

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*Σχεδιασμός & κατασκευή πρωτότυπου ηλεκτρονικού μουσικού οργάνου με χρήση
αισθητήρων από αγώγιμα και ημιαγώγιμα υλικά.*

Στέφανος – Αλέξανδρος Συμεού Α.Μ 1127

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Κατερίνα Τζεδάκη

Ευχαριστίες

Καθώς με το τέλος της παρούσας πτυχιακής εργασίας αποφοιτώ από το τμήμα, ευχαριστώ ιδιαίτερα:

Την καθηγήτρια μου Κατερίνα Τζεδάκη για την υπομονή της, τις συμβουλές της και την θετική ενέργεια της κάθε φορά που ερχόμαστε σε επαφή μαζί. Για μένα είναι πλέον δικός μου άνθρωπος.

Τον πατέρα μου Παύλο Συμεού για την αγάπη, υπομονή, τις συμβουλές του και την στήριξη του σε εμένα και τις δυο αδελφές μου Μαρία – Εστέλλα Συμεού και Χριστίνα Μόνικα Συμεού όλα αυτά τα χρόνια.

Τον κ. Τάκη Χαραλαμπούδη για τις συμβουλές του και την αμέριστη συμπαράσταση του.

Τον κ. Μιχάλη Θεοδωρίδη και Απόστολο Παντελή για την βοήθεια και τις συμβουλές τους.

Την Μαρίνα Κουρέλη με την οποία παλεύαμε και βαδίζαμε στα ίδια μήκη κύματος όλα τα φοιτητικά αυτά χρόνια, για την φιλία της.

Τον Θανάση Ρατάιντζικ για την βοήθεια του στο εργαστήριο μουσικής διάδραση και πολυφωνίας.

Τον K. Rodolphe Koehly για την βοήθειά του με το αγωγήμο χαρτί E, την υπάρχουσα εργασία του πάνω στα θέματα που μελέτησα για την πτυχιακή μου.

Τον κύριο Στέλιο Πιοτογιαννάκη για την βοήθεια του στα ηλεκτρονικά.

Τους φίλους Μιχάλη Φωτίου, Άγγελο Γεωργίου και Θεοχάρη Κονναρή, Λομούρι Γκίβι για την φιλοξενία τους και την στήριξη τους.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλο το τμήμα, φοιτητές και υπεύθυνους που το απαρτίζουν, για την στήριξη τους και την δυνατότητα που μου παρείχαν να εργαστώ στους χώρους της σχολής, χρησιμοποιώντας εξοπλισμό, υλικά και ό,τι άλλο μου ήταν απαραίτητο.

Η πτυχιακή αυτή εργασία αφιερώνεται στον πατέρα μου.

Περίληψη

Η πτυχιακή αυτή έρευνα ασχολείται με τον σχεδιασμό και την κατασκευή του πρωτότυπου ηλεκτρονικού μουσικού οργάνου SAS, που χρησιμοποιεί σαν διάμεσο ελέγχου, σύστημα από εργοστασιακούς και ιδιοκατασκευασμένους αισθητήρες. Το SAS προέκυψε έπειτα από πειραματισμούς και δοκιμές με διάφορες διατάξεις αισθητήρων, που είχαν σαν στόχο τους τον σχεδιασμό ενός ηλεκτρονικού μουσικού οργάνου – ελεγκτή, που να χρησιμοποιεί τον γραφίτη σαν βασικό υλικό. Αποτελείται από το διάμεσο ελέγχου (controller SAS), που αποτελείται από ένα σύστημα αισθητήρων και εξαρτημάτων που καταλήγουν σε έναν ασύρματο μικροεπεξεργαστή (I-CubeX (I-CubeX Wi-microDig)), τοποθετημένα σε ένα σκελετό από σωλήνα, και την μηχανή παραγωγής ήχου σχεδιασμένη σαν ένας αλγόριθμος στο προγραμματιστικό περιβάλλον Max/MSP.

Λέξεις κλειδιά:

Ηλεκτρονικό μουσικό όργανο, αισθητήρες, αισθητήρας κίνησης, γραφίτης, Max/MSP.

Title

The alternative controller SAS: Design and construction of a new controller for music performance.

Abstract

This research project is about the design and construction of the alternative electronic musical instrument *SAS*. The instrument- controller *SAS* which is presented here, is the result of various experiments with both handmade and ready- made sensors as parts of a new alternative control – interface for musical expression. It consists of an array of controllers embedded on a cylindrical tube and connected to the wireless Wi-microDig (I-CubeX). The design combines elements of the performance practices of string and wind musical instruments families. The application is also accompanied with a proposed - preliminary – mapping strategies with a ‘sound engine’ algorithm implemented in Max/MSP programming environment.

Keywords

Alternative musical instrument, control interface, electronic musical instrument, graphite, i-CubeX, Max/MSP, sensors, ribbon controller, electronic music.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	1
Περίληψη.....	2
Title – Abstract.....	3
Περιεχόμενα.....	4
Πίνακας Εικόνων.....	6
Πίνακας Σχημάτων.....	9
Εισαγωγή.....	10
Κεφάλαιο 1. Το ηλεκτρονικό μουσικό όργανο SAS.....	12
1.1 Το ηλεκτρονικό μουσικό όργανο SAS.....	12
1.1.1 Το διάμεσο ελέγχου (controller) SAS.....	14
1.2 Σχετικά για τα ηλεκτρονικά μουσικά όργανα.....	16
1.2.1 Αναλογικά και ψηφιακά ηλεκτρονικά μουσικά όργανα.....	16
1.2.2 Εργονομία των ηλεκτρονικών οργάνων.....	16
1.2.3 Εργονομία των ψηφιακών οργάνων.....	17
1.2.4 Αλληλεπίδραση μεταξύ εκτελεστή και συστήματος.....	18
1.2.4.1 Αισθητήρες – Είσοδοι του συστήματος.....	18
1.2.4.2 Ενεργοποιητές – Έξοδοι του συστήματος.....	19
1.2.5 Εναλλακτικοί ελεγκτές (Alternative Controllers).....	20
1.3 Αρχική Ιδέα.....	20
1.3.1 Ποτενσιόμετρο.....	20
1.3.2 Ο γραφίτης ως ωμικό υλικό.....	23
1.3.3 Πρώτος χειροποίητος αισθητήρας κίνησης.....	27
1.3.4 Theremin Cello.....	28
1.3.5 Αισθητήρας κίνησης (Ribbon controller ή Position sensor).....	29
1.3.6 Αγώγιμο χαρτί E.....	32
Κεφάλαιο 2. Κατασκευαστική δομή – Σχεδιασμός του οργάνου.....	35
2.1 Αποτελούμενα μέρη του controller SAS.....	35
2.1.1 Κυρίως Σώμα.....	36
2.1.1.1 Χειροποίητος αισθητήρας κίνησης δυο καναλιών.....	37
2.1.1.2 Αισθητήρας αέρα.....	45
2.1.1.3 Κυκλικός διακόπτης δώδεκα θέσεων.....	46
2.1.1.4 Ποτενσιόμετρα.....	48

2.1.2 Κάτω άκρο.....	52
2.1.3 Άνω άκρο.....	56
2.2 Θήκη του controller.....	57
Κεφάλαιο 3. Διάδραση οργάνου με το προγραμματιστικό περιβάλλον Max/Msp.....	58
3.1 Μικροεπεξεργαστής I-CubeX Wi-micoDig.....	58
3.2 Αλγόριθμος σύνθεσης ήχου.....	59
3.3 Αντικείμενο icubex digitizer.....	59
3.4 Ψηφιοποιημένες τιμές των αισθητήρων και εξαρτημάτων.....	61
3.4.1 Τιμές του διπλού αισθητήρα κίνησης.....	61
3.4.2 Τιμές του αισθητήρα αέρα.....	65
3.4.3 Τιμές του κυκλικού διακόπτη δώδεκα θέσεων.....	66
3.4.4 Τιμές των τεσσάρων ποτενσιόμετρων.....	69
3.4.4.1 Τιμές του πρώτου ποτενσιόμετρου.....	69
3.4.4.2 Τιμές του δεύτερου ποτενσιόμετρου.....	70
3.4.4.3 Τιμές του τρίτου ποτενσιόμετρου.....	71
3.4.4.4 Τιμές του τετάρτου ποτενσιόμετρου.....	72
3.5 Master Section.....	73
Συμπεράσματα.....	74
Βιβλιογραφία – Βιβλιογραφικές αναφορές.....	75
Παραρτήματα.....	77

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1: Αριστερά ο controller SAS και δεξιά η μηχανή παραγωγής του ήχου.....	13
Εικόνα 2: Μέρη του διάμεσου ελέγχου SAS.....	15
Εικόνα 3: Το αναλογικό ηλεκτρονικό μουσικό όργανο Theremin, και ο κατασκευαστής του.....	17
Εικόνα 4: Αριστερά φαίνεται το ηλεκτρονικό εξάρτημα ποτενσιόμετρο, και δεξιά η εσωτερική δομή του.....	20
Εικόνα 5: Τρεις περιπτώσεις σύνδεσης ωμόμετρο με ποτενσιόμετρο.....	21
Εικόνα 6: Αποτελούμενα μέρη ενός ποτενσιόμετρο.....	22
Εικόνα 7: Γραφίτης.....	22
Εικόνα 8: Πειραματισμοί με σχήματα από μολύβι, και η μέτρηση τους με το πολύμετρο.....	23
Εικόνα 9: Πως έγινε η συνδεσμολογία στον Arduino.....	24
Εικόνα 10: Μικροεπεξεργαστής Arduino και ζωγραφισμένο χαρτί με μολύβι.....	24
Εικόνα 11: Ψεκασμός με σπρέι γραφίτη σε λωρίδες χαρτιού.....	25
Εικόνα 12: Τελική μορφή του controller.....	26
Εικόνα 13: Χειρολαβή "πένα" ακουμπάει στο χαρτονάκι και διαιρείται η τάση.....	26
Εικόνα 14: Μικροεπεξεργαστής και η χειρολαβή του δεξιού χεριού με τρεις διακόπτες και ένα ποτενσιόμετρο.....	27
Εικόνα 15: Theremin Cello.....	28
Εικόνα 16: Αριστερά φαίνεται το άνω άκρο και δεξιά το κάτω άκρο του χειροποίητου αισθητήρα κίνησης.....	30
Εικόνα 17: Φαίνεται η αντίσταση προσαρμογής που ενώνει την είσοδο με την γείωση.....	31
Εικόνα 18: Οι δυο χειροποίητοι αισθητήρες που κατασκευάστηκαν.....	31
Εικόνα 19: Φαίνεται το χαρτί E, και ένα κομμάτι χαλκοταινίας.....	32
Εικόνα 20: Δυο κομμάτια ωμικού χαρτιού paper E.....	33
Εικόνα 21: Διαίρεση τάσης του αγώγιμου χαρτιού E.....	34
Εικόνα 22: Μέρη του διάμεσου ελέγχου SAS.....	35
Εικόνα 23: Αριστερά τα καρφωτικά με πάσα και δεξιά οι τρύπες που θα περνάνε τα καλώδια.....	36
Εικόνα 24: Το κυρίως σώμα με την οπή για το ξύλο του αισθητήρα κίνησης, και τα ξύλα στήριξης του.....	37
Εικόνα 25: Κάτοψη του αισθητήρα κίνησης 2 καναλιών.....	37
Εικόνα 26: Ξύλο του αισθητήρα τρυπημένο με τα εξαρτήματα του.....	38
Εικόνα 27: Διαδικασία κατασκευής του καβαλάρη.....	39
Εικόνα 28: Κόψιμο κλειδιών κουρδίσματος.....	39

Εικόνα 29: Κλειδιά κουρδίσματος απομονωμένα.....	40
Εικόνα 30: Κόψιμο βάσης σταθεροποίησης του διακόπτη.....	40
Εικόνα 31: Τύλιγμα καλωδίου γύρω από τον άξονα του καρφωτικού πάσου.....	41
Εικόνα 32: Πίσω μέρος του ξύλου του αισθητήρα κίνησης.....	41
Εικόνα 33: Τα καλώδια και αντίσταση προσαρμογής του ενός καναλιού του αισθητήρα κίνησης.....	42
Εικόνα 34: Άνω και κάτω άκρο του αισθητήρα κίνησης.....	43
Εικόνα 35: Άνω και κάτω άκρο του αισθητήρα κίνησης με σταθεροποιημένο πάνω το αγωγίμο χαρτί E.....	43
Εικόνα 36: Αισθητήρας κίνησης δυο καναλιών και άλλα εξαρτήματα.....	44
Εικόνα 37: Αισθητήρας αέρα (air sensor).....	45
Εικόνα 38: Τοποθέτηση του αισθητήρα αέρα.....	45
Εικόνα 39: Λαμάκι γωνία - Στήριξη του αισθητήρα αέρα.....	45
Εικόνα 40: Πάνω και κάτω όψη του κυκλικού διακόπτη 12 θέσεων.....	46
Εικόνα 41: Τιμές αντιστάσεων που κολλήθηκαν στον κυκλικό διακόπτη.....	46
Εικόνα 42: Κόλληση αντιστάσεων στον κυκλικό διακόπτη.....	47
Εικόνα 43: Θερμοσυστελλόμενο πλαστικό στους αντιστάτες για προστασία.....	47
Εικόνα 44: Τύπος ποτενσιόμετρου που χρησιμοποιήθηκε.....	48
Εικόνα 45: Τρία από τα 4 ποτενσιόμετρα που τοποθετήθηκαν έτοιμα να συνδεθούν στον μικροεπεξεργαστή.....	48
Εικόνα 46: Τρόπος για τα ποτενσιόμετρα και κυκλικό διακόπτη.....	49
Εικόνα 47: Τα τρία ποτενσιόμετρα και ο κυκλικός διακόπτης μέσα στον σωλήνα.....	49
Εικόνα 48: Εξαρτήματα και αισθητήρες τοποθετημένα στο κυρίως σώμα για δοκιμή.....	50
Εικόνα 49: Ξύλο στερέωσης του μικροεπεξεργαστή.....	51
Εικόνα 50: Ξύλο στερέωσης και ο μικροεπεξεργαστής έτοιμο.....	52
Εικόνα 51: Κυρίως σώμα με τα εξαρτήματα και τους αισθητήρες.....	52
Εικόνα 52: Τροφοδοτικό μέρος ενωμένο με το κυρίως σώμα.....	53
Εικόνα 53: Μπαταριοθήκη και διακόπτης τροφοδοσίας.....	54
Εικόνα 54: Κάτω άκρο με ανοικτό το τηλεσκοπικό κοντάρι.....	54
Εικόνα 55: Εσωτερικό του κάτω άκρου και κυρίως σώματος.....	55
Εικόνα 56: Ένωση βυσμάτων των δυο μερών.....	55
Εικόνα 57: Ένωση των δυο μερών με παξιμάδι και βίδες.....	55
Εικόνα 58: Μπρούντζινες ενώσεις αρσενικό – θηλυκό.....	56

Εικόνα 59: Ένωση του άνω άκρου με το κυρίως σώμα.....	56
Εικόνα 60: Τα τρία μέρη που αποτελούν τον controller.....	57
Εικόνα 61: Προστατευτική θήκη του controller επενδυμένη με σφουγγάρι.....	57
Εικόνα 62: Μικροεπεξεργαστής I-CubeX Wi-microDig και το Hack Plug (βύσμα) του.....	58
Εικόνα 63: Αντικείμενο [icubex.digitizer].....	60
Εικόνα 64: Εικονικό περιβάλλον του αντικειμένου [icubex.digitizer].....	60
Εικόνα 65: Ψηφιοποιημένες τιμές των αισθητήρων και εξαρτημάτων.....	61
Εικόνα 66: Subpatch [p strings].....	62
Εικόνα 67: Συχνοτικό εύρος που ορίζει ο χρήστης για τον αισθητήρα κίνησης.....	62
Εικόνα 68: Το εικονικό περιβάλλον των ταλαντωτών που έχει στην διάθεση του ο χρήστης το patch.....	63
Εικόνα 69: Subpatch [p gen] ενός από τους τέσσερις ταλαντωτές.....	63
Εικόνα 70: Δεύτερος ταλαντωτής της πρώτης χορδής.....	64
Εικόνα 71: Subpatch [p blow].....	65
Εικόνα 72: Πρώτο μέρος του subpatch [p rotary].....	66
Εικόνα 73: Δεύτερο μέρος του subpatch [p rotary].....	67
Εικόνα 74: Subpatch [p sel].....	68
Εικόνα 75: Πίνακας αντιστοιχίας του κυκλικού διακόπτη που έχει στην διάθεση του ο χρήστης.....	68
Εικόνα 76: Subpatch [p vols] του πρώτου ποτενσιόμετρου.....	69
Εικόνα 77: Subpatch [p fb1] του δεύτερου ποτενσιόμετρου.....	70
Εικόνα 78: Subpatch [p fb2] του τρίτου ποτενσιόμετρου.....	71
Εικόνα 79: Πρώιμες ανακλάσεις – Delays.....	71
Εικόνα 80: Subpatch [p moving] του τέταρτου ποτενσιόμετρου.....	72
Εικόνα 81: Αλγόριθμος κοκκοειδούς σύνθεσης ήχου (granular machine).....	72
Εικόνα 82: Master Section.....	73

Πίνακας Σχημάτων

Σχήμα 1: Human – Machine Interaction κατά τον Bert Bongers.....	18
Σχήμα 2: Εκτελεστής – Σύστημα. Performer-System κατά τον Bert Bongers.....	19
Σχήμα 3: Χειροποίητος αισθητήρας κίνησης.....	30
Σχήμα 4: Μετακίνηση δάκτυλου πάνω στην χορδή.....	30
Σχήμα 5: Κύκλωμα Χειροποίητου αισθητήρα κίνησης (position sensor) δυο καναλιών.....	42
Σχήμα 6: Κυκλικός διακόπτης έτοιμος να συνδεθεί με ένα κανάλι του I – Cube X.....	47
Σχήμα 7: Ποτενσιόμετρο με Hack Plug.....	48
Σχήμα 8: Κύκλωμα τροφοδοτικού μέρους.....	53

Εισαγωγή

Η πτυχιακή αυτή έρευνα ασχολείται με τον σχεδιασμό και την κατασκευή πρωτότυπου ηλεκτρονικού μουσικού οργάνου που χρησιμοποιεί σαν διάμεσο ελέγχου, σύστημα από εργοστασιακούς και ιδιοκατασκευασμένους αισθητήρες.

