PCMCIA και έτσι έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να συνδεθεί ακόμη και με φορητό υπολογιστή και όλο το σύστημα να μπορεί να μεταφέρεται οπουδήποτε. Επιπλέον δύναται να εκπέμπει με μεγάλες δειγματοληψίες μέχρι και 500KHz και έτσι σύμφωνα και με το θεώρημα 'Nyquist-Shannon', [5] υπάρχει πιθανότητα λήψης και αναπαραγωγής σημάτων συχνότητας μέχρι και 250KHz.

2.1 Πρόγραμμα εγγραφής ήχου μέσω κάρτας υπολογιστή, Επιφάνεια ελέγχου «Front panel».

Με στόχο να δοθεί μια μία πρώτη εικόνα για το πρόγραμμα θα υλοποιηθεί μία εφαρμογή η οποία θα δέχεται ήχο από την κάρτα του ηλεκτρονικού μας υπολογιστή και θα τον αποθηκεύει σε αρχείο ήχου.

Στο Σχήμα 1 απεικονίζεται η επιφάνεια ελέγχου του προγράμματος , ή αλλιώς «Front panel» όπως είναι η ονομασία της στο LabVIEW, στην οποία τοποθετούνται τα αντικείμενα που θα είναι ορατά στον χρήστη και διαμορφώνονται με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι λειτουργική η χρήση τους. Τα αντικείμενα που είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για τον σκοπό αυτό εμφανίζονται πατώντας το δεξί πλήκτρο του ποντικιού ή μέσω της επιλογής View/Controls palette.



Σχήμα 1. Πρόγραμμα εγγραφής, Επιφάνεια ελέγχου «Front panel».

Όπως μπορούμε να διακρίνουμε αριστερά υπάρχουν οι ρυθμίσεις για την είσοδο από την κάρτα, η ενίσχυση που μπορεί να δοθεί αν το σήμα είναι χαμηλό και ο αριθμός των δειγμάτων για τη μνήμη καθώς και η δειγματοληψία, τα κανάλια και τα Bits κωδικοποίησης.

Ο αριθμός των δειγμάτων ορίζει τη μνήμη που δεσμεύει το πρόγραμμα σε αναλογία με την επεξεργαστική ισχύ του υπολογιστή μας οπότε ένας μεγάλος αριθμός μπορεί να προκαλέσει δέσμευση όλης της μνήμης του συστήματος ενώ αντιθέτως ένας μικρός αριθμός να φέρει τον επεξεργαστή στα όρια του. Οι υπόλοιπες ρυθμίσεις

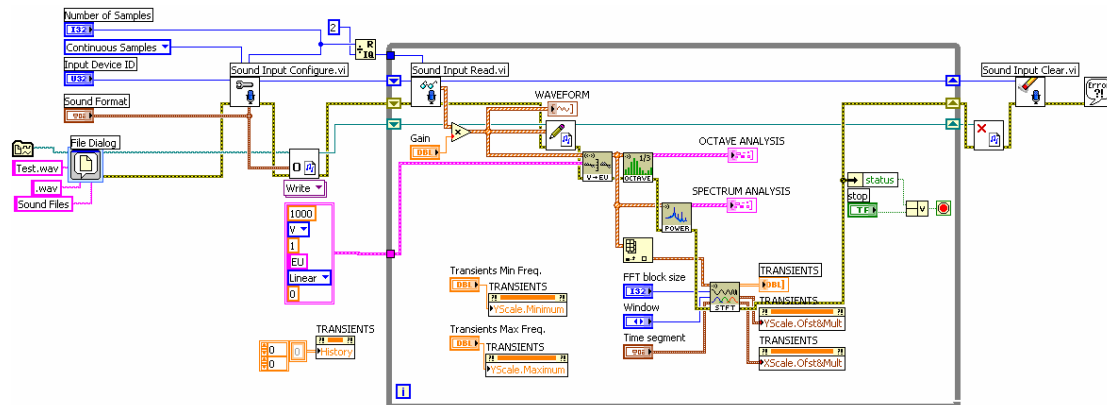
σε αυτό το κομμάτι είναι άμεσα συνδεδεμένες με την κάρτα ήχου που χρησιμοποιείται και τα όρια τίθενται από εκεί.

Στο κομμάτι του προγράμματος κάτω δεξιά βρίσκονται οι ρυθμίσεις για τα φάσματα συχνοτήτων όπου εδώ χρήζει άξιο προσοχής ότι η ρύθμιση «FFT block size» ορίζει το μέγεθος του παραθύρου που θα γίνεται η επεξεργασία και όσο πιο μεγάλο είναι τόσο καλύτερη συχνοτική ανάλυση δίνεται σε αντίθεση με τη χρονική ανάλυση ενώ η ρύθμιση «Time increment» ορίζει την αλληλοεπικάλυψη (overlap) των παραθύρων αυτών και οι όσο πιο μικρή είναι τόσο μεγαλύτερη είναι οπότε και καλύτερη χρονική ανάλυση.

Οι ρυθμίσεις «Transients max και min freq» ορίζουν τις τιμές στο αντίστοιχο φασματογράφημα και λειτουργούν σαν μεγέθυνση σε αυτό. Οι ρυθμίσεις «From και To» αφορούν το μέγεθος του χρόνου στο αρχείο που θα γίνει η ανάλυση και η τιμή -1 ορίζουν ότι θα γίνει σε όλο το αρχείο. Η ρύθμιση «Window» ορίζει το παράθυρο που θα χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση.

Στα δεξιά της οθόνης υπάρχουν οι γραφικές παραστάσεις και τα φάσματα συχνοτήτων. Πρώτη είναι η αναπαράσταση της έντασης (Waveform) σε συνάρτηση με τον χρόνο της οποίας οι τιμές είναι κωδικοποιημένες από μηδέν μέχρι ένα. Μετά είναι η παράσταση της τριτοκταβικής ανάλυσης (Octave analysis), του συχνοτικού φάσματος (Spectrum analysis) καθώς και της ανάλυσης της συχνοτικής περιβάλλουσας (Transients analysis).

2.2. Πρόγραμμα εγγραφής ήχου μέσω κάρτας υπολογιστή, Επιφάνεια εργασίας «Block diagram».



Σχήμα 2. Πρόγραμμα εγγραφής, Επιφάνεια εργασίας «Block diagram».

Η επιφάνεια εργασίας ή «Block diagram», όπως ονομάζεται στο LabVIEW, είναι στην ουσία η επιφάνεια όπου τοποθετούνται τα αντικείμενα και υλοποιείται το πρόγραμμα. Τα αντικείμενα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον σκοπό αυτό εμφανίζονται, όπως και στην επιφάνεια ελέγχου, πατώντας το δεξί πλήκτρο του ποντικιού ή μέσω της επιλογής View/Functions palette.

Στο συγκεκριμένο πρόγραμμα η αρχή έγινε με το αντικείμενο «File dialog» το οποίο αμέσως μετά την εφαρμογή, εμφανίζει ένα παράθυρο επιλογής από το οποίο ορίζει ο χρήστης που θα αποθηκεύσει που θα αποθηκεύσει το αρχείο. Κάτω από τα αντικείμενα αυτά βρίσκονται τα ορίσματα για το αντικείμενο «SVL Scale Voltage to EU» που θα συζητηθεί αργότερα. Αυτό είναι υπεύθυνο για τη μετατροπή των τιμών της έντασης του σήματος μας σε dB ανάλογα με το είδος που θα οριστεί.

Προχωρώντας δίνονται τα αντικείμενα «Sound input configure» και «Sound file open» από τα οποία το πρώτο παίρνει ορίσματα από την επιφάνεια ελέγχου για τα δείγματα, την δειγματοληψία, τα κανάλια και τα Bits ενώ το δεύτερο παίρνει τα ορίσματα του από το προηγούμενο αντικείμενο.

Στη συνέχεια παρατηρείται ένας βρόγχος επανάληψης «While loop» ο οποίος τρέχει συνεχώς μέχρι να πατηθεί το πλήκτρο «Stop» στην επιφάνεια ελέγχου. Μέσα στον βρόγχο υπάρχει το αντικείμενο «Sound input read» και «Sound file write» τα οποία το πρώτο διαβάζει τη μνήμη του προγράμματος και εξάγει τα δεδομένα στο

πρόγραμμα και το δεύτερο τα αποθηκεύει στο αρχείο . Πριν γίνει η αποθήκευση, η ένταση πολλαπλασιάζεται με τη τιμή που δίνεται στο Gain για να ενισχυθεί το σήμα.

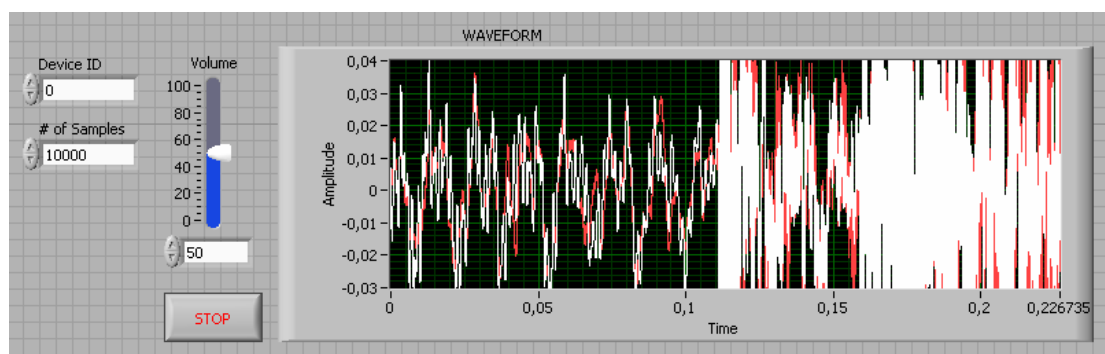
Μετά την ενίσχυση το σήμα βγαίνει στην πρώτη παράσταση της επιφάνειας ελέγχου και παράλληλα περνά από το αντικείμενο «SVL Scale Voltage to EU» για να γίνει η μετατροπή και κατόπιν στα τρία αντικείμενα «SVT Third-octave Analysis», «SVFA Power Spectrum», «SVT STFT vs Time» για να γίνουν οι φασματικές αναλύσεις και να βγουν οι υπόλοιπες παραστάσεις.

Πατώντας το πλήκτρο «Stop» ο βρόγχος σταματά και φτάνει στα αντικείμενα «Sound File Close» και «Sound Input Clear» τα οποία είναι υπεύθυνα για να κλείσουν το αρχείο και να αδειάσουν τη μνήμη του προγράμματος.