Το όργανο αυτό αποτελείται από το διάμεσο ελέγχου (ιδιοκατασκευή) και την μηχανή σύνθεσης ήχου που υλοποιείται στο προγραμματιστικό περιβάλλον Max/MSP.

Το διάμεσο ελέγχου του ηλεκτρονικού μουσικού οργάνου συμπεριλαμβάνει ποτενσιόμετρα, κυκλικό διακόπτη 12 θέσεων, αισθητήρα αέρος και ένα ιδιοκατασκευασμένο αισθητήρα θέσης. Ο ιδιοκατασκευασμένος διπλός αισθητήρας θέσης, και ο κυκλικός διακόπτης ελέγχουν το τονικό ύψος του παραγόμενου ήχου, ο αισθητήρας αέρος την ένταση, και τα ποτενσιόμετρα παραμέτρους που αφορούν την ένταση, την χροιά του παραγόμενου ήχου και μετατόπιση της θέσης ανάγνωσης του ηχητικού δείγματος σε αλγόριθμο κοκκοειδούς σύνθεσης ήχου.

Ο ιδιοκατασκευασμένος διπλός αισθητήρας κίνησης (ή θέσης), αποτελείται από ειδικό αγωγίμο χαρτί. Η χρήση αγωγίμων και ημιαγωγίμων υλικών όπως ο άνθρακας και ο γραφίτης, παρουσιάζουν ηλεκτρική αντίσταση, η οποία παίζει σημαντικό ρόλο τα τελευταία χρόνια στην κατασκευή ηλεκτρονικών εξαρτημάτων όπως ποτενσιόμετρα, faders και αισθητήρων όπως θέσης, αφού η αρχή λειτουργίας τους είναι η διαίρεση της ηλεκτρικής τάσης (διαφορά δυναμικού). Όλοι οι αισθητήρες καταλήγουν στην είσοδο ενός μικροελεγκτή – ψηφιοποιητή, ο οποίος ψηφιοποιεί τα αναλογικά τους σήματα.

Ο αλγόριθμος σύνθεσης ήχου σχεδιάστηκε στο προγραμματιστικό περιβάλλον Max/MSP όπου χρησιμοποιήθηκαν παραλλαγές διάφορων μεθόδων σύνθεσης ήχου, όπως προσθετική, κοκκοειδής (granular), διαμόρφωσης πλάτους και διαμόρφωσης συχνότητας.

Στο θεωρητικό μέρος της εργασίας, παρουσιάζονται τεχνικά και θεωρητικά θέματα του σχεδιασμού και της κατασκευής του ηλεκτρονικού μουσικού οργάνου SAS, ο τρόπος λειτουργίας του και οι πιθανές σχέσεις του με αντίστοιχες εφαρμογές.

Στο πρώτο κεφάλαιο επιχειρείται συνοπτική εισαγωγή στο τύπο αυτού του οργάνου και στην σχετική με αυτό ορολογία και βιβλιογραφία, και παρουσιάζεται η δομή και τα μέρη του, σχολιάζονται κάποια από τα προηγούμενα βήματα στον σχεδιασμό και την κατασκευή του, τα οποία και οδήγησαν στην σημερινή του μορφή.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται η κατασκευαστική δομή και ο σχεδιασμός του controller αναλυτικά με εικόνες και σχήματα από τα αποτελούμενα μέρη του.

Στην τελευταία θεματική ενότητα γίνεται αναφορά στην διαχείριση των ψηφιοποιημένων δεδομένων των αισθητήρων και εξαρτημάτων από τον μικροεπεξεργαστή στο προγραμματιστικό περιβάλλον Max/MSP. Αναφέρεται, επίσης, τι κάνουν τα δεδομένα αυτά στον αλγόριθμο σύνθεσης.

Κεφάλαιο 1: Το ηλεκτρονικό μουσικό όργανο SAS.

Στην πρώτη θεματική ενότητα περιγράφεται το ηλεκτρονικό μουσικό όργανο SAS. Γίνεται μια γενική αναφορά για τα ηλεκτρονικά μουσικά όργανα, και έπειτα αναφέρεται πως ξεκίνησε πειραματικά η κατασκευή του ηλεκτρονικού οργάνου, και ποιες ιδέες προέκυψαν κατά την κατασκευή του SAS.

1.1 Το ηλεκτρονικό μουσικό όργανο SAS.

Το ηλεκτρονικό μουσικό όργανο SAS (*Εικόνα 1*) πήρε το όνομα του από τα αρχικά του κατασκευαστή του, και αποτελεί ένα πρωτότυπο πειραματικό ηλεκτρονικό μουσικό όργανο. Αποτελείται από το διάμεσο ελέγχου (controller SAS) και την μηχανή παραγωγής ήχου. Η μηχανή παραγωγής ήχου έχει την μορφή λογισμικού σε υπολογιστή. Ο μουσικός - χρήστης ελέγχει με το διάμεσο ελέγχου τον αλγόριθμο σύνθεσης ήχου, ο οποίος έχει σχεδιαστεί στο προγραμματιστικό περιβάλλον Max/MSP (μηχανή παραγωγής του ήχου).

Στην εργασία αυτή, παρουσιάζεται μια εφαρμογή αντιστοίχισης παραμέτρων ελέγχου και ηχητικού-μουσικού συστήματος Το όργανο SAS, όμως, θα μπορούσε να ελέγχει και άλλες ειδικά για αυτόν σχεδιασμένες 'μηχανές παραγωγής ήχου'. Το συνταίριασμα των χειρονομιών ενός μουσικού, δεν φαίνεται να είναι μια εύκολη υπόθεση, παρόλα αυτά, αυτού του είδους τα νέα μουσικά όργανα, έχουν την ευελιξία στο μέρος τους που αφορά την παραγωγή του ήχου, ώστε να μπορεί κάποιος χωρίς μεγάλο κόπο, να κάνει αλλαγές και παραλλαγές, ανάλογα με τις απαιτήσεις της μουσικής, του συνθέτη ή του μουσικού. Η συγκεκριμένη μορφή και άκουσμα του οργάνου αυτού, είναι αποτέλεσμα του πειραματισμού και της σχεδιαστικής λογικής του συγγραφέα αυτού του κειμένου.

Το διάμεσο ελέγχου έχει σχήμα κυλινδρικό, βάρος: 2.3 Kg, ύψος: 160 cm ελάχιστο (κλειστό το σύστημα επέκτασης ύψους), 180 cm μέγιστο (ανοικτό το σύστημα επέκτασης ύψους), και διάμετρο: 50mm. Έτσι επιτρέπει στον χρήστη να κρατάει το διάμεσο, ελέγχου είτε καθιστός σε ψηλό σκαμπό, είτε όρθιος, λόγω του συστήματος επέκτασης ύψους, που έχει στο κάτω άκρο του. Ο χρήστης έχει, επίσης, την δυνατότητα να στηρίζει το κεφάλι του, εάν θέλει, στο πάνω μέρος του διαμέσου ελέγχου.

Ο ήχος παράγεται ενώ ο χρήστης φυσάει ή ρουφάει σε ένα σωληνάκι, καθώς παράλληλα χειρίζεται

δυο χορδές, ένα κυκλικό διακόπτη και τέσσερα ποτενσιόμετρα. Αν δεν φυσάει ή ρουφάει δεν παράγεται ήχος. Κατά μία έννοια, δηλαδή, δανείζεται ένα βασικό χαρακτηριστικό της εκτέλεσης των ακουστικών πνευστών μουσικών οργάνων, στα οποία ο μουσικός πρέπει να εξασκήσει σωματικό έργο για την παραγωγή του ήχου, φυσώντας (συνήθως) σε κάποιο επιστόμιο. Στο SAS μπορεί ο μουσικός - χρήστης όχι μόνο να φυσάει αλλά και να ρουφάει (πιο δύσκολο και όχι τόσο συνηθισμένο).

Με το δεξί χέρι ελέγχει το τονικό ύψος του παραγόμενου ήχου αγγίζοντας τις δυο μεταλλικές χορδές σε αγωγίμο χαρτί (ιδιοκατασκευή αισθητήρα θέσης), και ελέγχει την ένταση με το στόμα του φυσώντας ή αναπνέοντας (ρουφώντας) σε ένα αισθητήρα αέρα. Με το αριστερό χέρι ελέγχει παραμέτρους που αφορούν στην ένταση και την χροιά του παραγόμενου ήχου.

Έτσι, το όργανο αυτό, στο κομμάτι του διάμεσου ελέγχου (controller), απαιτεί από τον χειριστή του (μουσικό) να χρησιμοποιήσει και τα δύο του χέρια μαζί με την αναπνοή του. Το θετικό είναι ότι η τοποθέτηση του οργάνου είναι τέτοια που δεν χρειάζεται να στηρίζει και το βάρος του οργάνου ο χρήστης του, και σε αυτό μοιάζει με όργανα όπως το cello, το κοντραμπάσσο και το φαγκότο. Υπάρχει μια ακόμη ομοιότητα και δανεισμός από την παράδοση μουσικής εκτέλεσης των εγχόρδων οργάνων που είναι η χρήση του αισθητήρα κίνησης με τις δύο μεταλλικές χορδές. Αυτές, όμως, δεν παράγουν ικανή ένταση (από σχεδιαστική επιλογή), λόγω απουσίας κάποιου αντηχείου. Στις ενότητες που ακολουθούν θα παρουσιαστεί το διάμεσο ελέγχου SAS, και από ποια μέρη αποτελείται. Θα γίνει μια αναφορά στα ηλεκτρονικά μουσικά όργανα, και τέλος θα αναφερθεί πως ξεκίνησε η αρχική ιδέα που οδήγησε σημερινή μορφή του controller.



Εικόνα 1: Αριστερά ο controller SAS και δεξιά η μηχανή παραγωγής του ήχου.

1.1.1 Το διάμεσο ελέγχου (controller) SAS

Το διάμεσο ελέγχου αποτελούν τρία κομμάτια από πλαστική σωλήνα PVC που ενώνονται μεταξύ τους και έτσι φθάνει σε ύψος περίπου ενός μέσου ανθρώπου. Πάνω στον πλαστικό σκελετό υπάρχουν οι αισθητήρες και τα εξαρτήματα που συνδέονται με ένα μικροεπεξεργαστή.

Συγκεκριμένα το διάμεσο ελέγχου αποτελείται από (Εικόνα 2):

- 1) Άνω άκρο
- 2) Κυρίως σώμα
- 3) Κάτω άκρο

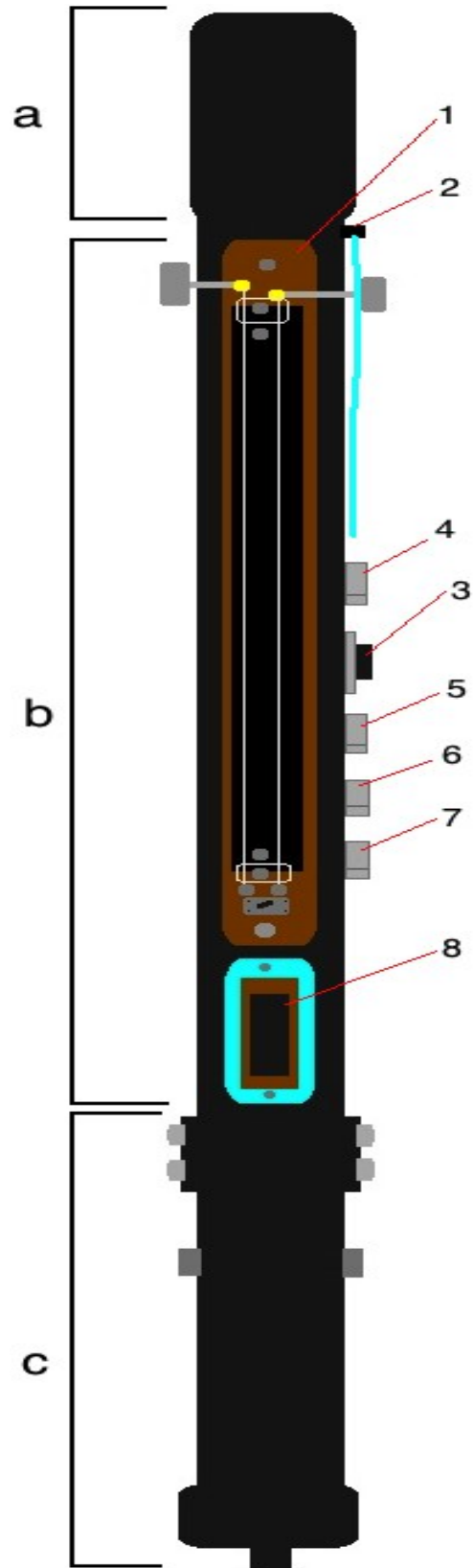
Το άνω άκρο (a) αποτελεί την κεφαλή στήριξης του controller στους ώμους-κεφάλι του χειριστή (σαν βιολί) και βιδώνει με το κυρίως σώμα στην συναρμολόγηση.

Το κυρίως σώμα (b) είναι το μεγαλύτερο κομμάτι πλαστικού σωλήνα από τα τρία. Πάνω του βρίσκονται τοποθετημένα τα 8 εξαρτήματα και οι αισθητήρες (οι οποίοι αναφέρονται πιο κάτω, και αναλύονται λεπτομερώς στις επόμενες σελίδες) και μέσα ο μικροεπεξεργαστής.

Το κάτω άκρο (c) αποτελεί το κομμάτι που στηρίζεται ο controller στο έδαφος, με το σύστημα επέκτασης ύψους, καθώς και το τροφοδοτικό μέρος του μικροεπεξεργαστή (9V battery case + switch on/off).

Το κυρίως σώμα αποτελείται (βλ. Εικόνα 2) από:

1. Χειροποίητος αισθητήριας κίνησης (position sensor) δυο καναλιών.
2. Αισθητήρας αέρα (air sensor) της εταιρίας I-CubeX (Air v1.2).
3. Κυκλικός διακόπτης δώδεκα θέσεων (rotary switch 12 position).
4. Ποτενσιόμετρο (potentiometer) 10 kΩ.
5. Ποτενσιόμετρο (potentiometer) 10 kΩ.
6. Ποτενσιόμετρο (potentiometer) 10 kΩ.
7. Ποτενσιόμετρο (potentiometer) 10 kΩ.
8. Ασύρματος Μικροεπεξεργαστής 8 καναλιών I-CubeX Wi-microDig.