Το κίτρινο καλώδιο κάτω από τα αντικείμενα είναι το καλώδιο ελέγχου σφαλμάτων το οποίο είναι καλό να είναι ενωμένο λόγω του ότι κάποια σφάλματα μπορούν να οδηγήσουν σε αστάθεια του υπολογιστή και την απώλεια δεδομένων.

2.3. Πρόγραμμα αναπαραγωγής ήχου μέσω κάρτας υπολογιστή, Επιφάνεια ελέγχου «Front panel».

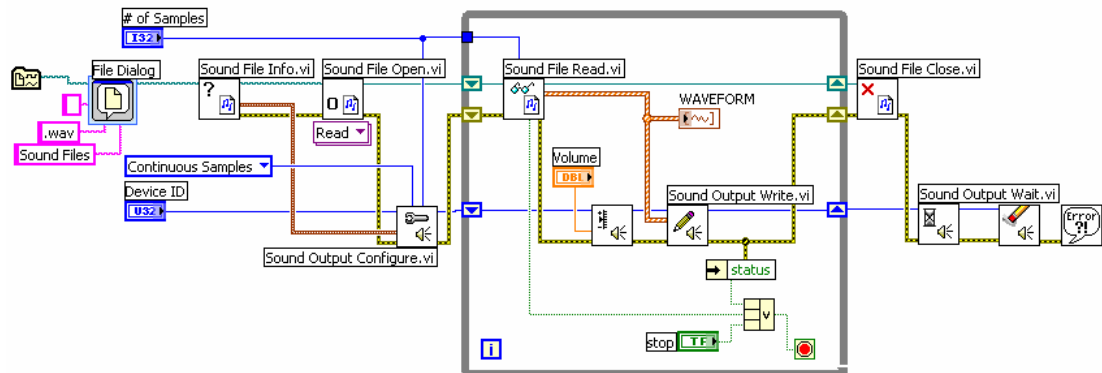
Μετά την εγγραφή του ήχου μέσω της κάρτας του υπολογιστή, αυτό το κεφάλαιο θα ασχοληθεί με τον τρόπο αναπαραγωγής του ήχου μέσω αυτής.



Σχήμα 3. Πρόγραμμα αναπαραγωγής, Επιφάνεια ελέγχου «Front panel».

Στο Σχήμα 3 βρίσκεται η επιφάνεια ελέγχου του προγράμματος μας. Όπως μπορούμε να διακριθεί όπως και πριν αριστερά υπάρχουν οι ρυθμίσεις για την έξοδο από την κάρτα, η ενίσχυση που μπορεί να δοθεί στην περίπτωση που το σήμα είναι χαμηλό και ο αριθμός των δειγμάτων για τη μνήμη. Με το πλήκτρο «Stop» ανά πάσα στιγμή να διακοπεί η αναπαραγωγή και στα δεξιά της οθόνης μας είναι η αναπαράσταση της έντασης (Waveform) σε συνάρτηση με τον χρόνο.

2.4. Πρόγραμμα αναπαραγωγής ήχου μέσω κάρτας υπολογιστή, Επιφάνεια εργασίας «Block diagram».



Σχήμα 4. Πρόγραμμα αναπαραγωγής, Επιφάνεια εργασίας «Block diagram».

Σε αυτό το πρόγραμμα τα αντικείμενα που χρησιμοποιήθηκαν είναι αρχικά το αντικείμενο «File dialog» το οποίο αμέσως μετά το τρέξιμο στην εφαρμογή, εμφανίζει ένα παράθυρο επιλογής και τότε ο χρήστης ορίζει πιο αρχείο θα αναπαράγει. Στη συνέχεια υπάρχει το αντικείμενο «Sound file info» από το οποίο εξάγονται τα δεδομένα για την δειγματοληψία, τα κανάλια και τα Bits κωδικοποίησης τα οποία εισάγονται στο αντικείμενο «Sound output configure». Με το αντικείμενο «Sound file open» το πρόγραμμα ανοίγει το αρχείο ήχου επιλογής και στη συνέχεια οδηγεί σε ένα βρόγχο επανάληψης «While loop» ο οποίος τρέχει μέχρι το αρχείο να τελειώσει ή μέχρι ο χρήστης να πατήσει το πλήκτρο «Stop» στην επιφάνεια ελέγχου.

Μέσα στον βρόγχο συναντάται το αντικείμενο «Sound file read» και «Sound output write» από τα οποία το πρώτο διαβάζει το αρχείο και εξάγει τα δεδομένα στο δεύτερο το οποίο τα γράφει στη μνήμη του προγράμματος όπου από εκεί εξάγονται στην κάρτα ήχου του υπολογιστή καθώς επίσης και στην γραφική παράσταση της επιφάνειας ελέγχου. Πριν γίνει η εγγραφή είναι δυνατόν μέσω του αντικειμένου «Sound Output Set Volume» να ενισχυθεί το σήμα στην επιθυμητή ένταση.

Πατώντας το πλήκτρο «Stop» ο βρόγχος σταματά και προχωρά στα αντικείμενα «Sound File Close», «Sound output wait» και «Sound Input Clear» τα οποία είναι υπεύθυνα για να κλείσουν το αρχείο, να ορίσουν στο πρόγραμμα να περιμένει μέχρι να τελειώσει η αναπαραγωγή των δειγμάτων που βρίσκονται μέσα στη μνήμη και μετά να αδειάσουν τη μνήμη του προγράμματος.

2.5) Πρόγραμμα εγγραφής υπερήχων.

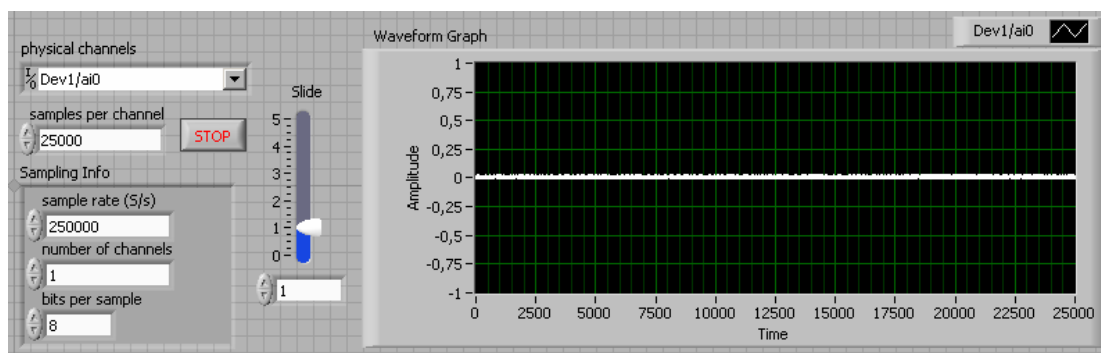
Μετά την αναφορά και εξήγηση του τρόπου υλοποίησης των προγραμμάτων στο LabVIEW σε συνεργασία με το λειτουργικό σύστημα και την κάρτα ήχου του υπολογιστή στη συνέχεια στόχος είναι η επίτευξη προγραμμάτων τα οποία θα λαμβάνουν και θα αναπαράγουν δεδομένα από την κάρτα DAQCard-6062E.

Το πρώτο πρόγραμμα που πρέπει να υλοποιηθεί για να γίνει εισαγωγή των δεδομένων στον υπολογιστή είναι αυτό της εγγραφής.

Στο Σχήμα 5 δίνεται ο πίνακας ελέγχου του προγράμματος όπου μπορεί να οριστεί το κανάλι που αναζητείται για ηχογράφηση που στην περίπτωση μας είναι το «Dev1/ai0» για την πρώτη είσοδο της κάρτας, «Dev1/ai1» για την δεύτερη και «Dev1/ai0:1» στη περίπτωση που αυτό που αναζητείται είναι η γραφή και των δύο ταυτόχρονα.

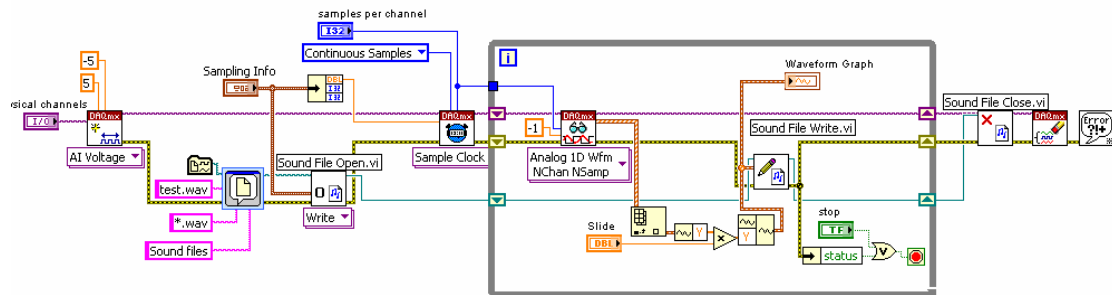
Προχωρώντας περαιτέρω δίνεται η επιλογή για, τη δειγματοληψία, τα κανάλια, τα bits της κωδικοποίησης τα οποία θα δημιουργήσουν τον τύπο του αρχείου που θα γραφτεί και οι προκαθορισμένες τιμές είναι 250KHz, 1 και 8 αντίστοιχα.

Επίσης το πρόγραμμα παρουσιάζει και τη κυματομορφή του υλικού που ηχογραφείται.



Σχήμα 5. Πρόγραμμα εγγραφής, Πίνακας ελέγχου.

Στο Σχήμα 6 τοποθετείται η επιφάνεια εργασίας του προγράμματος για να δοθεί ο τρόπος με τον οποίο υλοποιείται το πρόγραμμα και πια αντικείμενα επικοινωνούν με την κάρτα DAQCard-6062E.



Σχήμα 6. Πρόγραμμα εγγραφής, Block diagram.