Εικόνα 2: Μέρη του διάμεσου ελέγχου SAS.

1.2 Σχετικά για τα Ηλεκτρονικά μουσικά όργανα

Στην πράξη κάθε μέσο που μπορεί να παράγει ήχους, μπορεί να χαρακτηριστεί ως μουσικό όργανο. Ηλεκτρονικά μουσικά όργανα ονομάζονται αυτά που εμπεριέχουν ηλεκτρονικά κυκλώματα σαν αναπόσπαστο μέρος του συστήματος παραγωγής του ήχου (Τζεδάκη, 2011).

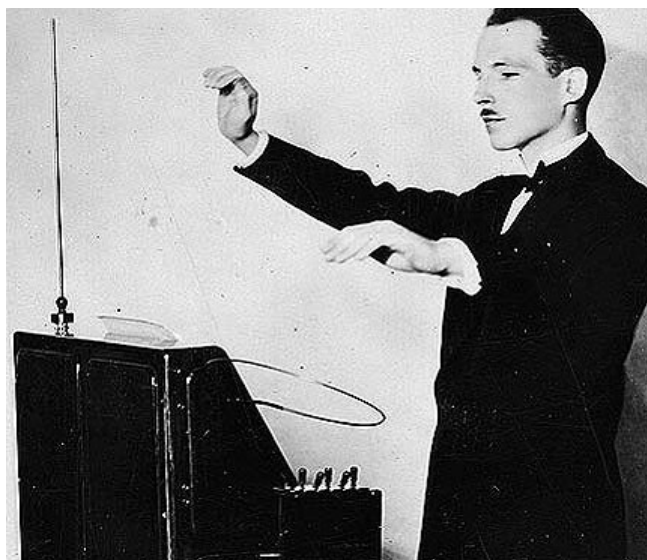
1.2.1 Αναλογικά και Ψηφιακά ηλεκτρονικά μουσικά όργανα

Τα ηλεκτρονικά μουσικά όργανα, ως προς τον τρόπο κατασκευής τους, μπορεί να είναι ή αναλογικά ή ψηφιακά. Στα αναλογικά ηλεκτρονικά μουσικά όργανα, ο ήχος παράγεται συνήθως από κάποιο ταλαντωτή, και δεν προκύπτει ψηφιοποίηση του σε κανένα στάδιο επεξεργασίας πριν από την έξοδο του. Ένα παράδειγμα αναλογικού ηλεκτρονικού οργάνου είναι τα Moog συνθεσάιζερ του Robert Moog. Τα ψηφιακά μουσικά όργανα (DMIs – Digital Musical Instruments), όπως αναφέρει ο Rodolphe Koehly στη διδακτορική διατριβή του (Koehly, R., 2011:2) είναι μουσικά όργανα που αποτελούνται από μια επιφάνεια ελέγχου - διεπαφής (control interface) και μια μονάδα παραγωγής ήχου (συνήθως υπολογιστής). Τα δύο αυτά μέρη είναι ανεξάρτητες μονάδες οι οποίες συσχετίζονται μεταξύ τους με στρατηγικές αντιστοίχισης.

1.2.2 Εργονομία των ηλεκτρονικών οργάνων

Από τότε που ανακαλύφθηκε ο ηλεκτρισμός, οι άνθρωποι άρχισαν να τον χρησιμοποιούν σαν μέσο παραγωγής του ήχου. Καθώς εξελισσόταν η επιστήμη της ηλεκτρονικής, αποτέλεσε το νέο μέσο κατασκευής για όλα τα είδη συσκευών των τηλεπικοινωνιών, και τα ηλεκτρονικά μουσικά όργανα άρχισαν να γίνονται πιο πολύπλοκα. Από το πρώτο μισό του 20ου πρώτου αιώνα πολλά νέα ηλεκτρονικά μουσικά όργανα ξεφύτρωσαν. Πολλά από αυτά ήταν βασισμένα σε πλήκτρα (keyboard) καθώς είχαν αποδειχθεί μια ευέλικτη διεπαφή (interface), αφού υφίσταντο αιώνες πριν μουσικά όργανα όπως το πιάνο, το εκκλησιαστικό όργανο, το τσέμπαλο κτλ.

Ένα ενδιαφέρον πρώιμο ηλεκτρονικό μουσικό όργανο (αναλογικό) είναι το Theremin (εφευρέθηκε από τον Ρώσο Leon Theremin το 1920). Στο Theremin (*Εικόνα 3*) ο χρήστης χρησιμοποιεί τα δύο του χέρια για να μεταβάλλει το μαγνητικό πεδίο του οργάνου μέσω δυο αντένων (χωρίς να ακουμπάει στο όργανο), μεταβάλλοντας έτσι τον τόνο και την ένταση του ήχου που παράγεται από έναν ταλαντωτή.



Εικόνα 3: Το αναλογικό ηλεκτρονικό μουσικό όργανο Theremin, και ο κατασκευαστής του.

Οι σχεδιαστές οργάνων στο πρώτο μισό του 20ου αιώνα φαίνεται πως εκμεταλλεύτηκαν την ελευθερία σχεδιασμού που τους παρείχε το νέο μέσο (επιστήμη της ηλεκτρονικής) που έδινε περισσότερη ελευθερία στον σχεδιασμό, το σχήμα και τις διαστάσεις του οργάνου σε σχέση με τα συμβατικά μουσικά όργανα (π.χ. όπου ένα όργανο για να παράγει χαμηλούς τόνους έπρεπε να έχει μεγάλο όγκο).

1.2.3 Εργονομία των ψηφιακών οργάνων

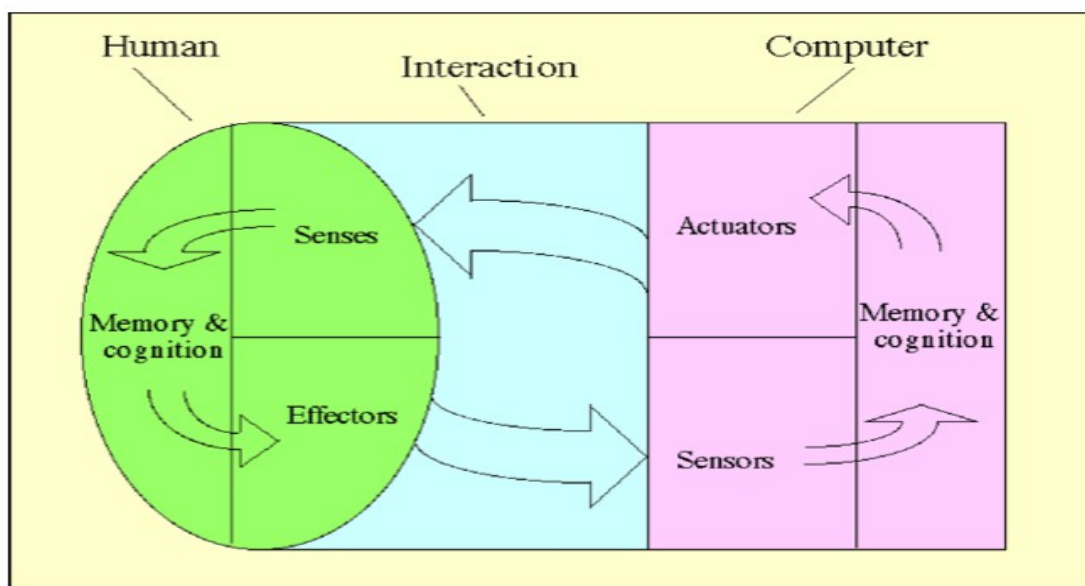
Για πολλά χρόνια, τα πλήκτρα (keyboards) και ένας αριθμός ποτενσιόμετρων και διακοπών αποτελούσαν τα καθιερωμένα αντικείμενα διεπαφής (interface) για την παραγωγή ηλεκτρονικής μουσικής. Στις μέρες μας υπάρχει ευρεία ποικιλία από διαθέσιμους αισθητήρες, οι οποίοι μπορούν να ανιχνεύσουν διάφορα φυσικά μεγέθη (όπως κίνηση, πίεση κτλ) και να τα μετατρέψουν σε ηλεκτρικό ανάλογο, έτσι ώστε να ελέγχονται σήματα όπως παράμετροι, για μια ηλεκτρονική (ψηφιακή ή αναλογική) πηγή ήχου.

Η εισαγωγή στο MIDI πρωτόκολλο το 1983 ανεξαρτητοποίησε τη συσκευή έλεγχου (control device) από την πηγή ήχου εισάγοντας νέες δυνατότητες ελέγχου.

Ένα πρώιμο πειραματικό παράδειγμα MIDI controller είναι “τα χέρια” (the hands) του Michel Waisvisz. Η διεπαφή αυτή αποτελείτο από αισθητήρες τοποθετημένους σε δύο ξύλινα πλαίσια τα οποία εφάρμοζαν στα χέρια του χειριστή. Οι αισθητήρες μετέτρεπαν τις κινήσεις των χεριών, μπράτσων και τα αγγίγματα των δακτύλων σε MIDI μηνύματα από τα οποία έλεγχαν τον παραγόμενο ήχο.

1.2.4 Αλληλεπίδραση μεταξύ εκτελεστή και συστήματος

Η αλληλεπίδραση (interaction) μεταξύ του εκτελεστή και συστήματος αφορά τον έλεγχο και την ανάδραση (control and feedback). Η αλληλεπίδραση λαμβάνει χώρα μέσω μιας διεπαφής (ή οργάνου), η οποία μετατρέπει ενέργειες πραγματικού χρόνου σε σήματα στο εικονικό πεδίο του συστήματος. Αυτά είναι ηλεκτρικά σήματα που συνήθως ψηφιοποιούνται και δρομολογούνται έτσι ώστε να μεταβάλλουν τις παραμέτρους κάποιου αλγόριθμου σύνθεσης ήχου. Το σύστημα ελέγχεται από τον χρήστη, και η ανάδραση τον βοηθάει να ελέγξει τους ήχους που παράγονται. Ο Bert Bongers (Σχήμα 1), απεικονίζει τα συστήματα που ενεργοποιούνται κατά την διάδραση ανθρώπου και υπολογιστή.



Σχήμα 1: Human – Machine Interaction κατά τον Bert Bongers

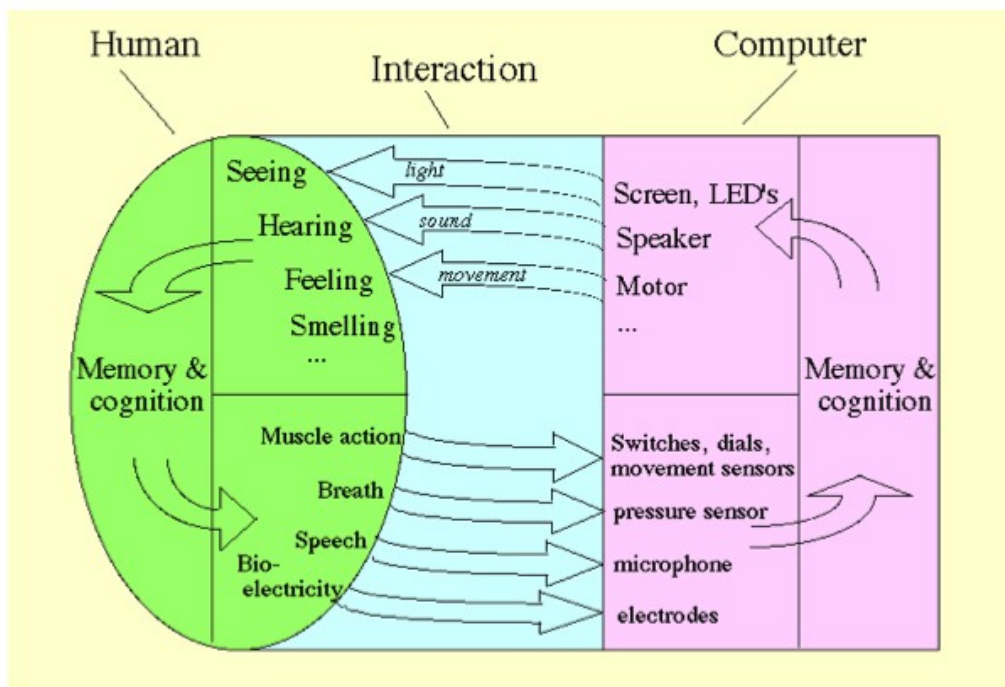
1.2.4.1 Αισθητήρες – Είσοδοι του συστήματος

Αισθητήρας ονομάζεται μια συσκευή που ανιχνεύει ένα φυσικό μέγεθος και παράγει από αυτό μια μετρήσιμη έξοδο. Μετατρέπει, δηλαδή, μια φυσική ενέργεια (από το περιβάλλον) σε ηλεκτρικό σήμα (έτοιμο να εισαχθεί ως δεδομένο σε μια είσοδο ενός συστήματος). Υπάρχουν αισθητήρες που ανιχνεύουν διαφορετικά φυσικά μεγέθη. Για παράδειγμα, αισθητήρες κινητικής πίεσης, επιτάχυνσης, φωτός, αέρα, δονήσεων, ηλεκτρομαγνητικών πεδίων, υπερήχων κτλ..

1.2.4.2 Ενεργοποιητές – Έξοδοι του συστήματος

Οι έξοδοι των μηχανών, είναι οι ενεργοποιητές (actuators). Οι ενεργοποιητές κάνουν την αντίθετη δουλειά με αυτήν των αισθητήρων, δηλαδή μετατρέπουν τα ηλεκτρικά σήματα του συστήματος σε άλλες ενέργειες (φυσικά μεγέθη), έτσι ώστε να τις αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος - χρήστης. Για παράδειγμα, ένα μεγάφωνο μετατρέπει εναλλαγές της ηλεκτρικής ενέργειας σε ανάλογες εναλλαγές της ακουστικής πίεσης μέσω των μηχανικών ταλαντώσεών του, έτσι ώστε να τις αντιλαμβάνεται το αισθητήριο όργανο ακοής του ανθρώπου, το αυτί. Μια οθόνη προβάλλει εικόνες ή video που προέκυψαν από την μετατροπή των αντιστοίχων ψηφιακών σημάτων (αριθμούς 0,1) ώστε να τις αντιλαμβάνεται το αισθητήριο όργανο της όρασης του ανθρώπου, το μάτι. Η αλληλεπίδραση συνήθως προέρχεται από μια διεπαφή (μουσικό όργανο). Όπως φαίνεται στο πιο πάνω σχεδιάγραμμα, η διεπαφή είναι μέρος του συστήματος ή της μηχανής και περιλαμβάνει τους αισθητήρες (sensors) και τους ενεργοποιητές (actuators).

Η αλληλεπίδραση του ανθρώπου με τα συστήματα, όπως απεικονίζεται από τον Bert Bongers (Σχήμα 2), γίνεται μέσω των ενεργειών του προς τα εξαρτήματα και τους αισθητήρες εισόδου του συστήματος, και έπειτα το παραγόμενο αποτέλεσμα γίνεται αντιληπτό από τους ενεργοποιητές εξόδου του συστήματος, μέσω των αισθήσεων του.



Σχήμα 2: Εκτελεστής – Σύστημα. Performer - System κατά τον Bert Bongers.

1.2.5 Εναλλακτικοί ελεγκτές (Alternative controllers)

Ένα νέο μουσικό όργανο μπορεί να έχει ένα εντελώς διαφορετικό διάμεσο ελέγχου από τα γνωστά μέχρι σήμερα ακουστικά ή ηλεκτρονικά μουσικά όργανα. Το Theremin του Leon Theremin και το Thunder του Don Buchla είναι ένα από τα πρώτα τέτοια παραδείγματα μουσικών οργάνων.

1.3 Αρχική ιδέα

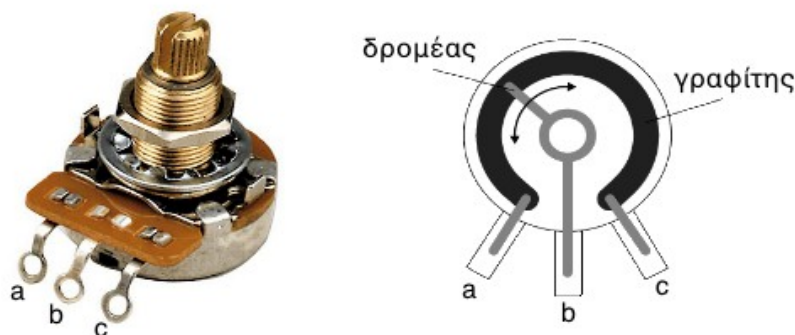
Στο μάθημα που πραγματοποιήθηκε κατά την φοίτησή μου στο ΤΕΙ, ηλεκτρονικά μουσικά όργανα, ζητήθηκε η κατασκευή ενός ηλεκτρονικού οργάνου.

Η αρχική ιδέα, ήταν να τοποθετηθούν μερικοί αισθητήρες και ηλεκτρονικά εξαρτήματα σε ένα κομμάτι πλαστικού σωλήνα και μέσω πειραματισμών και δοκιμών να εξελιχθεί ο σχεδιασμός του οργάνου.

Ένα ζήτημα που δημιούργησε προβληματισμό, ήταν η κατασκευή ενός ηλεκτρονικού εξαρτήματος που θα έκανε την ίδια δουλειά με το ποτενσιόμετρο (καταρχήν δεν είχε προκύψει ως ενδεχόμενο η χρήση αισθητήρα κίνησης). Ήταν επιθυμητό η περιστροφική κίνηση του ποτενσιόμετρου να γινόταν παλινδρομικά και να αντιστοιχίζεται στο μήκος μιας επιφάνειας, ώστε με ένα τέτοιο εξάρτημα να μεταβαλλόταν το τονικό ύψος του παραγόμενου ήχου του οργάνου.

1.3.1 Ποτενσιόμετρο

Το ποτενσιόμετρο (Εικόνα 4) είναι μια μεταβλητή αντίσταση, η τιμή της οποίας αλλάζει μηχανικά με την περιστροφή του άξονα που βρίσκεται στο εξάρτημα. Καθώς περιστρέφεται ο άξονας, η αντίσταση μεταβάλλεται από 0Ω μέχρι την μέγιστη τιμή αντίστασης (ή αντίθετα ανάλογα με την φορά περιστροφής) η οποία αναγράφεται αριθμητικά πάνω στο εξάρτημα.



Εικόνα 4: Αριστερά φαίνεται το ηλεκτρονικό εξάρτημα ποτενσιόμετρο, και δεξιά η εσωτερική δομή του.

Το ποτενσιόμετρο έχει τρεις ακροδέκτες a, b, c (Εικόνα 4). Οι δυο ακριανοί a,c είναι συνδεδεμένοι στα άκρα του αγώγιμου υλικού (συνήθως γραφίτης με άλλες προσμίξεις). Ο ακροδέκτης b ονομάζεται δρομέας, και γυρίζει στην αγώγιμη επιφάνεια με την βοήθεια του άξονα περιστροφής. Αν συνδεθεί ένα ωμόμετρο τους ακροδέκτες a και c θα μετρηθεί η αναγραφόμενη ωμική αντίσταση του ποτενσιόμετρου (γυρνώντας τον δρομέα δεν θα παρατηρηθεί καμία μεταβολή της αντίστασης (Εικόνα 5). Αν συνδεθεί το ωμόμετρο στον ακροδέκτη a και στον δρομέα, τότε θα παρατηρηθεί πως γυρνώντας τον άξονα αριστερόστροφα η αντίσταση μεταβάλλεται από 0Ω μέχρι την μέγιστη (αναγραφόμενη). Αν συνδεθεί το ωμόμετρο στον ακροδέκτη c και b, τότε αριστερόστροφα παρατηρείται το αντίθετο.

Στην πιο κάτω εικόνα φαίνονται οι 3 περιπτώσεις σύνδεσης του ωμόμετρου στο ποτενσιόμετρο.

1. Περίπτωση σύνδεσης ακροδεκτών a, c με ωμόμετρο.
2. Περίπτωση σύνδεσης ακροδεκτών a, b με ωμόμετρο.
3. Περίπτωση σύνδεσης ακροδεκτών b, c με ωμόμετρο.



Εικόνα 5: Τρεις περιπτώσεις σύνδεσης ωμόμετρο με ποτενσιόμετρο.

Στην περίπτωση που σε ένα κύκλωμα συνδεθούν μόνο οι ακροδέκτες a, b ή b, c τότε το ποτενσιόμετρο λειτουργεί σαν μια μεταβαλλόμενη αντίσταση (ροοστάτης) και έτσι ελέγχει το ρεύμα του κυκλώματος.

Στην περίπτωση που σε ένα κύκλωμα συνδεθούν και οι τρεις ακροδέκτες, τότε το ποτενσιόμετρο ελέγχει την τάση ή την διαίρεση τάσης του κυκλώματος. Δηλαδή αν εφαρμοστεί διαφορά

δυναμικού 5V στους ακροδέκτες a και c (το a συνδεθεί στην τροφοδοσία και το c στην γείωση), και μετρηθεί με βολτόμετρο ο ακροδέκτης b και c ή a, τότε καθώς περιστρέφεται ο άξονας θα παρατηρηθεί πως η τάση μεταβάλλεται από τα 0V στα 5V ανάλογα με την φορά περιστροφής.

Τα ποτενσιόμετρα βρίσκονται σχεδόν σε όλα τα κυκλώματα των ηχητικών διατάξεων και ελέγχουν διάφορες παραμέτρους όπως volume, signal routing, tuning, gain, panning, κτλ.

Για την μελέτη της λειτουργίας του, έγινε μια πλήρης αποσυναρμολόγηση ενός ποτενσιόμετρου (Εικόνα 6).



Εικόνα 6: Αποτελούμενα μέρη ενός ποτενσιόμετρου.

Ύστερα από την μελέτη αυτή, αναζητήθηκε το αγώγιμο υλικό που χρησιμοποιείται στο εξάρτημα αυτό για αντίσταση, το οποίο είναι ο γραφίτης (και άλλες προσμίξεις), το ίδιο υλικό που έχουν τα κοινά μολύβια.



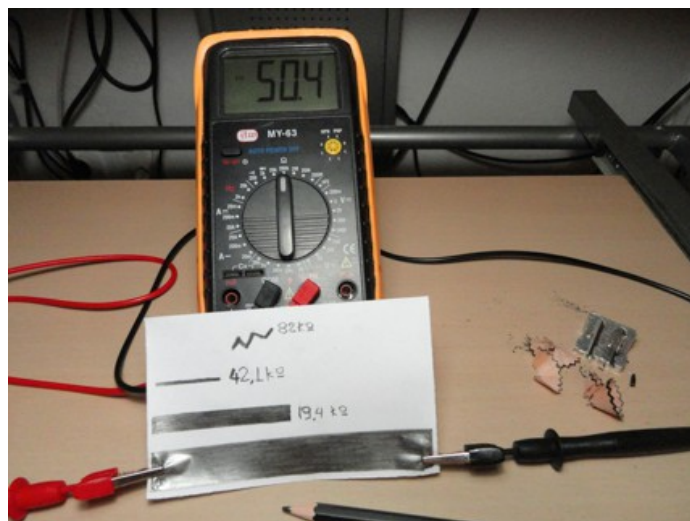
Εικόνα 7: Γραφίτης.

1.3.2 Ο γραφίτης ως ωμικό υλικό

Ο γραφίτης (graphite) είναι ορυκτή πολυμορφική μορφή του άνθρακα (“Γραφίτης”, 2013). Είναι αγωγίμο υλικό, αφού παρουσιάζει ωμική αντίσταση του ηλεκτρικού ρεύματος.

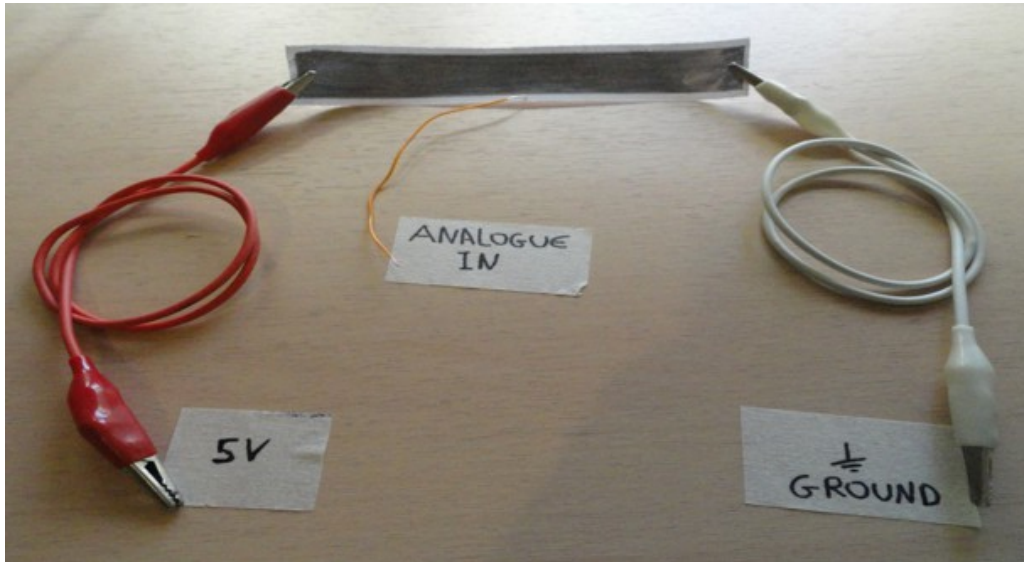
Για την παρούσα εργασία, αρχικά πραγματοποιήθηκε ο σχεδιασμός διαφόρων σχημάτων με το μολύβι, ενώ στην συνέχεια μετριόταν η ωμική αντίσταση με το ωμόμετρο (Εικόνα 8).

Όταν οι δυο ακροδέκτες του πολύμετρου βρίσκονται στα άκρα κατά μήκος του σχήματος, εκεί υπάρχει η μεγαλύτερη αντίσταση. Καθώς παραμένει σταθερός ο ένας ακροδέκτης στο ένα άκρο και το άλλο κινείται κατά μήκος του σχήματος, η αντίσταση μεταβάλλεται ανάλογα (είναι σαν γραμμικό ποτενσιόμετρο).

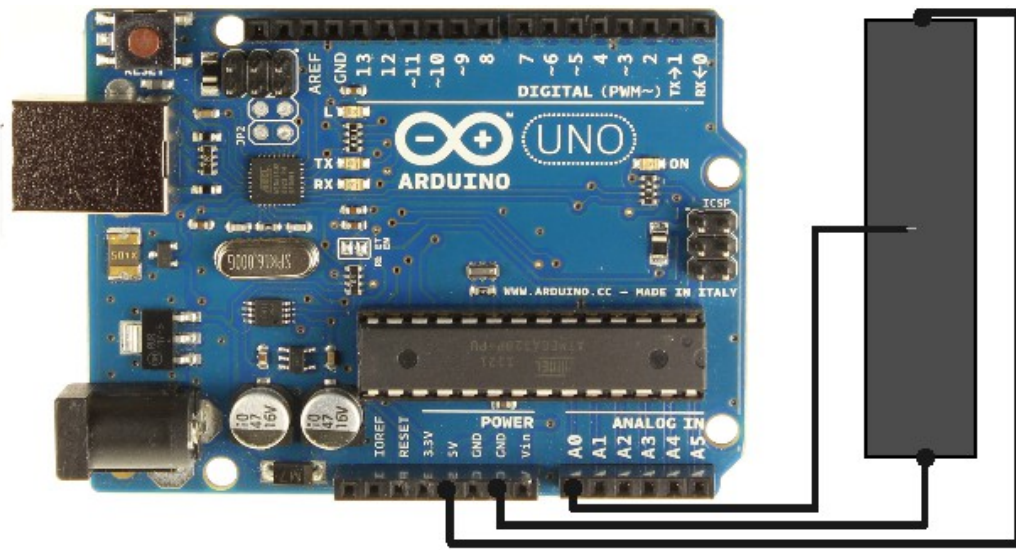


Εικόνα 8: Πειραματισμοί με σχήματα από μολύβι, και η μέτρηση τους με το πολύμετρο.

Συνδέθηκε η μία άκρη της ζωγραφισμένης αντίστασης στα 5V και η άλλη άκρη στην γείωση (ground) του μικροεπεξεργαστή arduino (ο μικροεπεξεργαστής που χρησιμοποιήθηκε στη πρώτη απόπειρα ιδιοκατασκευής), και ένα κομμάτι καλώδιο σε μια αναλογική είσοδο (analogue in ή signal in) του μικροεπεξεργαστή. Μετακινώντας το καλώδιο (analogue in ή signal in) κατά μήκος της αντίστασης, η τάση διαιρείται από 0V-5V, ανάλογα με τη θέση. Ο μικροεπεξεργαστής μετέφραζε αυτήν την διαίρεση τάσης σε ένα πεπερασμένο εύρος τιμών (128 τιμών), όπου αντιστοιχούσε τα 0V με το 0, τα 5V με το 127, και οποιαδήποτε ενδιάμεση μεταβολή (διαίρεση τάσης), αντίστοιχα μεταξύ του 0-127 (7 bit scale).



Εικόνα 9: Πως έγινε η συνδεσμολογία στον Arduino.



Εικόνα 10: Μικροεπεξεργαστής Arduino και ζωγραφισμένο χαρτί με μολύβι.

Ύστερα από πρόταση καθηγητή του τμήματος, ξεκίνησε ο πειραματισμός χρήσης γραφίτη σε μορφή σπρέι, με τον ψεκασμό σε λωρίδες χαρτιού (Εικόνα 11), και τη μέτρηση της αντίστασης που παρείχαν με το πολύμετρο.

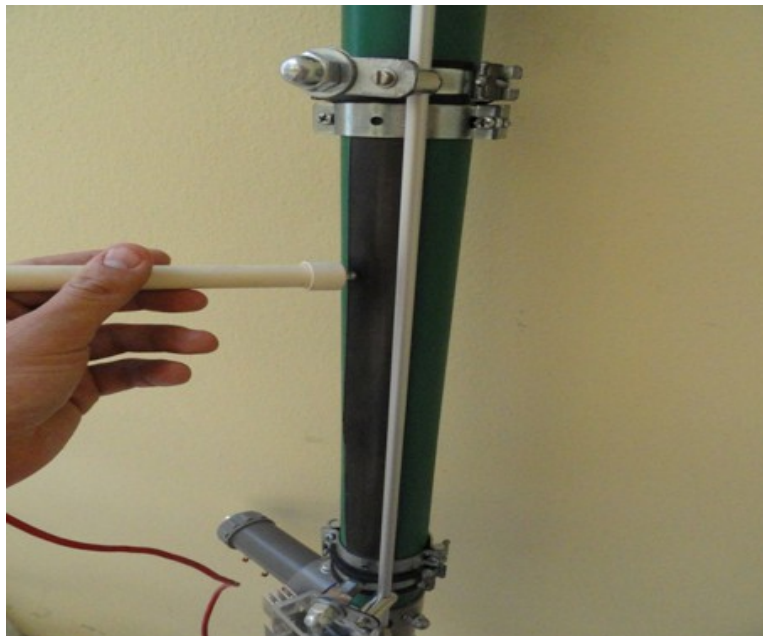


Εικόνα 11: Ψεκασμός με σπρέι γραφίτη σε λωρίδες χαρτιού

Με το ψεκασμό γραφίτη στο χαρτί δημιουργήθηκε ένα πιο ομοιόμορφο αποτέλεσμα (η αντίσταση μεταβαλλόταν πιο γραμμικά) σε σχέση με αυτό της ζωγραφιάς με το μολύβι. Η τελική αντίσταση στα δυο άκρα είναι ανάλογη του μήκους και πλάτους του χαρτιού, όπως και του αριθμού των ψεκασμών (στρώσεων του υλικού).