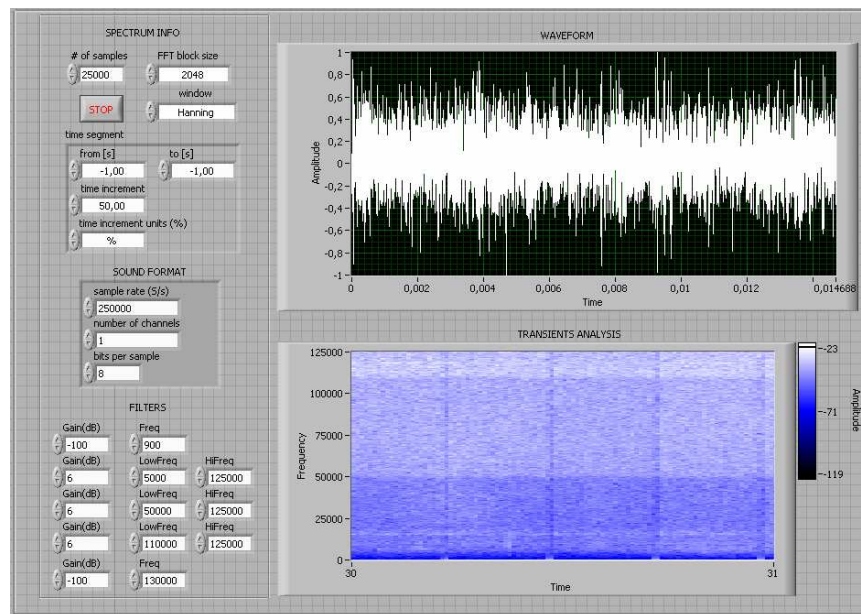
Όπως μπορεί να γίνει ορατό, στα αριστερά στο διάγραμμα είναι το αντικείμενο «DAQmx Create Virtual Channel» το οποίο δέχεται ορίσματα την είσοδο της κάρτας, την μέγιστη και ελάχιστη τιμή του ρεύματος που θα δεχτεί και από κάτω την επιλογή για τον τύπο του καναλιού που θα δημιουργήσει που στην περίπτωση αυτή είναι κανάλι εισόδου «AI voltage». Τα δεδομένα αυτά εισάγονται στο αντικείμενο «DAQmx Timing» το οποίο δέχεται ορίσματα για τα δείγματα που θα δέχεται και για τον των δειγμάτων αν θα είναι συνεχόμενα ή συγκεκριμένα κάθε φορά. Επίσης ορίζει την συχνότητα δειγματοληψίας και τον τύπο του ρολογιού που θα εφαρμόζει που στην περίπτωση αυτή είναι «Sample clock».

Συνεχίζοντας πιο κάτω βρίσκονται το αντικείμενο «File dialog» και «Sound file open» στα οποία ορίζεται το όνομα του αρχείου όπου θα αποθηκεύονται τα δεδομένα και είναι υπεύθυνα για τη δημιουργία του αρχείου αυτού.

Όλα αυτά δρομολογούνται σε ένα βρόχο επανάληψης «While Loop» στον οποίο βρίσκονται το αντικείμενο που διαβάζει από τη μνήμη τα δείγματα «DAQmx Read» και τα δίνει σε μορφή κυματομορφής τα οποία εισάγονται στο αντικείμενο «Sound file write» το οποίο τα αποθηκεύει. Πριν γίνει η αποθήκευση δίνεται η δυνατότητα ενίσχυσης του σήματος και η εμφάνιση του στην γραφική παράσταση της επιφάνειας ελέγχου.

Η επανάληψη γίνεται συνεχώς μέχρι να πατηθεί το πλήκτρο «Stop» και όταν γίνει αυτό ένα αντικείμενο «Sound file close» κλείνει το αρχείο και κατόπιν το αντικείμενο «DAQmx Clear Task» είναι υπεύθυνο να καθαρίσει τη μνήμη που το πρόγραμμα έχει δεσμεύσει.

2.6 Πρόγραμμα επεξεργασίας υπερήχων.



Σχήμα 7. Πρόγραμμα επεξεργασίας, Πίνακας ελέγχου.

Στο Σχήμα 7 περιγράφεται η επιφάνεια ελέγχου του προγράμματος για την επεξεργασία των ήχων που λαμβάνονται. Μέσα από το πρόγραμμα αυτό είναι δυνατόν να γίνει φιλτράρισμα ήχων και η εξαγωγή αρχείων με τις συχνοτικές περιοχές που θέλουμε. Επίσης δίνεται η ευκαιρία να υπάρξουν πιθανότητες για δημιουργία των τελικών αρχείων έτσι ώστε αλληλεπιδρώντας με την συχνοτική απόκριση του ηχείου των υπερήχων που θα αναλυθεί σε επόμενο κεφάλαιο να αναπαράγονται πιο πιστά.

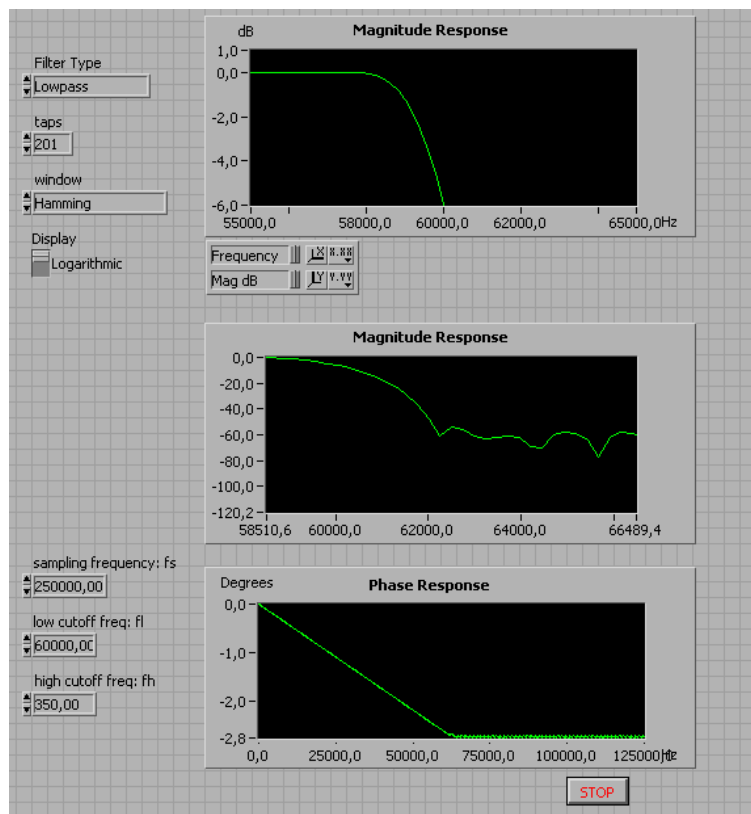
Αρχικά δίνονται με τα ορίσματα τα φάσματα όπως το μέγεθος του παραθύρου για την ανάλυση Fourier, το είδος του παραθύρου και την χρονική ολίσθηση.

Στη συνέχεια ορίζονται τα δεδομένα για το αρχείο που θα δημιουργηθεί στο τέλος του προγράμματος και εδώ θα γίνει αναφορά στο ότι είναι σημαντικό οι τιμές που θα δοθούν να είναι εντός των χαρακτηριστικών της κάρτας DAQCard-6062E έτσι ώστε να μην προκύψουν σφάλματα.

Ολοκληρώνοντας αυτό το στάδιο, αυτό το οποίο ακολουθεί είναι ο ορισμός των χαρακτηριστικών για τα φίλτρα. Σε αυτές τις επιλογές υπάρχει και η επιλογή της έντασης που μπορεί να δοθεί εκφρασμένη σε dBu καθώς επίσης και τις συχνότητες στις οποίες θα εφαρμοστεί.

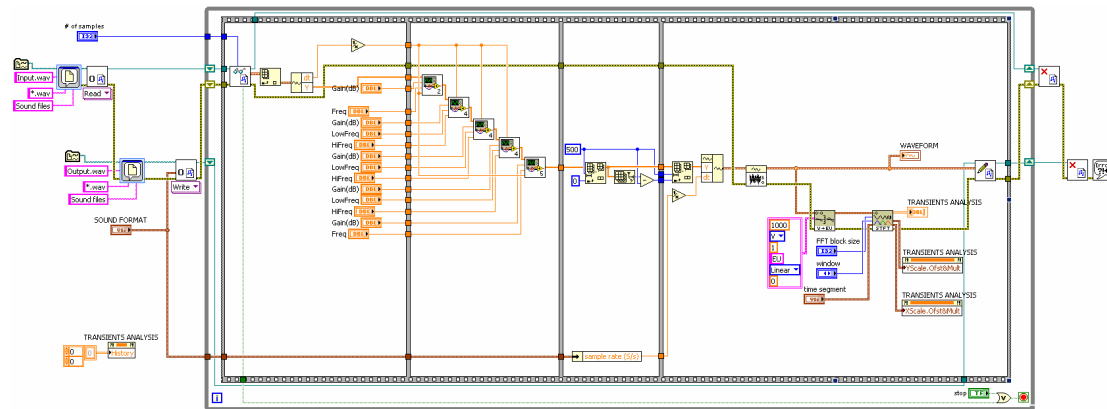
Το πρώτο φίλτρο είναι τύπου Low-Shelving τα τρία επόμενα τύπου Bell και το τελευταίο High-Shelving. Τα φίλτρα αυτά είναι τύπου FIR 201^{ης} τάξης τα οποία πετυχαίνουν πολύ υψηλή ακρίβεια στο διαχωρισμό των συχνοτήτων και έχουν πολύ μικρή διαφορά φάσης.

Ένα παράδειγμα δίνεται στο Σχήμα 8 όπου είναι η κρουστική απόκριση ενός FIR φίλτρου 201^{ης} τάξης Low-pass με συχνότητα δειγματοληψίας 250000 Hz και συχνότητα αποκοπής 60000 Hz. Παρατηρείται ότι το φίλτρο είναι άμεσο δηλαδή στα 60000 Hz έχουμε -6 dB οπότε η διασταύρωση του με άλλο φίλτρο μπορεί να γίνει στην συχνότητα αποκοπής που του ορίζεται χωρίς να χρειάζονται άλλοι υπολογισμοί ενώ η κλίση του είναι σχεδόν κατακόρυφη αφού φτάνει στα -60 dB στις 62000 Hz. Η διαφορά φάσης η οποία προσδίδει φτάνει τις τρεις μοίρες το μέγιστο οπότε μπορεί να την θεωρηθεί αμελητέα.



Σχήμα 8. Κρουστική απόκριση FIR φίλτρου 201^{ης} τάξης.

Στα δεξιά της οθόνης διακρίνουμε την γραφική παράσταση της έντασης και η συχνοτική περιβάλλουσα του αρχείου.



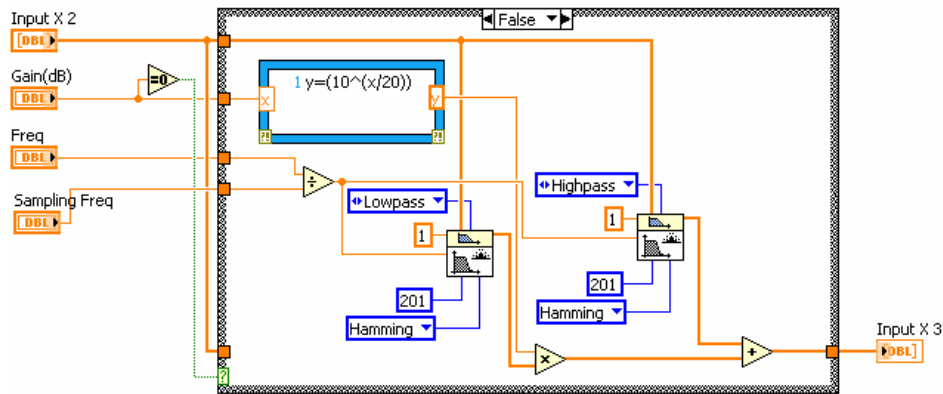
Σχήμα 9. Πρόγραμμα επεξεργασίας, Επιφάνεια εργασίας.