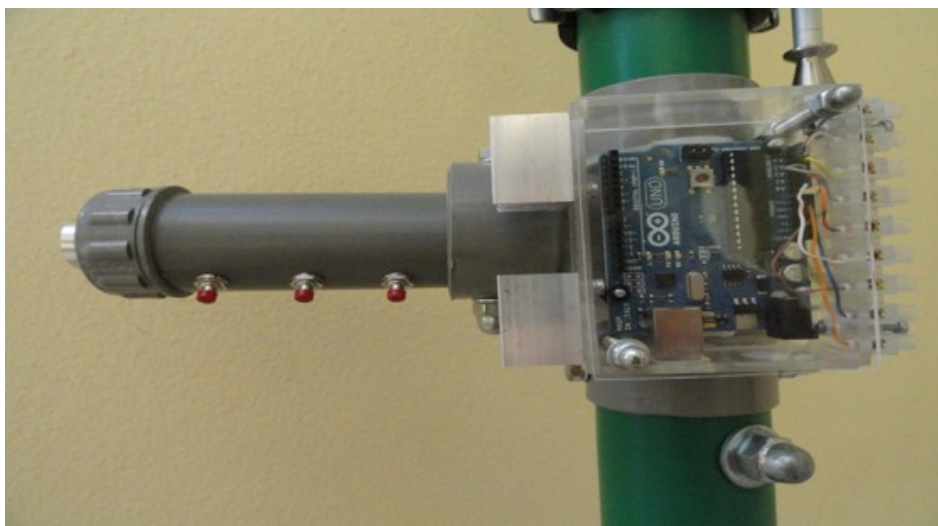
Εικόνα 12: Τελική μορφή του controller.



Εικόνα 13: Χειρολαβή "πένα" ακουμπάει στο χαρτονάκι και διαιρείται η τάση.

Το χαρτονάκι είναι πακτωμένο στον σωλήνα με δυο μεταλλικά δακτυλίδια στα άκρα. Το ένα είναι συνδεδεμένο με καλώδιο στην τροφοδοσία (5V) του arduino, ενώ το άλλο στο ground (γείωση). Ένα καλώδιο είναι συνδεδεμένο σε μια αναλογική είσοδο (περνάει μέσα από την πλαστική

χειρολαβή που κρατάει ο χρήστης) του μικροεπεξεργαστή και έτσι καθώς ο χειριστής μετακινεί την χειρολαβή “πένα” πάνω στο χαρτονάκι, διαιρεί την τάση των 5V (Εικόνα 13). Αυτή η κίνηση μεταφράζεται σαν αλλαγή του τονικού ύψους στο προγραμματιστικό περιβάλλον Max/MSP.



Εικόνα 14: Μικροεπεξεργαστής και η χειρολαβή του δεξιού χεριού με τρεις διακόπτες και ένα ποτενσιόμετρο.

Ο χειριστής στηρίζει το όργανο στον λαιμό του (σαν το βιολί). Με το αριστερό χέρι, κρατώντας την χειρολαβή “πένα”, ελέγχει το τονικό ύψος ενώ με το δεξί χέρι ελέγχει την ένταση του τόνου με το ποτενσιόμετρο (μικρό δάκτυλο) και με τους τρεις διακόπτες μπορεί να αλλάξει preset στο patch.

Έπειτα από την κατασκευή αυτού του controller, προέκυψε ο δεύτερος controller SAS που αποτέλεσε την εργασία αυτή.

1.3.3 Πρώτος χειροποίητος αισθητήρας κίνησης

Επόμενο στάδιο, ήταν η κατασκευή ενός χειροποίητου αισθητήρα κίνησης ή θέσης (ribbon controller), έτσι ώστε να ελέγχεται το τονικό ύψος χωρίς την χρήση της χειρολαβής - “πένας”. Ένα πρώιμο παράδειγμα ηλεκτρονικού μουσικού οργάνου που δούλευε με ribbon controller είναι το Theremin Cello.

1.3.4 Theremin Cello

Το Theremin Cello, είναι ένα ηλεκτρονικό αναλογικό όργανο του Ρώσου Leon Theremin (κατασκευάστηκε το 1930), το οποίο έχει μια μαύρη εύκαμπτη πλαστική ταινία, η οποία είναι συνδεδεμένη στο ηλεκτρονικό κύκλωμα του οργάνου. Ο μουσικός καθώς την πιέζει με το δάκτυλο του, παράγει ένα τόνο. Μεταβάλλοντας την θέση του δακτύλου του κατά μήκος της ταινίας, μεταβάλλεται και ο παραγόμενος τόνος του οργάνου. Στην *εικόνα 13*, φαίνεται ο ίδιος ο κατασκευαστής του οργάνου, όπου με το αριστερό του χέρι ελέγχει το τονικό ύψος του τσέλου, και με το δεξί το πλάτος του παραγόμενου τόνου, ανεβοκατεβάζοντας μια χειρολαβή.

Ένας από τους πρώτους αισθητήρες που χρησιμοποιήθηκαν για το σχεδιασμό του Theremin Cello και παρόμοιων οργάνων ήταν ο αισθητήρας κίνησης (Koehly, R., 2011:24), ο οποίος περιγράφεται πιο κάτω.



Εικόνα 15: Theremin Cello

1.3.5 Αισθητήρας Κίνησης (Ribbon controller ή Position Sensor)

Αισθητήρας κίνησης (ή “θέσης”) είναι μια ηλεκτρονική διάταξη η οποία μεταφράζει την κίνηση κατά μήκος της επιφάνειας του, σε ηλεκτρική τάση. Θα μπορούσε να παρομοιαστεί με ένα “ξετυλιγμένο” ποτενσιόμετρο, αφού η αρχή λειτουργίας του είναι η διαίρεση τάσης.

“Ο αισθητήρας κίνησης αντιστοιχεί και εκφράζει την κίνηση του δακτύλου του χειριστή κατά μήκος της επιφάνειας του, σε ηλεκτρική αντίσταση, η οποία αντιστοιχεί σε ηλεκτρική τάση”

Ο βασικός σχεδιασμός ενός αισθητήρα κίνησης είναι απλός. Όπως αναφέρει ο Rodolphe Koehly (2011) αποτελεί μια ωμική λωρίδα (ταινία) στα δυο άκρα της οποίας εφαρμόζεται μια διαφορά δυναμικού (τάση). Το ένα άκρο συνδέεται στην πηγή τάσης που παρέχει ο μικροεπεξεργαστής (5V στην πιο συνηθισμένη περίπτωση), και το άλλο άκρο στην γείωση (ground).

Παράλληλα της ωμικής λωρίδας, τοποθετείται ένα αγώγιμο υλικό (με 0 ωμική αντίσταση) σε ύψος ελάχιστων χιλιοστών (2-3mm), χωρίς να άπτεται σε αυτήν. Το αγώγιμο υλικό (μπορεί να είναι μια εύκαμπτη, αγώγιμη ταινία, όπως χαλκοταινία) που συνδέεται σε μια αναλογική είσοδο του μικροεπεξεργαστή. Στην περίπτωση της παρούσας πτυχιακής χρησιμοποιήθηκε μια μεταλλική χορδή κιθάρας

Καθώς το αγώγιμο υλικό δεν αγγίζει την τροφοδοτούμενη ωμική λωρίδα, δεν παρουσιάζει καμία τάση στην αναλογική είσοδο. Όταν το δάκτυλο φέρνει σε επαφή το αγώγιμο υλικό με την ωμική ταινία, και μετακινείται κατά μήκος της, παρουσιάζονται μεταβολές της τάσης. Αυτές οι μεταβολές είναι ανάλογες του σημείου θέσης στην ωμική ταινία, στην αναλογική είσοδο του μικροεπεξεργαστή.

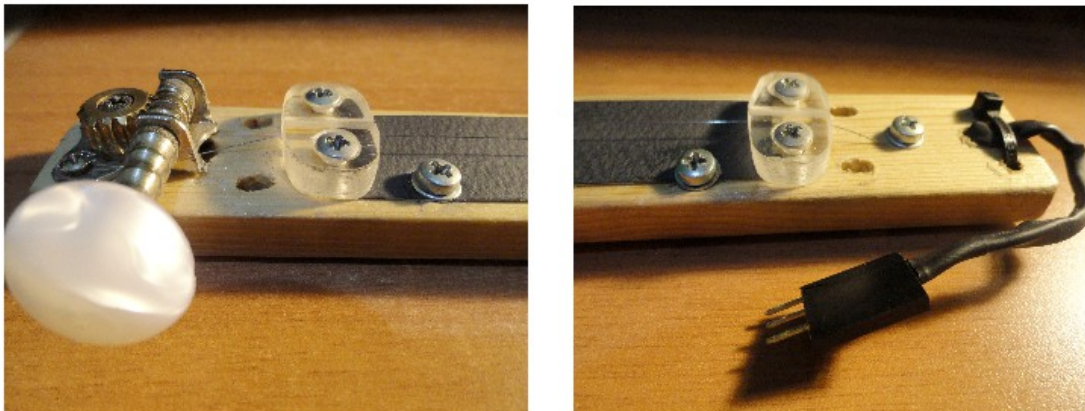
Μετά από πειραματισμό στο εργαστήριο μουσικής διάδρασης και πολυφωνίας χρησιμοποιήθηκαν:

1. Ένα ξύλο στήριξης.
2. Μια μεταλλική χορδή κιθάρας (αγώγιμο υλικό).
3. Ένα κλειδί κουρδίσματος.
4. Δύο κομματάκια από πλαστικό για καβαλάρη της χορδής στα δυο άκρα.
5. Χαρτονάκι με ψεκασμένο γραφίτη (ωμική λωρίδα).
6. Βίδες.
7. Μια αντίσταση 10 kΩ.

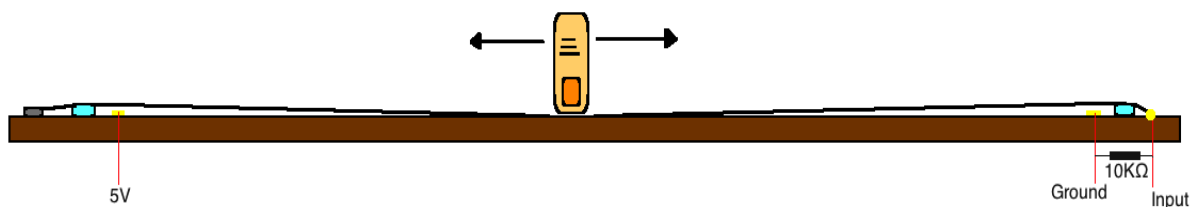


Σχήμα 3: Χειροποίητος αισθητήρας κίνησης.

Όλα τα υλικά τοποθετήθηκαν στο ξύλο (Σχήμα 3). Το ψεκασμένο με γραφίτη χαρτονάκι (ωμική ταινία) σταθεροποιήθηκε στο ξύλο, και στις 2 ακριανές βίδες τοποθετήθηκαν μονόκλιωνα καλώδια για την τροφοδοσία 5V και την γείωση (ground). Η χορδή στηρίχθηκε στην μία άκρη από το κλειδί κουρδίσματος και στην άλλη άκρη σε μια βίδα, η οποία συνδέθηκε στην αναλογική είσοδο (analogue in). Περαιτέρω σταθεροποίηση επιτεύχθηκε από δύο κομματάκια πλαστικό πάνω από το χαρτονάκι. Μια αντίσταση 10 kΩ ένωσε την γείωση με το Input, έτσι ώστε σε κατάσταση που δεν πατάει ο χρήστης την χορδή, να μην στέλνονται τυχαίες τιμές στον digitizer - μικροεπεξεργαστή.

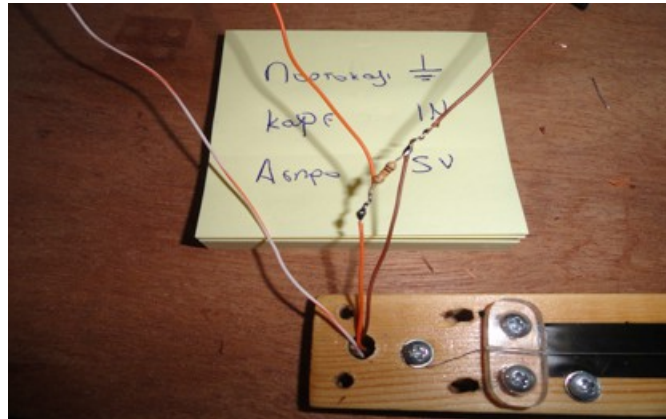


Εικόνα 16: Αριστερά φαίνεται το άνω άκρο και δεξιά το κάτω άκρο του χειροποίητου αισθητήρα κίνησης.

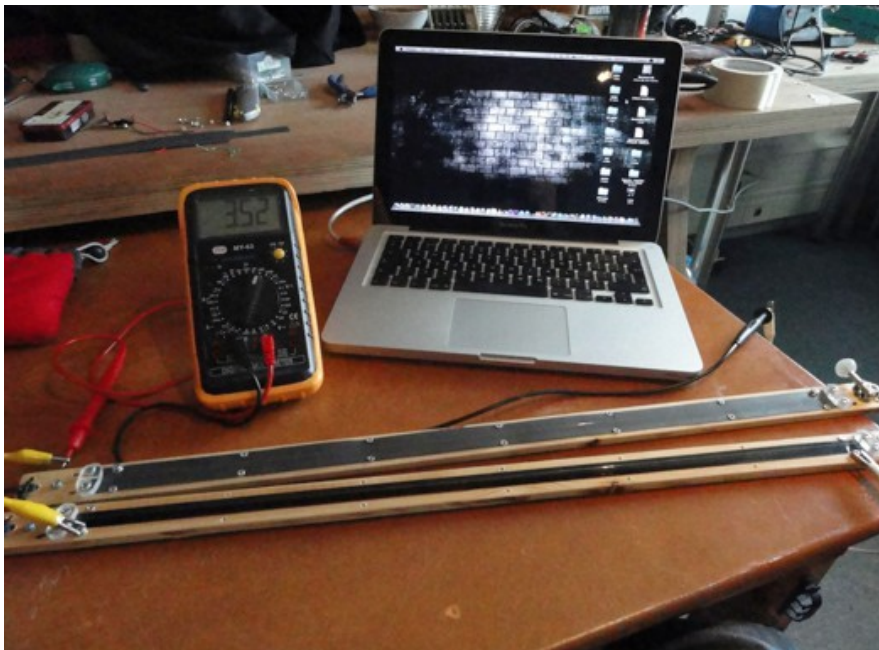


Σχήμα 4: Μετακίνηση δάκτυλου πάνω στην χορδή.

Καθώς το δάκτυλο πατάει και μετακινεί την μεταλλική χορδή στο χαρτονάκι (Σχήμα 4), διαιρεί την τάση των 5V. Η διαίρεση τάσης των 5V, μεταφράζεται μέσω του digitizer I-Cube X σε αντιστοιχία των αριθμών 0-1023 (10 bit scale) για την τάση 0V-5V, όπου τα 0V αντιστοιχίζονται στη θέση του δακτύλου στο κάτω άκρο (δεξιά στο Σχήμα 4), και 5V στο άνω άκρο (αριστερά στο Σχήμα 4).



Εικόνα 17: Φαίνεται η αντίσταση προσαρμογής που ενώνει την είσοδο με την γείωση.



Εικόνα 18: Οι δυο χειροποίητοι αισθητήρες που κατασκευάστηκαν.

Στον πρώτο αισθητήρα κίνησης τοποθετήθηκε χαρτονάκι ψεκασμένο με γραφίτη και η αντίσταση στα άκρα του μετρήθηκε 32.8 k Ω , ενώ στον δεύτερο τοποθετήθηκε βιντεοταινία SVHS (ωμικό υλικό), όπου η αντίσταση στα άκρα του μετρήθηκε 3.52 M Ω . Στην πρώτη περίπτωση, η αντίσταση μεταβάλλονταν κατά μήκος ομοιόμορφα και υπήρχε διαίρεση τάσης σε όλο το μήκος του

αισθητήρα. Στην δεύτερη περίπτωση, λόγω της μεγάλης αντίστασης, δεν υπήρχε διαίρεση τάσης σε όλο το μήκος του αισθητήρα. Στην πρώτη περίπτωση όμως, μετά από παρατεταμένη χρήση του αισθητήρα, τα δάκτυλα του χειριστή λερώνονταν από τον γραφίτη λόγω της τριβής, μειώνοντας την ομοιομορφία του στο χαρτονάκι.

1.3.6 Αγώγιμο χαρτί Paper E

Το αγώγιμο χαρτί (ωμικό χαρτί) paper E είναι κατασκευή – πατέντα του Rodolphe Koehly (*Paper - based conductive Electrode sheets - paper E -*), ο οποίος ασχολείται με χειροποίητους αισθητήρες. Έχει διαστάσεις 23 x 30 cm, είναι κατασκευασμένο από ίνες κυτταρίνης και από χρωστικές ουσίες του άνθρακα και έχει ωμική αντίσταση περίπου 1 kΩ ανά φύλλο. Έγινε η παραγγελία του από την σελίδα του στο διαδίκτυο για να δοκιμαστεί η απόκρισή του και για να αποφευχθεί το φαινόμενο που περιγράφηκε παραπάνω με την χρήση του ψεκασμένου χαρτονιού (μείωση ομοιομορφίας αντίστασης και μαυρίσματος των δακτύλων του χρήστη).