Στη συνέχεια παρατηρείται η επιφάνεια εργασίας του προγράμματος και όπως μπορεί να γίνει ορατό και στο Σχήμα 9 αφού δοθούν τα ορίσματα για το αρχείο που πρόκειται να επεξεργαστεί και η τοποθεσία που θα το σώσει, αυτά εισάγονται σε δύο αντικείμενα «File sound open» από τα οποία το ένα είναι υπεύθυνο για να διαβάσει το αρχείο από τον υπολογιστή και το άλλο να αποθηκεύσει τα δεδομένα μετά την επεξεργασία τους.

Μετά από αυτό πάλι συναντάται ένας βρόγχος επανάληψης και μέσα σε αυτόν μία χρονική ακολουθία με την οποία εξασφαλίζεται ότι το κάθε αντικείμενο θα εκτελεστεί τη χρονική στιγμή που είναι επιθυμητό αποτρέποντας τυχόν λάθη στην επεξεργασία.

Στο πρώτο σκέλος της ακολουθίας εισάγεται το αρχείο στο πρόγραμμα μέσω του αντικειμένου «Sound file read» και από αυτό εξάγονται οι τιμές της έντασης και της συχνότητας δειγματοληψίας για την επεξεργασία. Ακολουθούν τα ορίσματα των φίλτρων και τα δεδομένα στο δεύτερο σκέλος όπου και γίνεται η επεξεργασία.

Στο Σχήμα 10 απεικονίζεται η επιφάνεια εργασίας των φίλτρων και συγκεκριμένα του Low-shelving φίλτρου. Παρατηρείται ότι οι τιμές για το Gain, Freq, Sampling Freq καθώς και το σήμα μας (Input) εισέρχονται σε ένα αντικείμενο «Case structure» το οποίο ελέγχει αν η ένταση του Gain είναι ίση με μηδέν αφήνει το σήμα να περάσει ανεπηρέαστο ενώ αν έχει κάποια τιμή τότε εφαρμόζεται ένας αλγόριθμος ο οποίος από τη τιμή των dB που δίνεται στην επιφάνεια ελέγχου βρίσκει τα Volt που χρειάζονται και τα πολλαπλασιάζει με την ένταση του σήματος που βγαίνει από το πρώτο φίλτρο το οποίο χωρίζει τον ήχο στη συχνότητα που του ορίζουμε στην επιφάνεια ελέγχου.



Σχήμα 10. Low-Shelving φίλτρο, Επιφάνεια εργασίας.

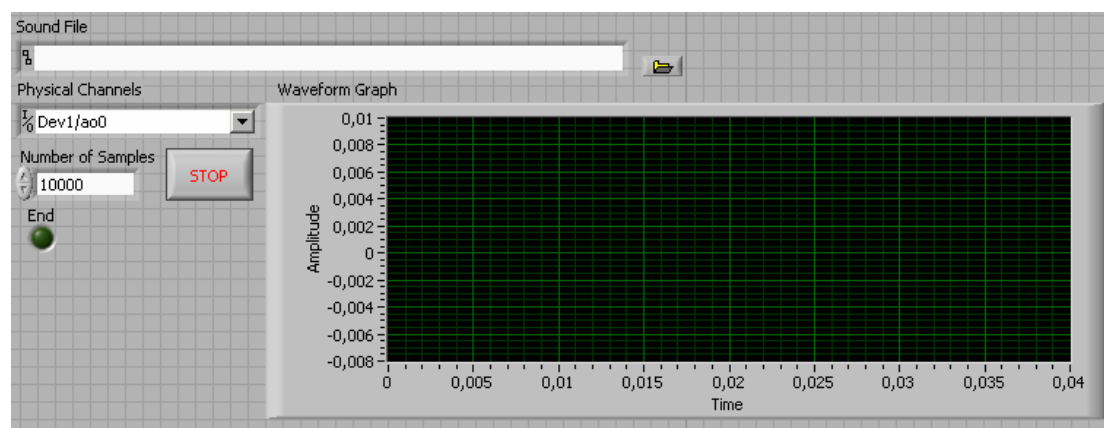
Στη συνέχεια ένα δεύτερο φίλτρο (High-pass) επιδρά στον αρχικό ήχο και αφαιρεί τις συχνότητες από την συχνότητα που έχουμε ορίσει και κάτω και στο τέλος τα δύο σήματα προστίθενται και έχουμε το σήμα με αυξημένη ή ελαττωμένη την χαμηλή περιοχή. Η συχνότητα που δέχονται τα φίλτρα πρέπει να είναι κανονικοποιημένη γι' αυτό και διαιρείται με τη τιμή της συχνότητας δειγματοληψίας του αρχείου. Το παράθυρο που χρησιμοποιήθηκε για τη παραθυροποίηση του αρχείου στο φίλτρο είναι τύπου Hamming γιατί δίνει την πιο ομαλή απόσβεση χωρίς επιπλέον χρωματισμούς σε άλλες συχνότητες.

Τα υπόλοιπα φίλτρα έχουν την ίδια φιλοσοφία με μόνη διαφορά τον τύπο του φίλτρου όπου στα Bell το πρώτο είναι Band-pass και το δεύτερο Band-stop ενώ στο High-shelving το πρώτο είναι High-pass και το δεύτερο Low-pass.

Προχωρώντας στο τρίτο σκέλος όπου γίνεται μία αφαίρεση κάποιων δειγμάτων γιατί λόγω των φίλτρων υπάρχει μία χρονική μετατόπιση του σήματος και αφαιρούνται τα δείγματα αυτά. Στο τέταρτο σκέλος της χρονικής ακολουθίας ξαναφτιάχνεται η κυματομορφή με την δειγματοληψία που έχουμε ορίσει σύμφωνα με την οποία θα τροποποιηθεί και η συχνοτική περιοχή του σήματος. Ολοκληρώνοντας κι αυτό, το σήμα περνά από το αντικείμενο «Normalize» και κανονικοποιείται και μετά σώζεται. Παράλληλα γίνεται και η γραφική του απεικόνιση. Στη συνέχεια βγαίνοντας από τον βρόγχο και κλείνουν τα δύο αρχεία με τα αντικείμενα «Sound file close».

2.7) Πρόγραμμα αναπαραγωγής υπερήχων

Το τελευταίο πρόγραμμα στην αλυσίδα του συστήματος δεν είναι άλλο από αυτό το οποίο είναι υπεύθυνο για την μετατροπή του ψηφιακού σήματος σε αναλογικό έτσι ώστε να είναι δυνατή η αναπαραγωγή του από συμβατικά ηχεία.



Σχήμα 11. Πρόγραμμα αναπαραγωγής υπερήχων, Επιφάνεια ελέγχου.

Στο Σχήμα 11 υπάρχει η επιφάνεια ελέγχου του προγράμματος στην οποία επιλέγουμε το αρχείο ήχου που το οποίο επιθυμείται να αναπαραχθεί στο πεδίο «Sound File». Στο πεδίο «Physical Channels» γίνεται επιλογή των εξόδων της κάρτας από όπου θα βγει το σήμα το οποίο εάν είναι μονοφωνικό η επιλογή πρέπει να είναι η «Dev1/ao0» ή «Dev1/ao1» και στην περίπτωση που το σήμα είναι στερεοφωνικό θα πρέπει να είναι «Dev1/ao0:1».

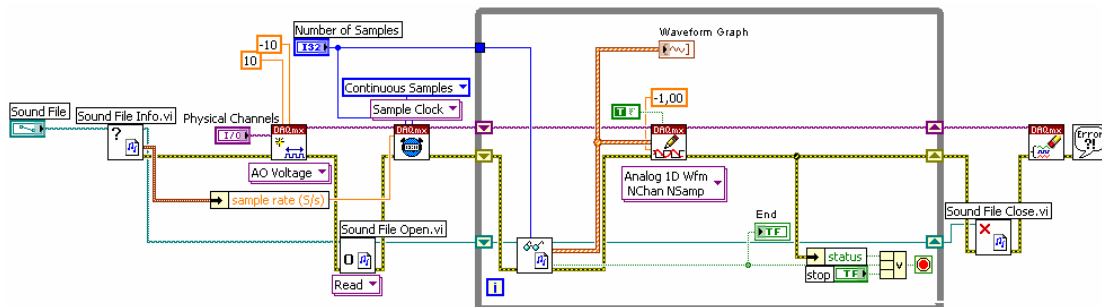
Στο πεδίο «Number of Samples» ορίζονται τα δείγματα από τα οποία το πρόγραμμα θα δεσμεύσει και την ανάλογη μνήμη και η πράσινη ένδειξη ανάβει όταν η αναπαραγωγή τελειώσει.

Η επιφάνεια ελέγχου του προγράμματος όπως φαίνεται και στο Σχήμα 12 περιέχει τα αντικείμενα τα οποία ανοίγουν το αρχείο και παίρνουν δεδομένα για την δειγματοληψία τα οποία εισάγονται στο αντικείμενο «DAQmx timing» το οποίο είναι ορισμένο να λειτουργεί σαν «Sample clock» και ορίσει τον ρυθμό με τον οποίο θα εξάγονται τα δεδομένα συνεχόμενα από την κάρτα έτσι ώστε να μην ακούγεται παραμόρφωση στον ήχο.

Στη συνέχεια δίνεται το αντικείμενο «DAQmx create virtual channel» το οποίο είναι υπεύθυνο για τη δημιουργία του καναλιού εξόδου και δέχεται ορίσματα μέγιστης και ελάχιστης τιμής των Volt που θα εξέρχονται από το κανάλι καθώς και το

όνομα του καναλιού της κάρτας όπως φαίνεται στο σύστημα και όπως ορίστηκε στην επιφάνεια ελέγχου «Dev1/ao0» ή «Dev1/ao0:1».

Όλα τα στοιχεία που έχουν οριστεί εισάγονται στο βρόγχο επανάληψης όπου υπάρχει το αντικείμενο «Sound file read» που είναι υπεύθυνο να εξάγει τα δεδομένα από το αρχείο και σε συνεργασία με το αντικείμενο «DAQmx write» τα δεδομένα γράφονται στη μνήμη και από εκεί αναπαράγονται. Βγαίνοντας από τον βρόγχο υπάρχει το αντικείμενο «Sound file close» και «DAQmx clear task» που είναι υπεύθυνα να κλείσουν το αρχείο και να καθαριστεί η μνήμη που χρησιμοποίησε το πρόγραμμα.



Σχήμα 12. Πρόγραμμα αναπαραγωγής υπερήχων, Επιφάνεια εργασίας.

3) Το σύστημα ηχογράφησης της Avisoft Bioacoustics

Τα μηχανήματα για την ηχογράφηση καθώς και για επεξεργασία προμηθεύτηκαν από την εταιρία Avisoft Bioacoustics η οποία εδρεύει στη Γερμανία και μια περιγραφική ανάλυση τους γίνεται στις ακόλουθες σελίδες.

3.1) Μικρόφωνο

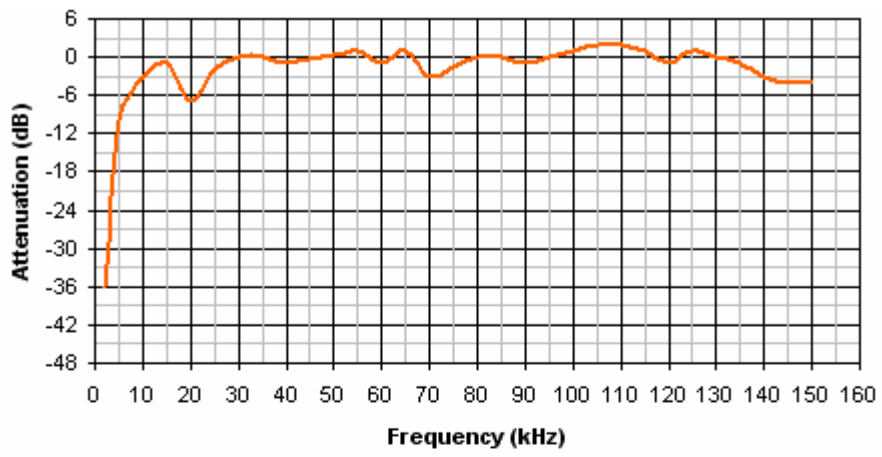


Το μικρόφωνο του συστήματος είναι το μοντέλο «CM16/CMPA» και είναι πυκνωτικό με τροφοδοσία 200 Volt η οποία παρέχεται από την κάρτα του ίδιου συστήματος.

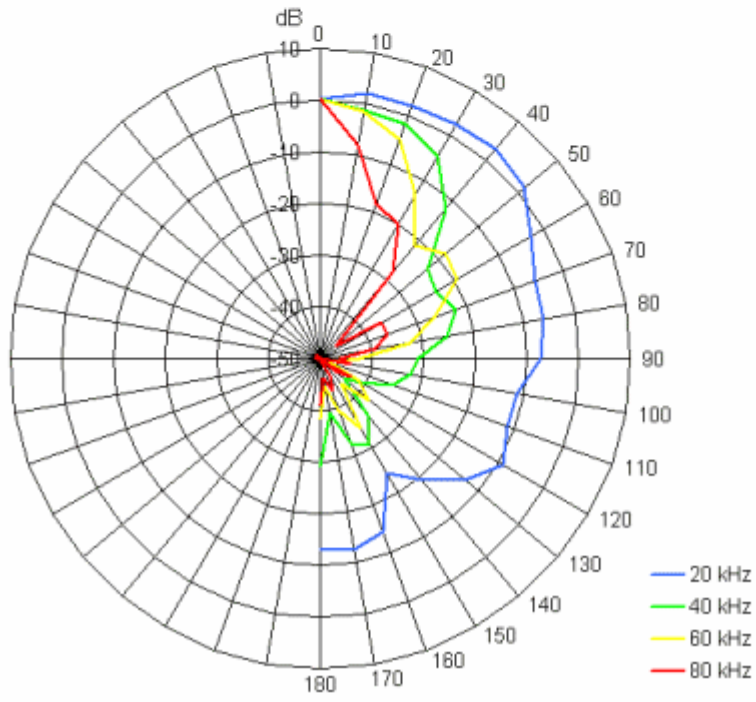
Το καλώδιο σύνδεσης είναι πενταπολικό και οι ακροδέκτες είναι οι εξής:

- 1) Γείωση
- 2) Σήμα
- 3) Σήμα (Ανάστροφη φάση)
- 4) Τροφοδοσία 5 Volt για τα ηλεκτρονικά μέρη
- 5) Τροφοδοσία 200 Volt για την κάψα

Πιο κάτω δίνεται η ευκαιρία αναλυθεί η συχνотική απόκριση καθώς και το πολικό διάγραμμα του μικροφώνου.



frequency response



3.2) Προενισχυτής (UltraSoundGate)



Ο προενισχυτής του συστήματος είναι τεσσάρων καναλιών και διαθέτει ενσωματωμένο μετατροπέα σήματος. Μπορεί να ενισχύσει το σήμα μέχρι και 40dB με συνεχές ποτενσιόμετρα ενώ έχει τη δυνατότητα να ηχογραφεί με δειγματοληψίες μέχρι και 750 KHz στα 8 Bit ανάλυση ενώ στα 16 bit μπορεί να φτάσει τα 500 KHz. Διαθέτει επίσης τέσσερις ψηφιακές εισόδους καθώς και είσοδο για εξωτερικό διεγέρτη έτσι ώστε ο χρήστης να μπορεί να αρχίσει την ηχογράφιση χειροκίνητα ή μέσω κάποιας άλλης συσκευής.

Οι μετατροπείς από αναλογικό σε ψηφιακό που διαθέτει είναι Delta-Sigma αρχιτεκτονικής και διαθέτουν ενσωματωμένο «anti-aliasing» φίλτρο. Ο προενισχυτής συνδέεται με τον υπολογιστή μέσω θύρας USB 1.1 και παίρνει τροφοδοσία από αυτήν.



3.3) Ενισχυτής



Ο ενισχυτής που διατίθεται είναι ένας ενισχυτής ενός καναλιού με συχνοτική απόκριση 1-125 KHz (+-1dB). Αποδίδει μέγιστη ισχύ 10 Watt ανάλογα με τη τροφοδοσία που του παρέχεται. Με τροφοδοσία από θύρα USB 5 Volt αποδίδει μέγιστη ισχύ 2 Watt ενώ με εξωτερικό τροφοδοτικό 12 Volt αποδίδει 1,5 Watt και στα 36 Volt 10 Watt. Η αντίσταση του ηχείου που δέχεται είναι 4 Ohm και οι ακροδέκτες για το ηχείο και για την είσοδο είναι τύπου «Speakon» και «RCA» αντίστοιχα.

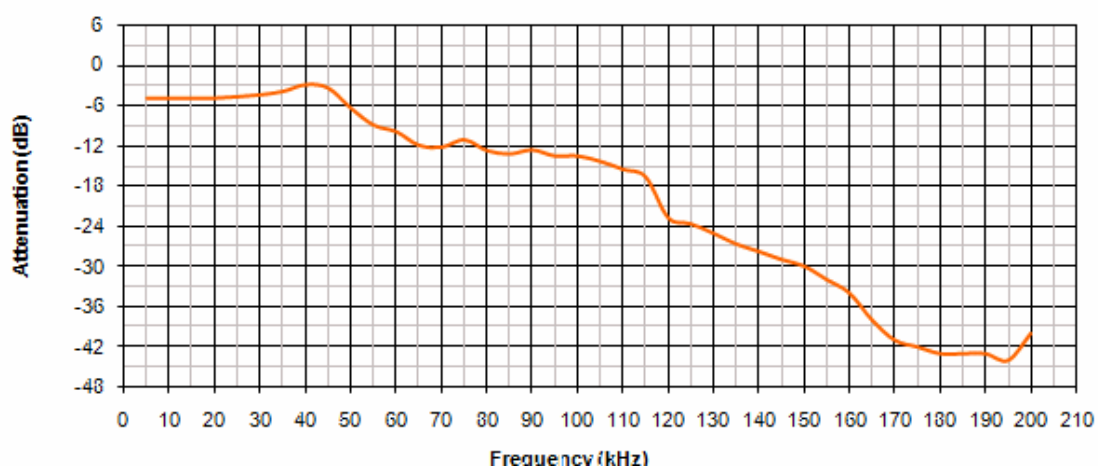
3.4) Ηχείο



Το ηχείο του συστήματος έχει συχνοτική απόκριση 1-125 KHz (+-12dB) ενώ η ευαισθησία του είναι 93dB μετρημένη με είσοδο 50 KHz έντασης 2,83 Volt σε ένα μέτρο απόσταση.

Σύμφωνα με την εταιρία σε συνδυασμό με τον ενισχυτή μπορεί να αποδώσει περισσότερο από 100dB με τον ενισχυτή να αποδίδει 10 Watt. Το κουτί του ηχείου είναι κατασκευασμένο από αλουμίνιο και ο ακροδέκτης του είναι τύπου «Speakon».

Πιο κάτω αναλυτικά συζητείται η συχνοτική του απόκριση.



3.5) Το SASLab

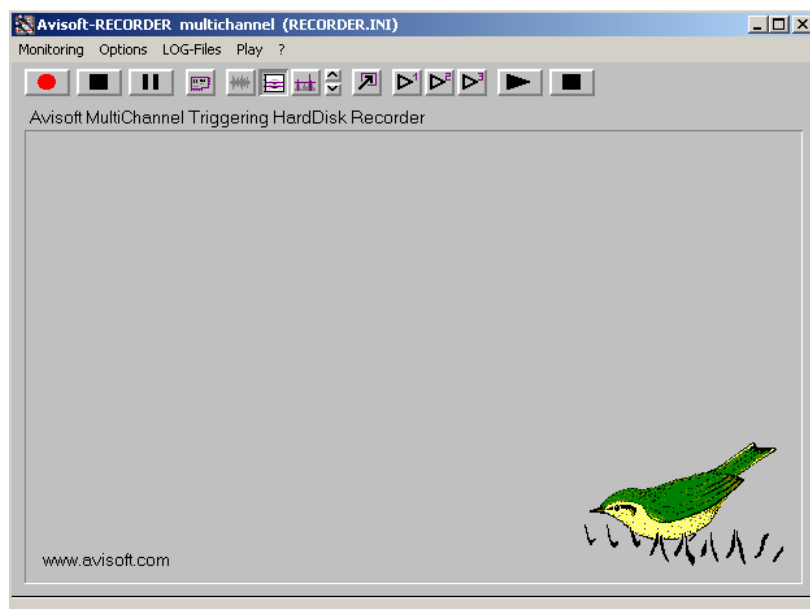
Το σουίτα SASLab προσφέρεται από την εταιρία Avisoft Bioacoustics και σε συνεργασία με τις συσκευές της ίδιας εταιρίας ειδικεύεται στην ηχογράφηση και επεξεργασία υπερήχων.