Εικόνα 19: Φαίνεται το χαρτί E, και ένα κομμάτι χαλκοταινίας.

Κόπηκαν δυο λωρίδες αυτού του υλικού, πλάτους 30cm x 2.5cm. Η αντίσταση του ενός κομματιού μετρήθηκε στα 6.8 kΩ και του άλλου στα 7.2 kΩ.



Εικόνα 20: Δυο κομμάτια ωμικού χαρτιού paper E.

Οι δύο λωρίδες ενώθηκαν με χαλκοταινία. Η ολική αντίσταση ήταν 14 kΩ. Το χαρτί E στερεώθηκε σε μια ξύλινη κατασκευή (Εικόνα 21) που δημιουργήθηκε για την παρατήρηση της διαίρεσης τάσης των διάφορων ωμικών υλικών που δοκιμάστηκαν. Τέλος, ενώθηκε το ένα άκρο του Βολτόμετρου στην γείωση (ground) και το άλλο άκρο μετακινείται στο χαρτί E για να μετριέται η διαίρεση τάσης κατά μήκος του.



Εικόνα 21: Διαίρεση τάσης του αγώγιμου χαρτιού E.

Κεφάλαιο 2: Κατασκευαστική δομή – Σχεδιασμός του οργάνου.

Σε αυτήν την θεματική ενότητα θα αναλυθεί το κατασκευαστικό μέρος του controller SAS.

2.1 Αποτελούμενα μέρη του controller SAS

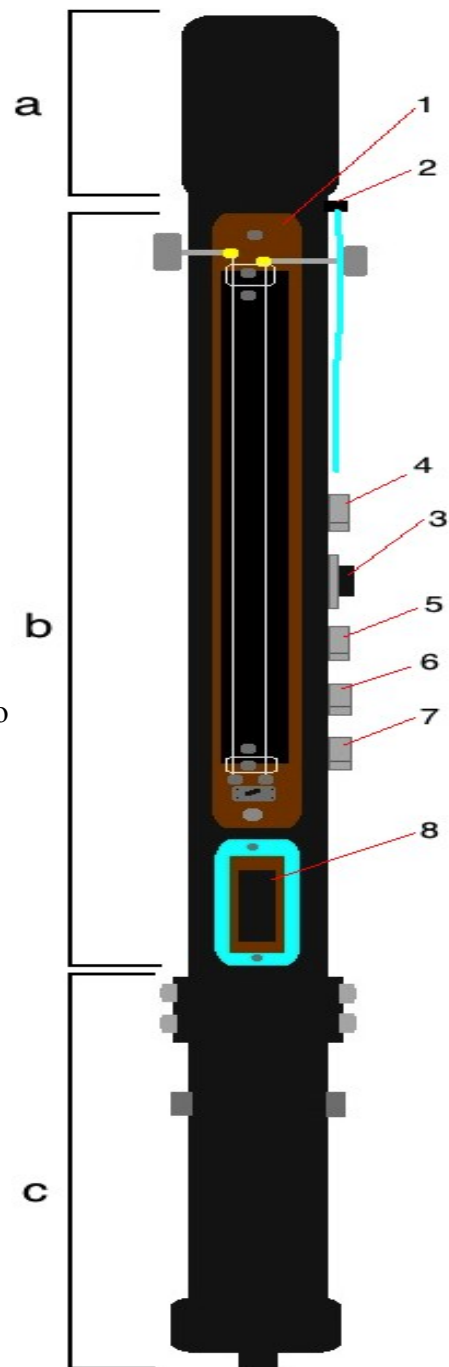
Όπως αναφέρθηκε και στο θεωρητικό μέρος, ο controller SAS αποτελείται από 3 ξεχωριστά μέρη τα οποία ενώνονται μεταξύ τους.

Αποτελούμενα Μέρη:

- a) Άνω Άκρο
- b) Κυρίως Σώμα
- c) Κάτω Άκρο

Αποτελούμενα μέρη του κυρίως σώματος

1. Χειροποίητος αισθητήριας κίνησης (position sensor) δυο καναλιών.
2. Αισθητήριας αέρα (air sensor) της εταιρίας I-CubeX (Air v1.2).
3. Κυκλικός διακόπτης δώδεκα θέσεων (rotary switch 12 position)
4. Ποτενσιόμετρο (potentiometer) 10 kΩ.
5. Ποτενσιόμετρο (potentiometer) 10 kΩ.
6. Ποτενσιόμετρο (potentiometer) 10 kΩ.
7. Ποτενσιόμετρο (potentiometer) 10 kΩ.
8. Ασύρματος Μικροεπεξεργαστής 8 I-CubeX Wi-microDig.



Εικόνα 22: Μέρη του διάμεσου ελέγχου SAS.

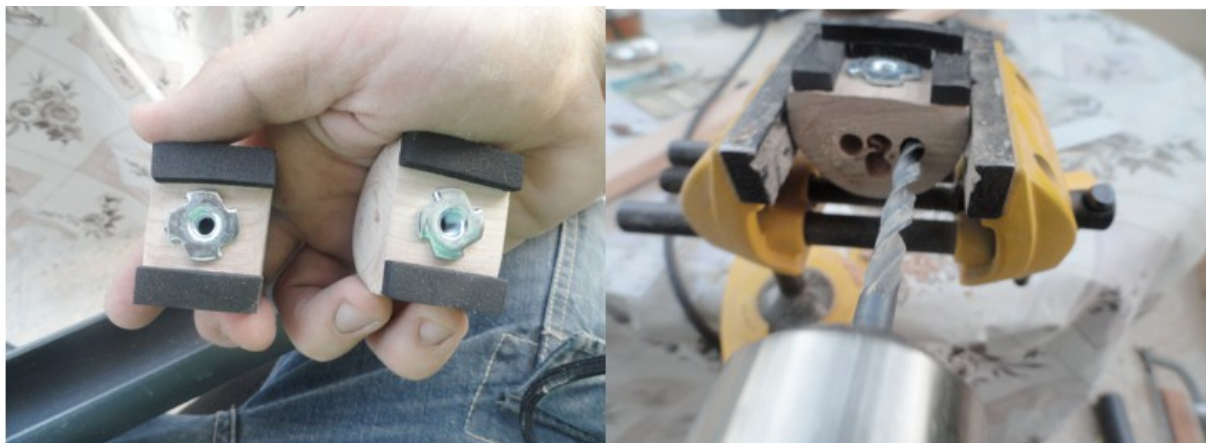
Μέρος της πτυχιακής κατασκευάστηκε στο εργαστήριο Μουσικής Διάδρασης και Πολυφωνίας του τμήματος, στο οποίο βρήκα αρκετά εργαλεία για να φτιάξω το controller.

2.1.1 Κυρίως Σώμα

Ο σκελετός του controller SAS αποτελείται από τρία μέρη πλαστικής σωλήνας PVC 50mm.

Ακολούθησε το κόψιμο και το τρίψιμο του ξύλου που αποτέλεσε τον χειροποίητο αισθητήρα κίνησης. Έγινε κοπή πολλών ξύλων για την ύπαρξη εφεδρικών προς πειραματισμό. Κατασκευάστηκαν με αυτά οι δυο πρώτοι πειραματικοί αισθητήρες που απεικονίζονται στην εικόνα 18. Τελικά αποφασίστηκε ότι στον controller θα τοποθετηθεί διπλός αισθητήρας κίνησης για πειραματισμό. Κόπηκαν ξύλα (Εικόνα 23) με διάμετρο 50mm, για να τοποθετηθούν μέσα στο κυρίως σώμα, και να χρησιμοποιηθούν σαν σημεία στήριξης για το ξύλο του αισθητήρα κίνησης. Τρίφτηκαν στο πάνω μέρος τους, για να είναι 3mm πιο χαμηλά από την οπή, έτσι ώστε να μπει το μισό ξύλο του αισθητήρα κίνησης μέσα στην οπή.

Τρυπήθηκε το κέντρο του πάνω μέρους των ξύλων στήριξης, για να μπει καρφωτικό με πάσα στα οποία βιδώθηκε το άνω και κάτω άκρο του αισθητήρα κίνησης. Κολλήθηκαν δυο λαστιχάκια στο κάθε ξύλο στήριξης για να εφαρμόσουν στον αισθητήρα κίνησης και να ελεγχθεί το τελικό ύψος του μέσα στην οπή. Τα ξύλα τρυπήθηκαν και κατά μήκος, έτσι ώστε να περνάνε από μέσα τα καλώδια των υπόλοιπων αισθητήρων και εξαρτημάτων (στην εικόνα 23 δεξιά φαίνονται τέσσερις τρύπες με το τρυπάνι, αλλά στο τέλος έγινε μια ενιαία μεγάλη, για να περνάνε τα καλώδια).



Εικόνα 23: Αριστερά τα καρφωτικά με πάσα και δεξιά οι τρύπες που θα περνάνε τα καλώδια.

Τέλος, κολλήθηκαν με εποξική κόλλα τα δυο ξύλα στήριξης, και κολλήθηκε ένα τρίτο στο κέντρο για καλύτερη στήριξη. Τρυπήθηκε το ξύλο του αισθητήρα (Εικόνα 24) στο άνω και κάτω άκρο για

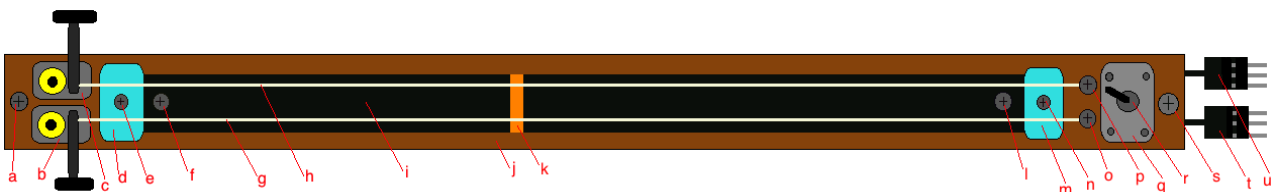
να βιδωθεί στα καρφωτικά πάσα.



Εικόνα 24: Το κυρίως σώμα με την οπή για το ξύλο του αισθητήρα κίνησης, και τα ξύλα στήριξης του.

2.1.1.1 Χειροποίητος αισθητήρας κίνησης δυο καναλιών

Μετά από πειραματισμό στο εργαστήριο με τους αισθητήρες κίνησης, αποφασίστηκε να κατασκευαστεί ένας διπλός αισθητήρας κίνησης για τον controller με την μορφή της εικόνας 25.



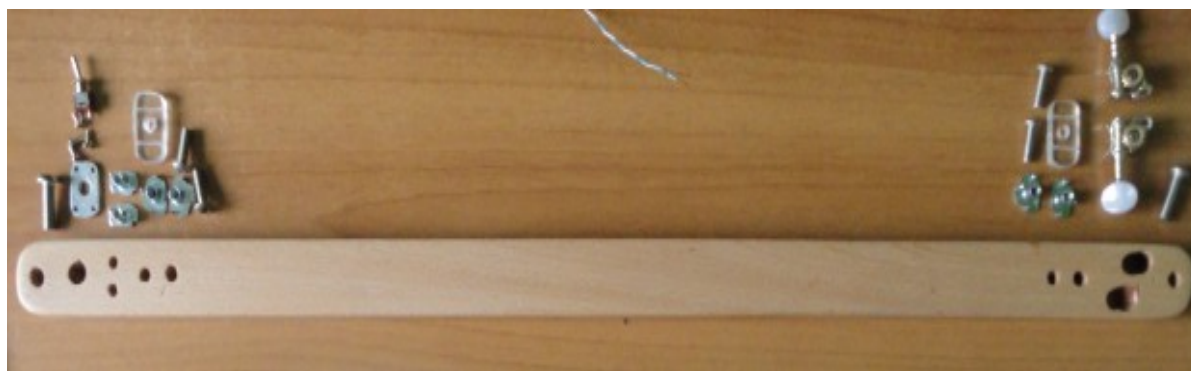
Εικόνα 25: Κάτοψη του αισθητήρα κίνησης 2 καναλιών.

Αποτελούμενα μέρη του χειροποίητου αισθητήρα κίνησης όπως φαίνονται στην πιο πάνω εικόνα:

- a) Βίδα στήριξης (με το κυρίως σώμα).
- b) Κλειδί κουρδίσματος 2ης χορδής.
- c) Κλειδί κουρδίσματος 1ης χορδής.
- d) Καβαλάρης χορδών- σημείο στήριξης αγωγίμου χαρτιού (Paper E) του πάνω άκρου του αισθητήρα.
- e) Βίδα σύσφιξης του καβαλάρη.
- f) Βίδα συνδεδεμένη με τα 5V των δυο ακροδεκτών των Hack plug s, t.

- g) 2η χορδή (αγωγίμο υλικό).
- h) 1η χορδή (αγωγίμο υλικό).
- i) Ωμικό χαρτί Paper E.
- j) Ξύλο στήριξης του αισθητήρα (σασί του αισθητήρα).
- k) Χαλκοταινία (copper tape) για την κόλληση του αγωγίμου χαρτιού Paper E.
- l) Βίδα συνδεδεμένη με την γείωση (Ground) των δυο ακροδεκτών των Hack plug s, t.
- m) Καβαλάρης χορδών-σημείο στήριξης αγωγίμου χαρτιού (Paper E) κάτω άκρου του αισθητήρα.
- n) Βίδα σύσφιξης του καβαλάρη.
- o) Βίδα στερέωσης 2ης χορδής, συνδεδεμένη με την είσοδο (Signal) του ακροδέκτη του Hack plug s.
- p) Βίδα στερέωσης 1ης χορδής, συνδεδεμένη με την είσοδο (Signal) του ακροδέκτη του Hack plug t.
- q) Λαμάκι πάκτωσης του διακόπτη με τέσσερις βίδες στο ξύλο στήριξης (σασί αισθητήρα).
- r) Διακόπτης (switch) τύπου on/off συνδεδεμένος με τις χορδές.
- s) Βίδα στήριξης (με το κυρίως σώμα).
- t) Hack plug channel 2.
- u) Hack plug channel 1.

Τρυπήθηκε το ξύλο του αισθητήρα κίνησης στα σημεία όπου θα μπουν τα εξαρτήματα, και βερνικώθηκε. Στην εικόνα 26 φαίνεται το ξύλο έτοιμο να συναρμολογηθεί.



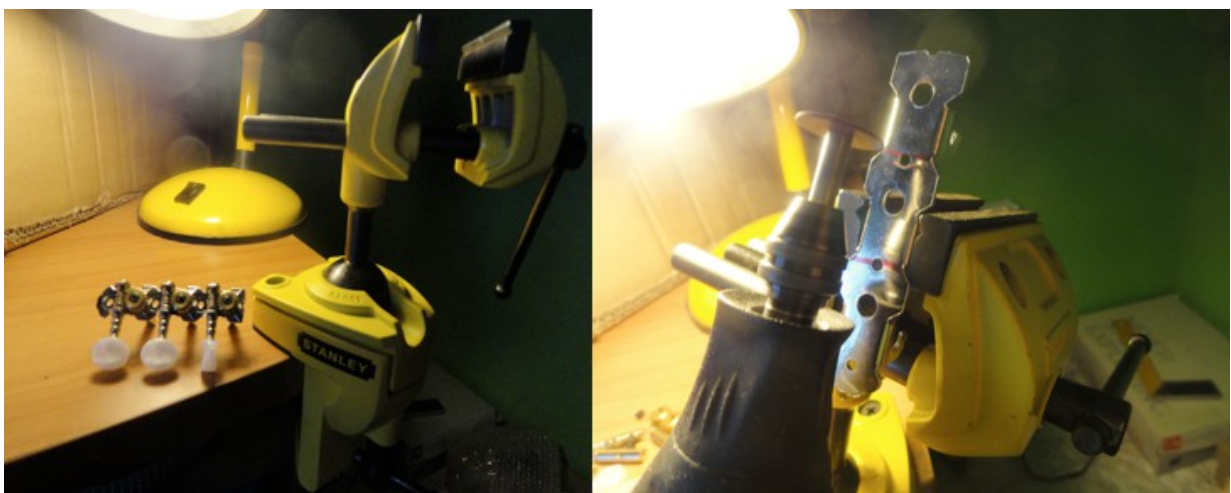
Εικόνα 26: Ξύλο του αισθητήρα τρυπημένο με τα εξαρτήματά του.