Αποτελείται από το πρόγραμμα «SASLab recorder USG», το οποίο συνεργάζεται με τον προενισχυτή (UltraSoundGate) και είναι υπεύθυνο για την ηχογράφηση και την αποθήκευση των ήχων στον υπολογιστή, και από το πρόγραμμα «SASLab Pro» το οποίο αναλαμβάνει για την περαιτέρω επεξεργασία των ήχων αυτών.

3.5.1) Το SASLab Recorder USG

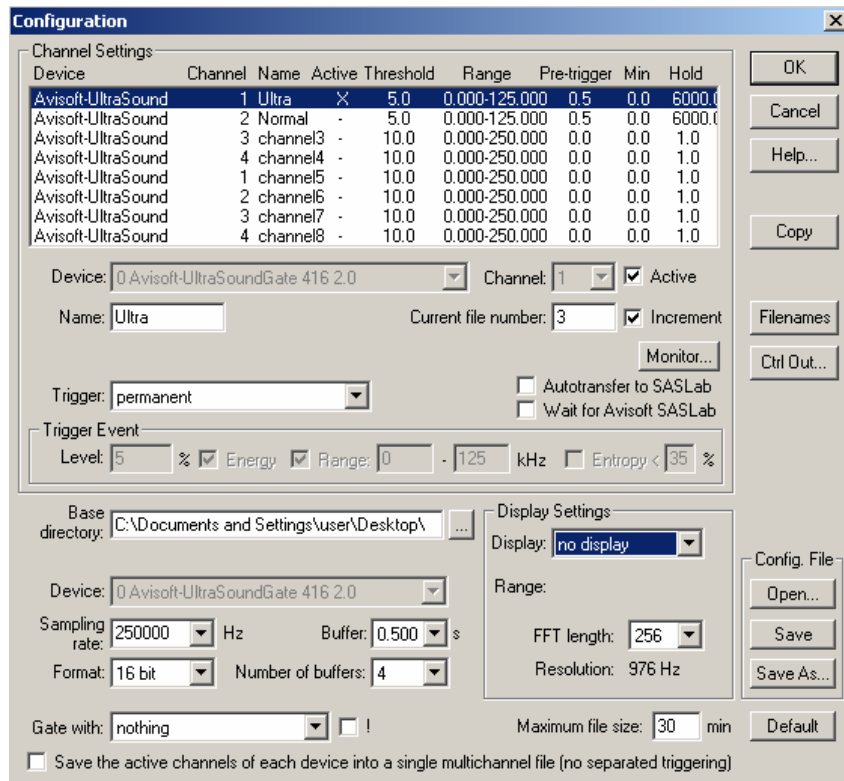
Όπως έχει αναφερθεί το πρόγραμμα αυτό είναι υπεύθυνο για την εγγραφή των ήχων στον υπολογιστή. Πρέπει να ειπωθεί ότι το συγκεκριμένο πρόγραμμα εκτελείται μόνο αν είναι συνδεδεμένος ο προενισχυτής με τον υπολογιστή.

Το Σχήμα 13 παρουσιάζει την πρώτη επιφάνεια που εμφανίζεται μόλις ανοίξουμε το πρόγραμμα.



Σχήμα 13. Το πρόγραμμα SASLab Recorder USG.

Πατώντας στην επιλογή «Options/Configurations» γίνεται μετάβαση στην καρτέλα ρυθμίσεων που φαίνεται στο Σχήμα 14.



Σχήμα 14. SASLab Recorder USG Configurations.

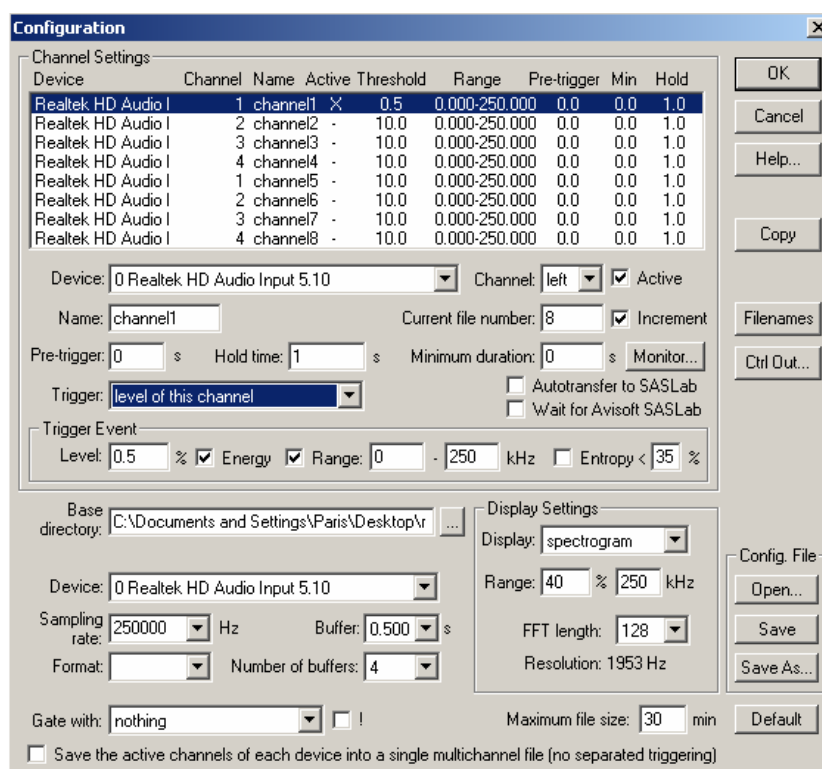
Παρατηρείται ότι το πρόγραμμα αναγνωρίζει τον προενισχυτή που έχει συνδεθεί και βγάξει ένα παράθυρο στο οποίο τοποθετεί τα διαθέσιμα κανάλια και τις ρυθμίσεις για το καθένα.

Στις ρυθμίσεις πρώτα είναι δυνατόν να οριστεί κάποιο όνομα στο κανάλι στο πεδίο «Name» και να αποφασιστεί αν αυτό το κανάλι θα είναι ενεργό πατώντας την επιλογή «Active». Η επιλογή «Current file number» είναι υπεύθυνη για την αυτόματη αρίθμηση των αρχείων σε κάθε διακοπή που γίνεται κατά την ηχογράφηση όπου αυτή γίνεται με αύξουσα ή με φθίνουσα σειρά.

Στη συνέχεια μπορεί να δοθεί ορισμός στην επιλογή «Trigger» αν το κανάλι θα επηρεάζεται από κάποιο γεγονός το οποίο θα ξεκινά τη διαδικασία της ηχογράφησης. Το γεγονός αυτό μπορεί να είναι κάποια εντολή από χειριστήριο/πληκτρολόγιο ή ακόμα και κάποια αύξηση στην ένταση του καναλιού ή και άλλου καναλιού του προενισχυτή κάτι το οποίο το ορίζεται από την επιλογή «Level % Energy» καθώς επίσης μπορεί να οριστεί και το συχνοτικό φάσμα στο

οποίο θα παρακολουθείται η ένταση αυτή.Ενεργοποιώντας την επιλογή αυτή στο παράθυρο εμφανίζονται οι επιλογές «Pre-trigger», «Hold time» και «Minimum duration» όπως φαίνονται και στο Σχήμα 15.

Οι επιλογές αυτές αφορούν το πόσα δευτερόλεπτα πριν από το γεγονός που έχει οριστεί θα γραφτούν στο αρχείο (Pre-trigger), το πόσα δευτερόλεπτα μετά από αυτό θα συνεχίσει το πρόγραμμα να γράφει (Hold time) καθώς και πόσο θα είναι το μικρότερο αρχείο σε δευτερόλεπτα που θα γράφει το πρόγραμμα (Minimum duration).



Σχήμα 15. SASLab Recorder USG Configurations.

Με την επιλογή «Permanent» ακυρώνεται η λειτουργία «Trigger» και το πρόγραμμα ηχογραφεί διαρκώς μέχρι να πατηθεί το πλήκτρο «Stop».

Στα δεξιά παρατηρείται το πλήκτρο «Monitor» όπου στην ουσία το πρόγραμμα σε συνεργασία με την κάρτα ήχου του υπολογιστή επιτρέπει το άκουσμα του σήματος που ηχογραφείται. Κάτω από το πλήκτρο αυτό οι επιλογές δίνουν την επιλογή στον χρήστη με το τελείωμα της ηχογράφησης το αρχείο να μεταφερθεί στο πρόγραμμα «SASlab Pro» για την επεξεργασία του.

Πιο κάτω οι επιλογές είναι για την αποθήκευση των αρχείων και τον ορισμό της συχνότητας δειγματοληψίας, την ανάλυση σε Bits του αρχείου, το μέγεθος του

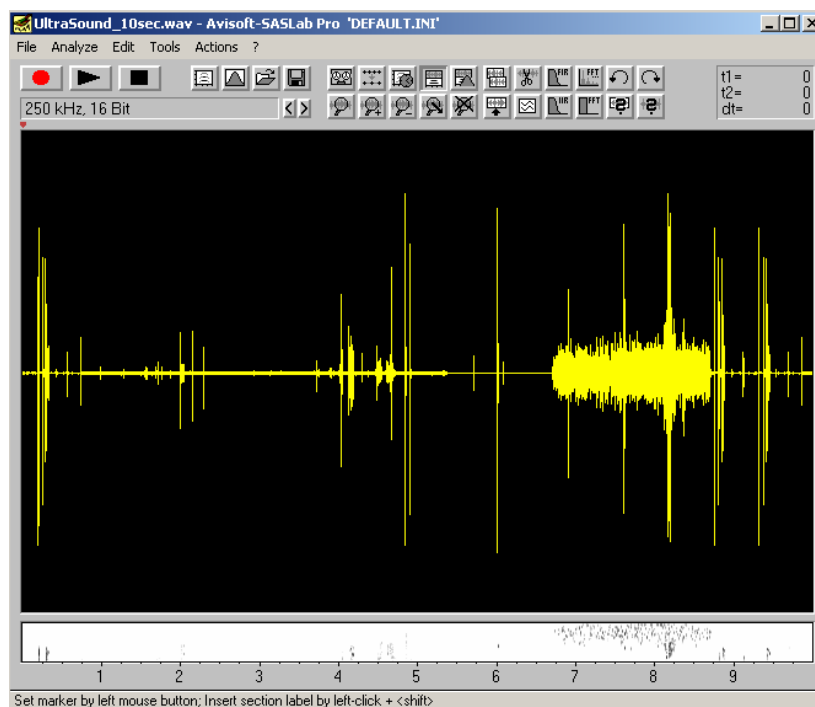
Buffer καθώς και πόσα Buffer θα χρησιμοποιούνται από το πρόγραμμα. Έπειτα η επιλογή «Gate» ορίζει το γεγονός του οποίου η ενεργοποίηση θα επιτρέπει την εγγραφή του σήματος στο αρχείο. Δίπλα από την επιλογή αυτή βρίσκεται η επιλογή για να καθοριστεί η μέγιστη διάρκεια που θα έχουν τα αρχεία της ηχογράφησης σε λεπτά.