Οι δυο καβαλάρηδες των χορδών αποτελούνται από διαφανές ακρυλικό, το οποίο κόπηκε και τρίφτηκε για να πάρει το αυγοειδές σχήμα του. Στην συνέχεια, τρυπήθηκαν στο κέντρο για να βιδώνουν στο ξύλο του αισθητήρα και χαράχθηκαν από δυο αυλάκια διαστάσεων 1.4 cm για την απόσταση των χορδών (Εικόνα 27).



Εικόνα 27: Διαδικασία κατασκευής του καβαλάρη

Πάρθηκε από μουσικό κατάστημα σύστημα κλειδιών που χρησιμοποιούνται στα έγχορδα μουσικά όργανα για το κούρδισμα, τα οποία κόπηκαν για να απομονωθούν, αφού ήταν απαραίτητα μόνο δύο (ένα για την κάθε χορδή).

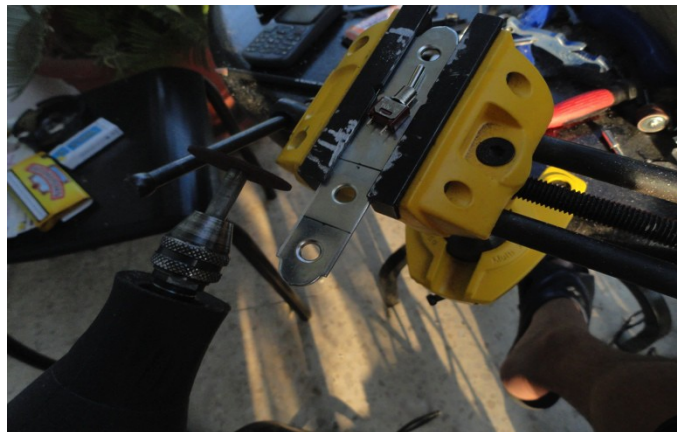


Εικόνα 28: Κόψιμο κλειδιών κουρδίσματος.



Εικόνα 29: Κλειδιά κουρδίσματος απομονωμένα.

Το σύστημα κλειδιών χρησίμευσε στο να διατηρείται η χορδή ελαφρώς τεντωμένη, τόσο ώστε να μην ακουμπάει στο αγωγίμο χαρτί όταν ο χειρίστης δεν την πατάει. Ο διακόπτης on/off χρησιμεύει στο να ενώνει τις χορδές μαζί (link) και να τις απομονώνει, όπως θα περιγραφεί και στο τρίτο κεφάλαιο. Κόπηκε βάση (λαμάκι) στο οποίο βιδώνεται πάνω ώστε να σταθεροποιείται στο ξύλο του αισθητήρα.



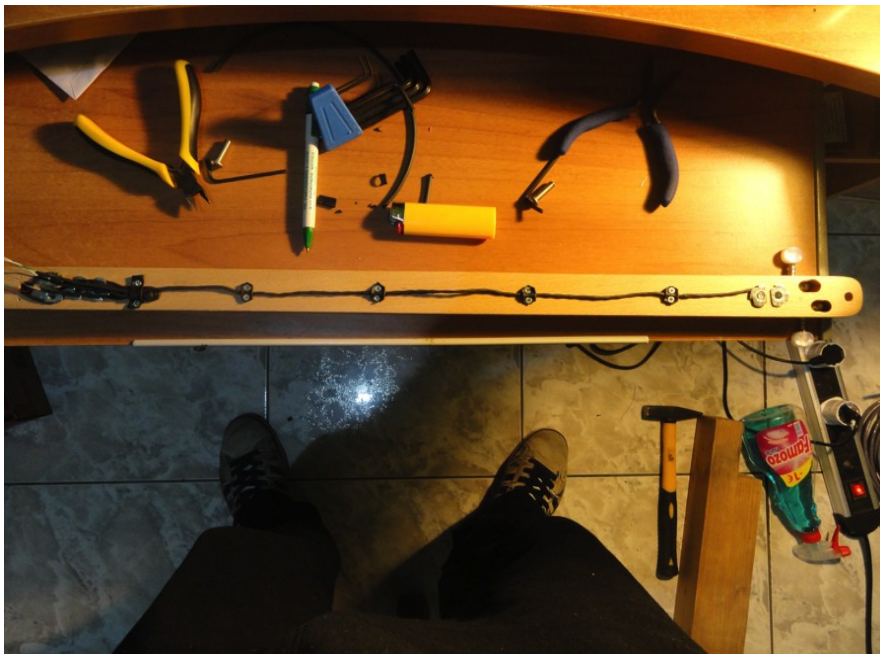
Εικόνα 30: Κόψιμο βάσης σταθεροποίησης του διακόπτη.

Τα καλώδια της τάσης, γείωσης, και των χορδών (Signal In) τυλίχθηκαν γύρω από τα καρφωτικά πάσα (είναι αγωγίμα), και έπειτα καρφώθηκαν στο πίσω μέρος του ξύλου (Εικόνα 31).



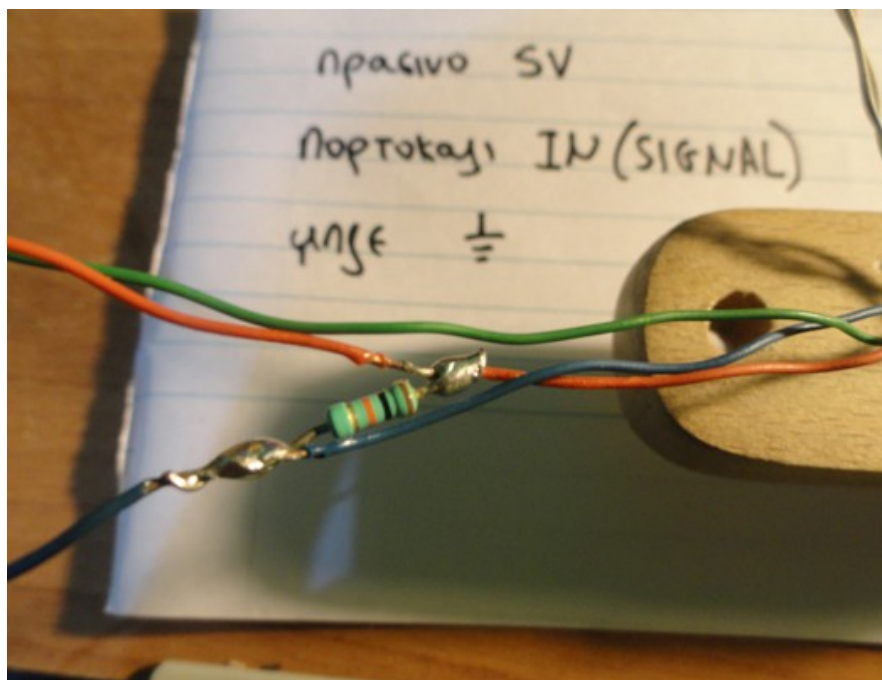
Εικόνα 31: Τύλιγμα καλωδίου γύρω από τον άξονα του καρφωτικού πάσου.

Αφού καρφώθηκαν στο πίσω μέρος του ξύλου τα καρφωτικά πάσα με τα καλώδια, βιδώθηκαν με λαστιχάκια πάνω στο ξύλο.



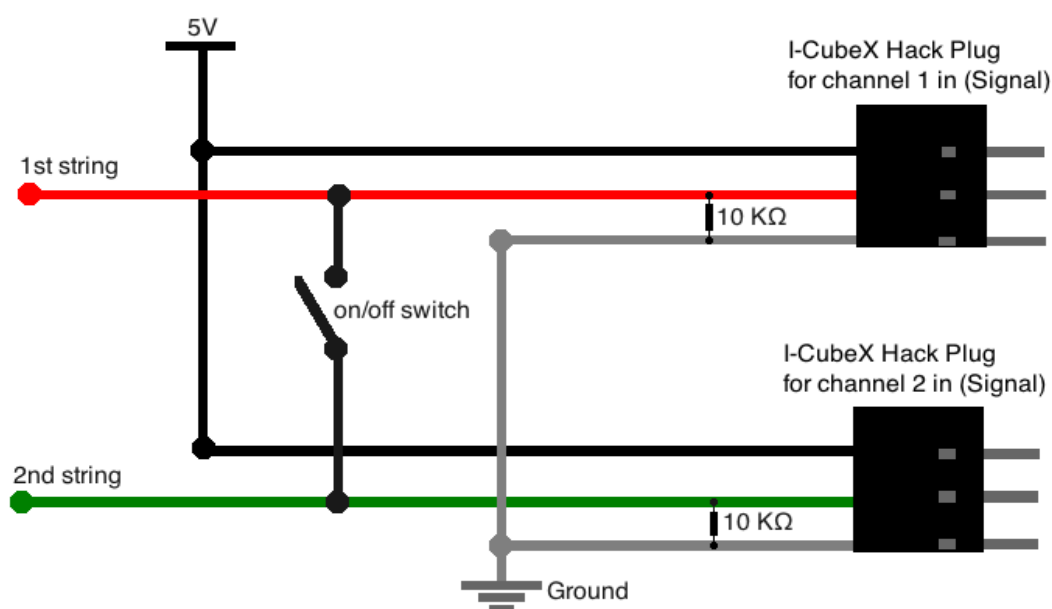
Εικόνα 32: Πίσω μέρος του ξύλου του αισθητήρα κίνησης.

Στην εικόνα 33 φαίνονται τα τρία καλώδια του ενός από τα δύο κανάλια του αισθητήρα κίνησης, μαζί με την αντίσταση προσαρμογής ($10\text{ k}\Omega$) που συνδέει την γείωση με την είσοδο IN (signal).



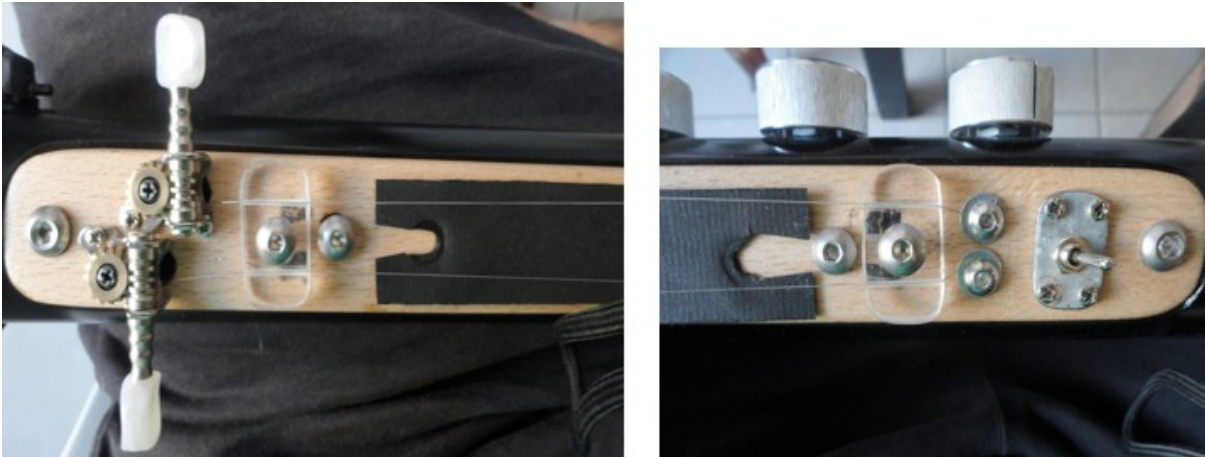
Εικόνα 33: Τα καλώδια και αντίσταση προσαρμογής του ενός καναλιού του αισθητήρα κίνησης.

Η συνδεσμολογία έγινε με βάση το σχήμα 5. Το κόκκινο χρώμα είναι η πρώτη χορδή, και το πράσινο χρώμα, η δεύτερη. Η τροφοδοσία και η γείωση είναι κοινή. Επίσης κοινό είναι και το ωμικό χαρτί. Το βύσμα (I-CubeX Hack plug) είναι αποκλειστικό για τον μικροεπεξεργαστή που χρησιμοποιήθηκε.



Σχήμα 5: Κύκλωμα Χειροποίητου αισθητήρα κίνησης (position sensor) δυο καναλιών.

Αφού τοποθετήθηκαν οι χορδές από τα κλειδιά κουρδίσματος στις βίδες στερέωσης της χορδής, τοποθετείται το αγώγιμο χαρτί στον αισθητήρα κίνησης. Στα δυο άκρα του κόπηκε, όπως φαίνεται στην εικόνα 34, για να βιδωθεί στις βίδες της τροφοδοσίας και της γείωσης.



Εικόνα 34: Άνω και κάτω άκρο του αισθητήρα κίνησης.

Τα άκρα του αγώγιμου χαρτιού σταθεροποιήθηκαν κάτω από τους καβαλάρηδες των χορδών, και βιδώθηκαν πάνω του οι βίδες της τροφοδοσίας και της γείωσης (Εικόνα 35).



*Εικόνα 35: Άνω και κάτω άκρο του αισθητήρα κίνησης με σταθεροποιημένο πάνω το αγώγιμο χαρτί
Ε.*

Στην εικόνα 36 φαίνεται ο αισθητήρας κίνησης τελειωμένος.



Εικόνα 36: Αισθητήρας κίνησης δυο καναλιών και άλλα εξαρτήματα.

Ο αισθητήρας κίνησης δυο καναλιών αποτελεί πρωτότυπη πειραματική ιδέα. Το ωμικό χαρτί (χαρτί E) είναι κοινό για τις δυο χορδές, όπως η τάση και η γείωση, αλλά αυτές είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους (όταν δεν είναι link από τον διακόπτη) σε διαφορετικό κανάλι (διαφορετικο analogue in).

2.1.1.2 Αισθητήρας Αέρα

Ακολούθως, τοποθετήθηκε ο αισθητήρας αέρα (Air Sensor) της εταιρίας I-Cube X.



Εικόνα 37: Αισθητήρας αέρα (air sensor).

Ανοίχθηκε μια τρύπα στο πλευρό του πάνω μέρους του κυρίως σώματος, και περάστηκε από μέσα το καλώδιο του αισθητήρα αέρα. Ο αισθητήρας αέρα τοποθετείται μέσα στο κυρίως σώμα όπως φαίνεται πιο κάτω.



Εικόνα 38: Τοποθέτηση του αισθητήρα αέρα.

Ένα λαμάκι γωνιά, βιδώνεται μέσα από το κυρίως σώμα, για να στηριχθεί πάνω του ο αισθητήρας αέρα με tire up.



Εικόνα 39: Λαμάκι γωνιά - Στήριξη του αισθητήρα αέρα.

2.1.1.3 Κυκλικός διακόπτης δώδεκα θέσεων

Ο κυκλικός διακόπτης δώδεκα θέσεων είναι ατέρμονος. Καθώς τον περιστρέφει ο χρήστης, του παρέχει δώδεκα σημεία θέσης στον κύκλο του (σκαλωτά).



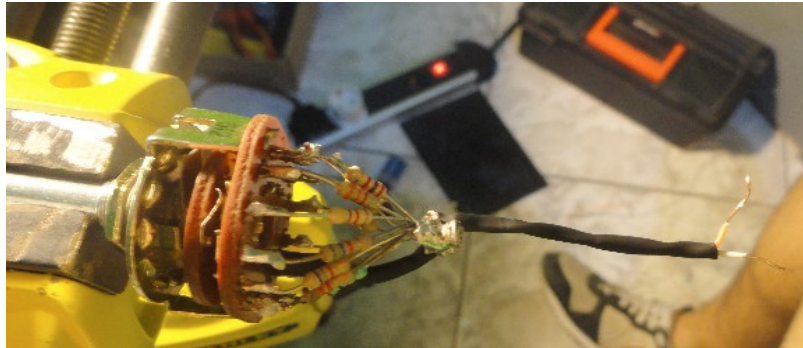
Εικόνα 40: Πάνω και κάτω όψη του κυκλικού διακόπτη 12 θέσεων.