Στα «Display settings» μπορούμε να δοθεί ορισμός στην αναπαράσταση του σήματος που θα υπάρξει κατά την ηχογράφηση όπως «Spectrum», «Waveform ή Energy in f-range» καθώς επίσης και το ποσοστό επί της εκατό της συνολικής έντασης και τη συχνότητα δειγματοληψίας καθώς και το μέγεθος του παραθύρου για τον μετασχηματισμό Fourier.

Στη δεξιά πλευρά του παραθύρου εμφανίζονται οι επιλογές για την εφαρμογή των αλλαγών, για την ακύρωσή τους, την επιλογή της βοήθειας καθώς και την αντιγραφή τους στα άλλα ενεργά κανάλια. Πιο κάτω μπορεί να οριστεί το όνομα των αρχείων που θα σώζονται καθώς και την εφαρμογή σημάτων ελέγχου στα αρχεία όπως είναι η έναρξη ή η λήξη της ηχογράφησης. Τέλος υπάρχει η δυνατότητα να φορτωθούν στο πρόγραμμα ρυθμίσεις, να σωθούν οι ρυθμίσεις που έχουμε γίνει ή να γίνει επαναφορά του προγράμματος στην εργοστασιακή του κατάσταση.

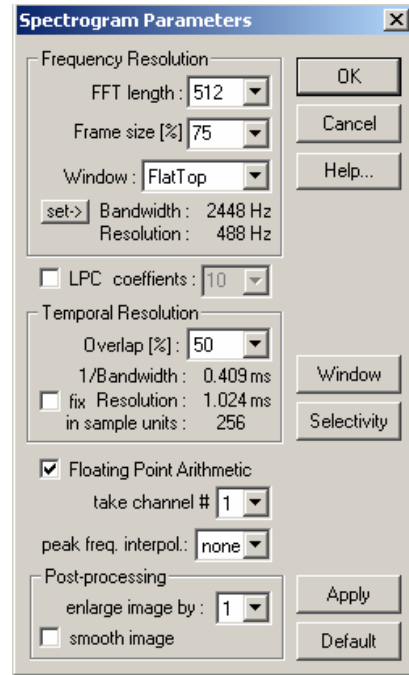
3.5.2) Το SASLab Pro

Το δεύτερο πρόγραμμα στη σουίτα SASLab είναι το «SASLab Pro» το οποίο επιτρέπει να κάνουμε κάποιες βασικές επεξεργασίες στα αρχεία που ηχογραφήθηκαν.



Σχήμα 16. Το πρόγραμμα SASLab Pro.

Εισάγοντας το αρχείο ήχου που ενδιαφέρει στο πρόγραμμα παρουσιάζεται η γραφική απεικόνιση του και κάτω από αυτήν μία υποτυπώδες φασματική ανάλυση. Για να επεξεργαστεί ο ήχος μας θα πρέπει πρώτα να υπάρχει μία καλύτερη φασματική ανάλυση που θα έχει μεγαλύτερη ακρίβεια έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα να εντοπιστούν και να απομονωθούν οι υπέρηχοι από το αρχείο. Αυτό γίνεται πατώντας το τέταρτο κουμπί στα αριστερά ή από την επιλογή analyze επιλέγεται «Create spectrogram». Πρέπει πρώτα όμως να οριστούν κάποιες παράμετροι έτσι ώστε να οριστεί η ποιότητα του γραφήματος. Πατώντας λοιπόν το πέμπτο κουμπί ή πηγαίνοντας analyze/spectrogram parameters εμφανίζεται το παράθυρο του Σχήματος 17.



Σχήμα 17. Spectrogram Parameters.

Η πρώτη επιλογή στις ρυθμίσεις έχει να κάνει με το μέγεθος του παραθύρου στο οποίο θα γίνει η ανάλυση. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή σε αυτή την επιλογή τόσο πιο καλή συχνοτική ανάλυση έχουμε αλλά εις βάρος της χρονικής ανάλυσης. Μία τιμή των 512 δειγμάτων είναι η ιδανική για τη συγκεκριμένη περίπτωση .

Η δεύτερη επιλογή έχει να κάνει με το πόσο της εκατό του παραθύρου που ορίζεται ως «FFT length» θα καταλαμβάνεται από δείγματα. Σε αυτή την επιλογή τοποθετείται πάντα 100%. Ακολουθεί ο τύπος του παραθύρου που θα χρησιμοποιηθεί για το μετασχηματισμό όπου στη περίπτωση αυτή είναι ο τύπος «Hamming» γιατί όπως έχει ήδη ειπωθεί και στα φίλτρα που προέκυψαν στο πρόγραμμα επεξεργασίας είναι πιστό παράθυρο. Στην επιλογή «Bandwidth» και «Resolution» δύναται να δοθεί ένας ορισμός το εύρους των συχνοτήτων του φίλτρου της ανάλυσης που θα χρησιμοποιηθεί καθώς και την ανάλυση που θα έχει η εικόνα .

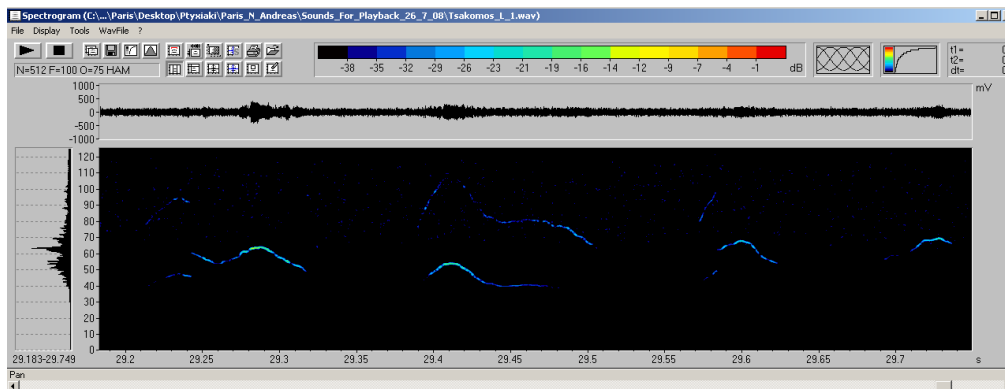
Στην επιλογή «LPC» και «Coefficients» ορίζεται εάν στο αρχείο πρόκειται να εφαρμοστεί η συγκεκριμένη κωδικοποίηση έτσι ώστε να εξομαλύνει την ανάλυση και να είναι πιο εμφανής η εικόνα. Όσο μεγαλύτερος αριθμός επιλεγεί, τόσο πιο αναλυτική θα είναι η κωδικοποίηση.

Μετά κρίνεται απαραίτητο να οριστεί το «Overlap» ή αλλιώς την επικάλυψη που θα γίνεται στα παράθυρα που έχουν ήδη οριστεί και αυτό για να επιτευχθεί μια καλύτερη χρονική ανάλυση όσο πιο μεγάλη είναι η επικάλυψη. Έτσι ορίζοντας

μέγεθος παραθύρου 512 δείγματα και επικάλυψη 75% προκύπτει ένα αρκετά αξιόπιστο αποτέλεσμα.

Η επιλογή «Floating point arithmetic» πάλι έχει να κάνει με την ακρίβεια του μετασχηματισμού σε συνδυασμό με την επεξεργαστική ισχύ που χρειάζεται κάτι που στα καινούργια υπολογιστικά συστήματα δεν δημιουργεί κάποιο πρόβλημα. Οι υπόλοιπες επιλογές αφορούν το κανάλι που πρόκειται να αναλυθεί, αν θα γίνει κάποια μεγέθυνση στην εικόνα καθώς και κάποια εξομάλυνση της.

Στο Σχήμα 18 είναι μία φασματική ανάλυση ενός υπέρηχου σύμφωνα με τα δεδομένα που έχουν προαναφερθεί. Αυτό που παρατηρείται είναι ότι η ακρίβεια είναι αρκετή για να εντοπιστεί που βρίσκεται το σήμα και να απομονωθούν οι ήχοι που είναι για περαιτέρω επεξεργασία. Για περισσότερη ακρίβεια στην επιλογή «Display» που βρίσκεται στο πάνω μέρος του φασματογραφήματος μπορεί να ενεργοποιηθεί η επιλογή «Autogain» έτσι ώστε καθώς η κίνηση είναι στο φασματογράφημα να ανανεώνει το πρόγραμμα αυτόματα την ένδειξη για την ένταση έτσι ώστε να κάνει ορατούς τους ήχους που είναι και σε πολύ μικρή ένταση σε σχέση με τη κλίμακα.

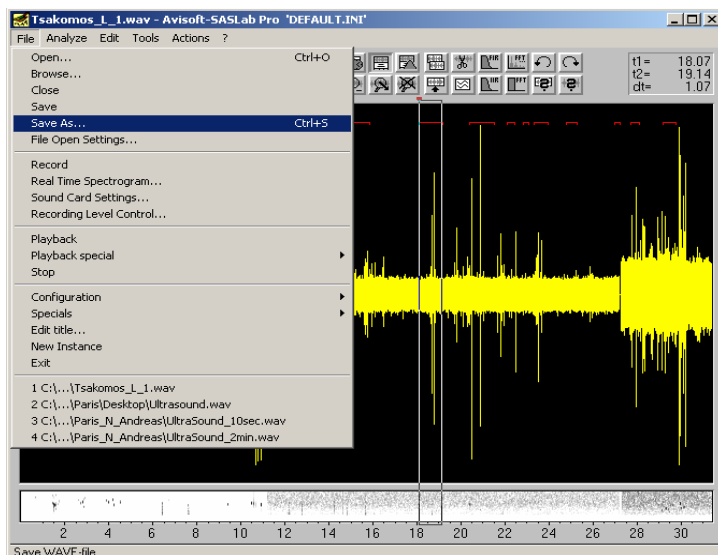


Σχήμα 18. Φασματογράφημα υπέρηχου με το SASLab Pro.

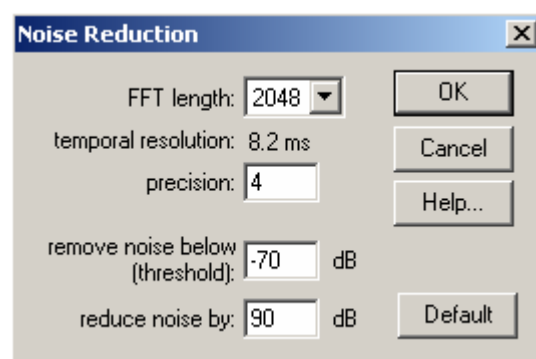
Αφού υπάρχει το φασματογράφημα και μπορούμε να εντοπιστεί πού βρίσκονται στο αρχείο οι ήχοι, τότε επιλέγεται η περιοχή αυτή με το ποντίκι και πατώντας δεξί κλικ εισάγεται δείκτης στην περιοχή αυτή με την επιλογή «Insert section label from marker» και έτσι τελειώνοντας στην αρχική οθόνη του προγράμματος φαίνονται οι δείκτες αυτοί στην γραφική παράσταση και μαρκάροντας τους, δεξί κλικ πάνω στο δείκτη και πατώντας την επιλογή «Mark», δύναται να κοπεί

το αρχείο και να δημιουργηθούν αρχεία με τους ήχους επιλέγοντας «File/Save» as όπως φαίνεται στο Σχήμα 19.

Μία επεξεργασία που μπορεί να κάνει το «SASLab Pro» που είναι χρήσιμη είναι η μείωση του θορύβου (noise reduction) που με την οποία μπορεί να αφαιρεθεί ότι βρίσκεται κάτω από μία συγκεκριμένη ένταση. Αυτή η επιλογή βρίσκεται στην επιλογή Edit/Filter/Noise Reduction (Σχήμα 20). Οι επιλογές που υπάρχουν είναι το παράθυρο FFT, η επιλογή «Precision» που ορίζει την ποιότητα της επεξεργασίας όπου εδώ μικρές τιμές δημιουργούν κλικ στα άκρα των παραθύρων και έτσι μια τιμή γύρω στο 7-10 είναι ιδανική αυτό βέβαια με κόστος την επεξεργαστική ισχύ. Η επιλογή «Remove noise below» ορίζει από ποία στάθμη και κάτω θα γίνει η επεξεργασία και η επιλογή reduce noise by ορίζει πόση μείωση σε dB θα εφαρμοστεί.

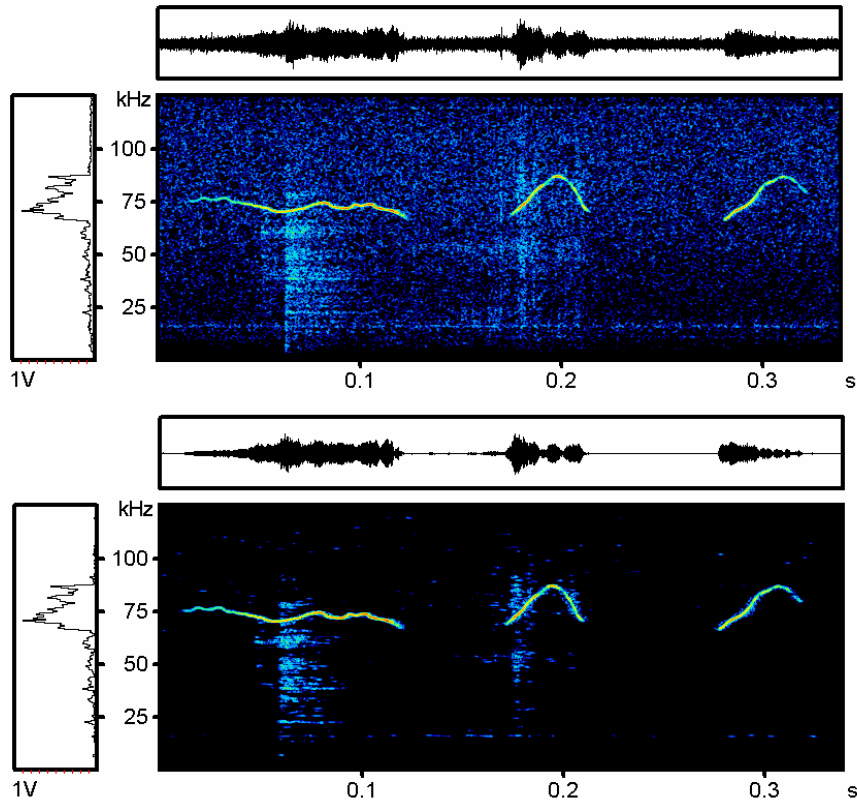


Σχήμα 19. Δημιουργία αρχείων υπερήχων με το SASLab Pro.



Σχήμα 20. Επεξεργασία μείωσης θορύβου.

Στο Σχήμα 21 είναι το αποτέλεσμα μετά από τη μείωση θορύβου σε ένα αρχείο υπέρηχου. Αυτό το οποίο δεν μπορεί να αγνοηθεί είναι ότι ο θόρυβος μειώνεται σε μεγάλο βαθμό και ο ήχος μας μένει ανεπηρέαστος.



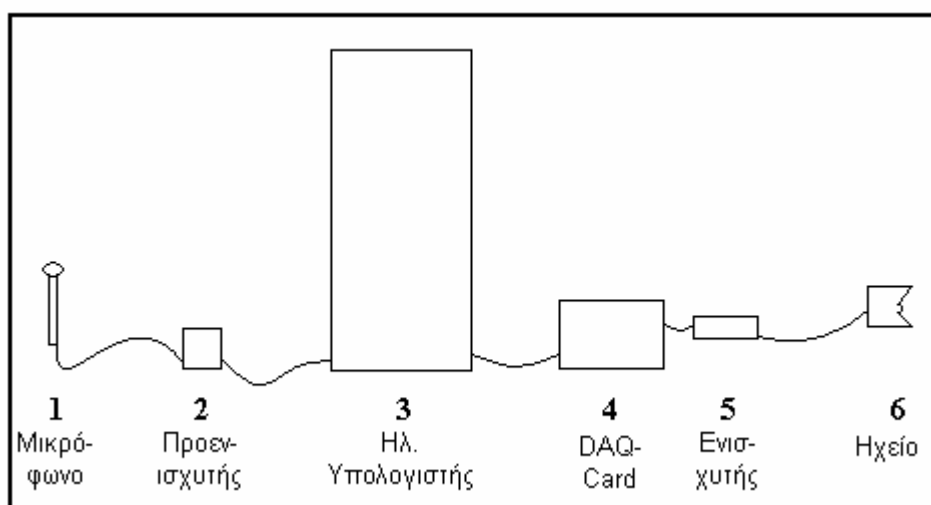
Σχήμα 21. Αποθορυβοποίηση αρχείου ήχου με το πρόγραμμα SASLab Pro.

4) Ανακεφαλαίωση και Αποτελέσματα

4.1) Επισκόπηση συστήματος

Μετά από την διεξοδική ανάλυση των προγραμμάτων και των μηχανημάτων κρίνεται απαραίτητο να γίνει μία ανακεφαλαίωση και όλα όσα έχουν ήδη αναφερθεί και σχολιαστεί να μπου σε μια σειρά ούτως ώστε να είναι πιο εύκολο στον χρήστη του συστήματος να πάρει μία εικόνα του συνόλου.

Παρατηρώντας το Σχήμα 22 απεικονίζονται όλα τα μηχανήματα συνδεδεμένα μεταξύ τους όπως θα πρέπει να είναι στην πραγματικότητα. Πρώτο είναι το μικρόφωνο (1) το οποίο στη συνέχεια το συνδέεται με τον προενισχυτή (2). Κατόπιν το σήμα εισέρχεται στον υπολογιστή (3) όπου γίνεται η επεξεργασία και μετά οδηγείται στην κάρτα DAQcard (4) και από εκεί στον ενισχυτή (5) ο οποίος οδηγεί το ηχείο (6).



Σχήμα 22. Το σύστημα όπως θα πρέπει να ενώνεται στη πραγματικότητα.

4.2) Επισκόπηση προγραμμάτων

Όσο αφορά τα προγράμματα αφού ο ήχος εισέλθει στον υπολογιστή μέσω του προγράμματος «SASLab Recorder USG», με τις κατάλληλες ρυθμίσεις που έχουν αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, ή σε μελλοντικές εφαρμογές μπορεί να χρησιμοποιηθεί και το πρόγραμμα ηχογράφησης που υλοποιήθηκε με το LabVIEW, τότε με το πρόγραμμα «SASLab Pro» κόβονται τα σημεία που ενδιαφέρουν και δημιουργούνται αρχεία με τους υπέρηχους για επεξεργασία. Επίσης μπορούν να αποθηκευτούν και τα φασματογραφήματα των αρχείων με στόχο στο μέλλον να είναι ήδη γνωστό πως είναι το κάθε αρχείο χωρίς να χρειάζεται να τα επεξεργαστεί κανείς ξανά.

Προχωρώντας αφαιρείται ο θόρυβος με το ίδιο πρόγραμμα και στη συνέχεια γίνεται εισαγωγή στο πρόγραμμα επεξεργασίας και φιλτράρισμα ώστε να γίνει εξαγωγή των συχνοτήτων που επιθυμούνται αλλά και για να έρθουν οι συχνότητες στη κατάλληλη ένταση έτσι ώστε όταν τα αρχεία παιχτούν από το ηχείο να μην υπάρχουν μεγάλες αποκλίσεις.

Αφού ολοκληρωθεί η επεξεργασία ανοίγεται το πρόγραμμα αναπαραγωγής και αναπαράγονται τα αρχεία.

5) Βιβλιογραφία

[1] http://en.wikipedia.org/wiki/Data_acquisition

[2] Monson H. Hayes. *Schaum's outline of Theory and problems of digital signal processing*, McGraw-Hill Companies Printed in U.S.A 1999.

[3] Σέργιος Θεοδωρίδης, Κώστας Μπερμπερίδης, Λευτέρης Κοφίδης. *Εισαγωγή στη θεωρία σημάτων και συστημάτων*, Γιώργος Δάρδανος Αθήνα 2005.

[4] Βαγγέλης Σπανδάγος. *Σειρές*, ΑΙΘΡΑ Αθήνα 1991.

[5] Steven W. Smith. *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing Second Edition*, California Technical Publishing.

[6] http://www.ni.com/labview/whatis/intuitive_graphical.htm

[7] Nasser Kehtarnavaz and Namjin Kim. *DSP System Level Design using LabVIEW*, Newnes Elsevier Printed in U.S.A.

[8] Gary W. Johnson and Richard Jennings. *Labview Graphical Programming Fourth Edition*, McGraw-Hill Publishing.

[9] Udo Zolzer. *DAFX Digital Audio Effects*, John Wiley & Sons Ltd West Sussex England April 2005.

[10] Εγχειρίδιο Προγράμματος LABView.

[11] Εγχειρίδιο Προγράμματος SASLab Pro.

[12] Εγχειρίδιο Προγράμματος SASLab Recorder USG.