Στην κάτω όψη του κυκλικού διακόπτη, κολλήθηκαν 12 αντιστάσεις με διαφορετικές τιμές. Έτσι κάθε φορά που γυρίζει ο άξονας του κυκλικού διακόπτη, αλλάζει και η αντίσταση. Η λειτουργία του μοιάζει με αυτή του ποτενσιόμετρου, με την διαφορά ότι ο κυκλικός διακόπτης αυτός παρέχει 12 σταθερές τιμές συγκεκριμένες αντίστασης σκαλωτά στον κύκλο περιστροφής του και όχι ένα συνεχές εύρος τιμών (όπως λειτουργεί το ποτενσιόμετρο).

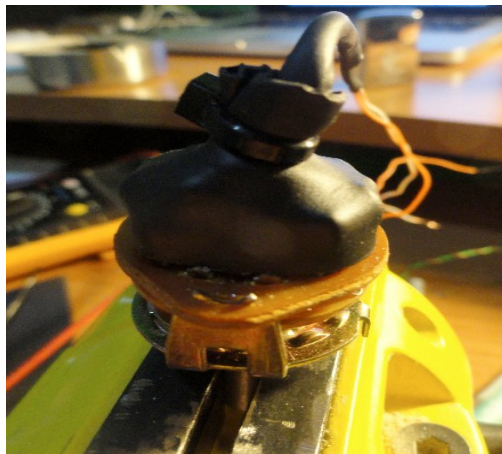
Επιλέχθηκαν οι τιμές των αντιστάσεων με αύξουσα σειρά μέχρι τα 10 k Ω (Εικόνα 41).

Αντιστάτης	Ονομαστική Τιμή (K Ω)	Χρωματικός Κώδικας
1	0.39	πορτοκαλί - άσπρο - καφέ
2	0.82	γκρίζο - κόκκινο - καφέ
3	1.2	καφέ - κόκκινο - κόκκινο
4	1.8	καφέ - γκρίζο - κόκκινο
5	2.2	κόκκινο - κόκκινο - κόκκινο
6	2.7	κόκκινο - λιλά - κόκκινο
7	3.3	πορτοκαλί - πορτοκαλί - κόκκινο
8	4.7	κίτρινο - λιλά - κόκκινο
9	5.6	πράσινο - μπλε - κόκκινο
10	6.8	μπλε - γκρίζο - κόκκινο
11	8.2	γκρίζο - κόκκινο - κόκκινο
12	10	καφέ - μαύρο - πορτοκαλί

Εικόνα 41: Τιμές αντιστάσεων που κολλήθηκαν στον κυκλικό διακόπτη.

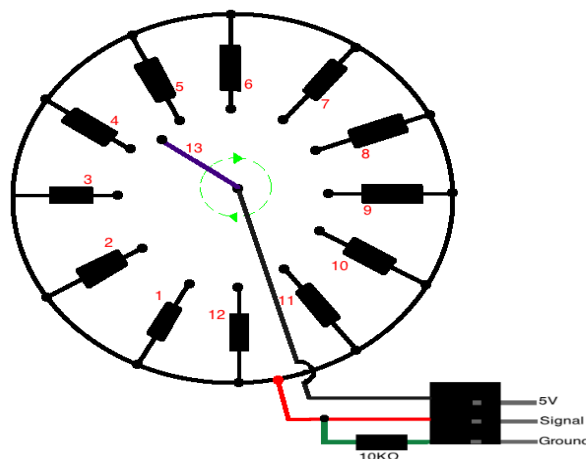


Εικόνα 42: Κόλληση αντιστάσεων στον κυκλικό διακόπτη.



Εικόνα 43: Θερμοστελλόμενο πλαστικό στους αντιστάτες για προστασία.

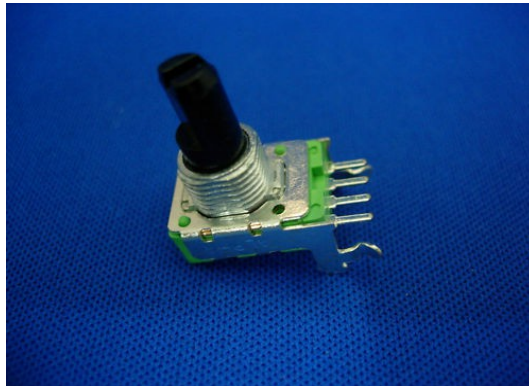
Κάθε φορά που γυρίζει ο άξονας περιστροφής 13 (Σχήμα 6), επιλέγει μια αντίσταση. Όταν συνδεθεί ο κυκλικός διακόπτης στον μικροεπεξεργαστή (και τροφοδοτηθεί), δίνει την πτώση τάσης της εκάστοτε αντίστασης έτοιμη προς ψηφιοποίηση στην αντίστοιχη τιμή.



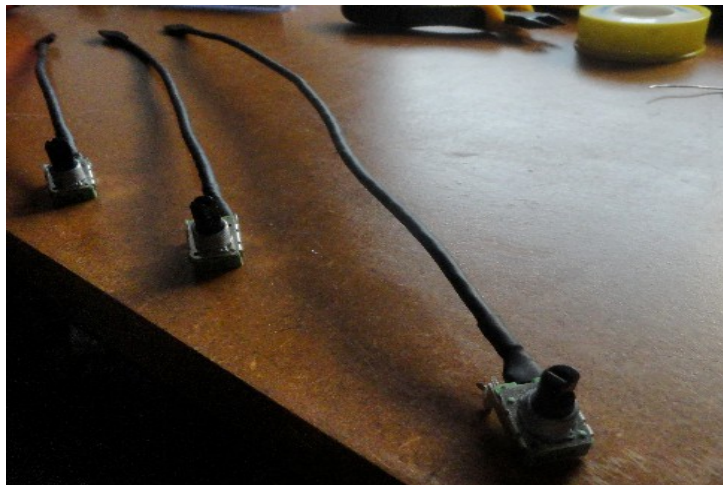
Σχήμα 6: Κυκλικός διακόπτης έτοιμος να συνδεθεί με ένα κανάλι του I – Cube X.

2.1.1.4 Ποτενσιόμετρα

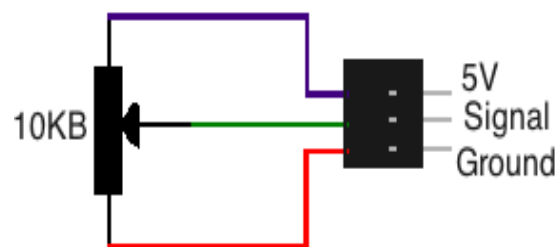
Χρησιμοποιήθηκαν 4 ποτενσιόμετρα 10 kΩ.



Εικόνα 44: Τύπος ποτενσιόμετρου που χρησιμοποιήθηκε.

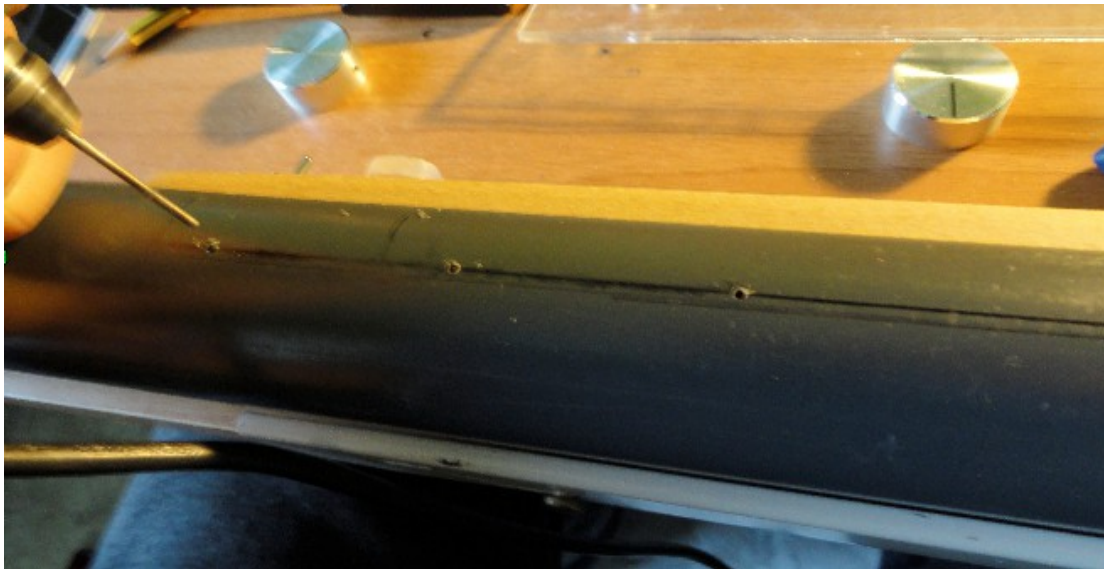


Εικόνα 45: Τρία από τα 4 ποτενσιόμετρα που τοποθετήθηκαν έτοιμα να συνδεθούν στον μικροεπεξεργαστή.



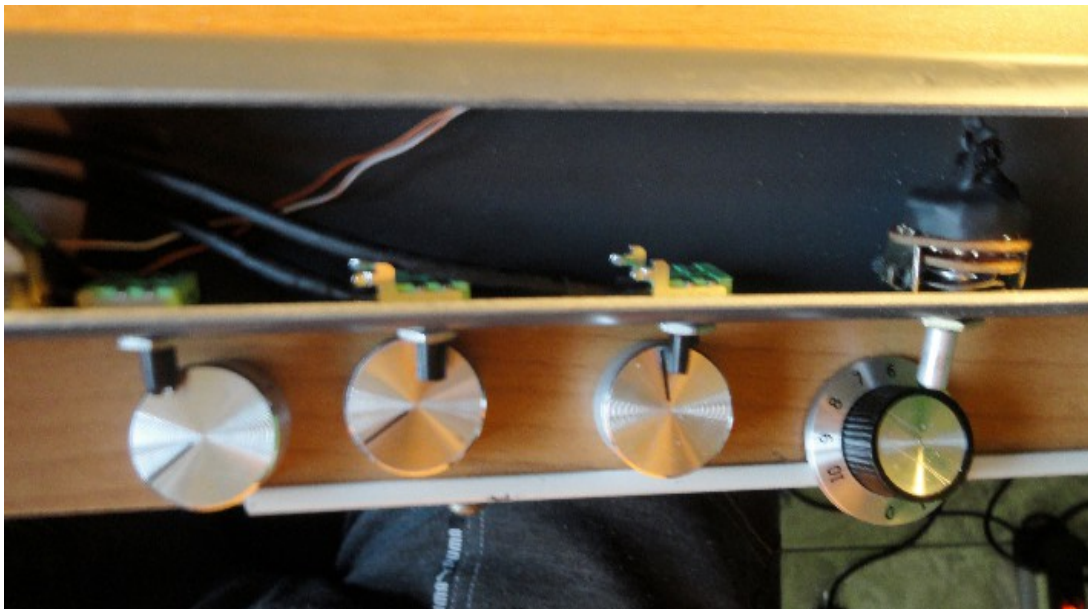
Σχήμα 7: Ποτενσιόμετρο με Hack Plug.

Ανοίχτηκαν τρύπες στο πλευρό του κάτω μέρους του κυρίου σώματος σε ίσες αποστάσεις, για τα ποτενσιόμετρα και τον κυκλικό διακόπτη.



Εικόνα 46: Τρύπες για τα ποτενσιόμετρα και κυκλικό διακόπτη.

Στην συνέχεια μπήκαν μέσα στο κυρίως σώμα και βιδώθηκαν δοκιμαστικά.



Εικόνα 47: Τα τρία ποτενσιόμετρα και ο κυκλικός διακόπτης μέσα στον σωλήνα.

Τοποθετήθηκε ο διπλός αισθητήρας κίνησης στο κυρίως σώμα δοκιμαστικά με τα τρία από τα τέσσερα ποτενσιόμετρα (το τέταρτο μπήκε προς το τέλος) και τον κυκλικό διακόπτη δώδεκα θέσεων.



Εικόνα 48: Εξαρτήματα και αισθητήρες τοποθετημένα στο κυρίως σώμα για δοκιμή.

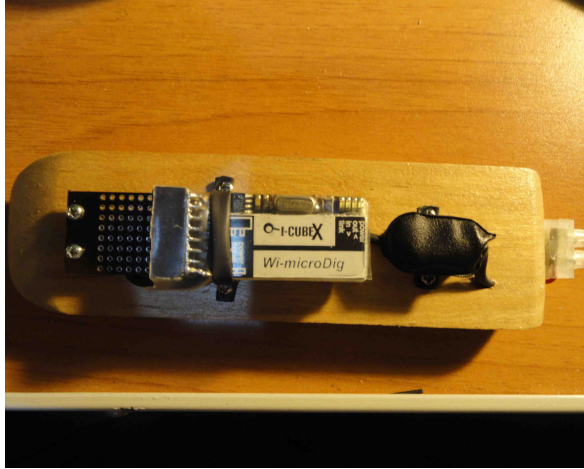
Ανοίχτηκε η οπή για τον μικροεπεξεργαστή στο κυρίως σώμα με τον ίδιο τρόπο που ανοίχτηκε η οπή για το ξύλο του διπλού αισθητήρα κίνησης και βγήκαν τα εξαρτήματα για να γίνει αυτή η διαδικασία.

Ύστερα, κόπηκε ένα διαφανές πλαστικό πάχους 1mm, το οποίο τοποθετήθηκε πάνω από την οπή του μικροεπεξεργαστή για να τον προστατεύει. Το διαφανές πλαστικό εφαρμόστηκε σε πλαστική σωλήνα με μικρότερη διάμετρο από αυτή του controller με tire up. Με ένα πιστολάκι μαλλιών εφαρμόστηκε ζεστός αέρας αρκετή ώρα ώστε να πάρει κυλινδρικό σχήμα. Αφού κρύωσε το πλαστικό και πήρε το κυλινδρικό σχήμα της σωλήνας, κόπηκε σε περίμετρο 1cm πιο μεγάλη από την οπή και στρογγυλοποιήθηκαν οι γωνίες του για να είναι ομοιόμορφο με την οπή του μικροεπεξεργαστή. Το προστατευτικό πλαστικό πήρε το τελικό του σχήμα και στερεώθηκε με βίδες πάνω από την οπή αφού βάρθηκε το κυρίως σώμα (Εικόνα 57). Δημιουργήθηκε μια βάση από ξύλο (Εικόνα 49), ώστε να στερεωθεί ο μικροεπεξεργαστής και να κολληθεί μέσα στο κυρίως σώμα, κάτω από την οπή.



Εικόνα 49: Ξύλο στερέωσης του μικροεπεξεργαστή.

Το ξύλο βερνικώθηκε και σταθεροποιήθηκε πάνω του ο μικροεπεξεργαστής με λαστιχάκια και βίδες (Εικόνα 50). Το καλώδιο τροφοδοσίας ενώθηκε με άλλο καλώδιο 9V μπαταρίας, και στην συνέχεια αυτό ενώθηκε με connector. Το ξύλο του μικροεπεξεργαστή είναι έτοιμο να κολληθεί στο κυρίως σώμα κάτω από την οπή.



Εικόνα 50: Ξύλο στερέωσης και ο μικροεπεξεργαστής έτοιμο.

Το κυρίως σώμα τρίβεται και βάφεται και τοποθετούνται επάνω του ξανά τα εξαρτήματα και οι αισθητήρες. Το ξύλο στήριξης του μικροεπεξεργαστή κολλήθηκε μέσα στο κυρίως σώμα και ενώθηκαν όλα τα βύσματα των εξαρτημάτων και αισθητήρων στις εισόδους του (*Εικόνα 51*).

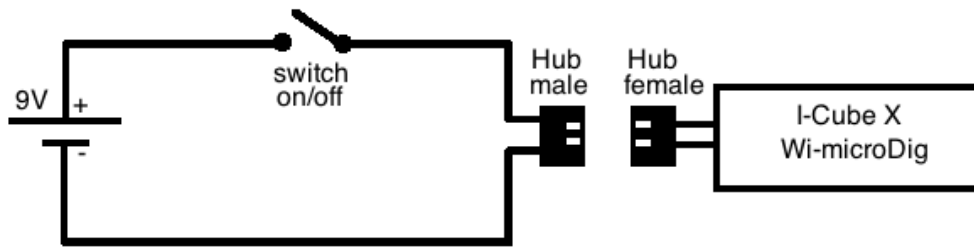


Εικόνα 51: Κυρίως σώμα με τα εξαρτήματα και τους αισθητήρες.

2.1.2 Κάτω άκρο

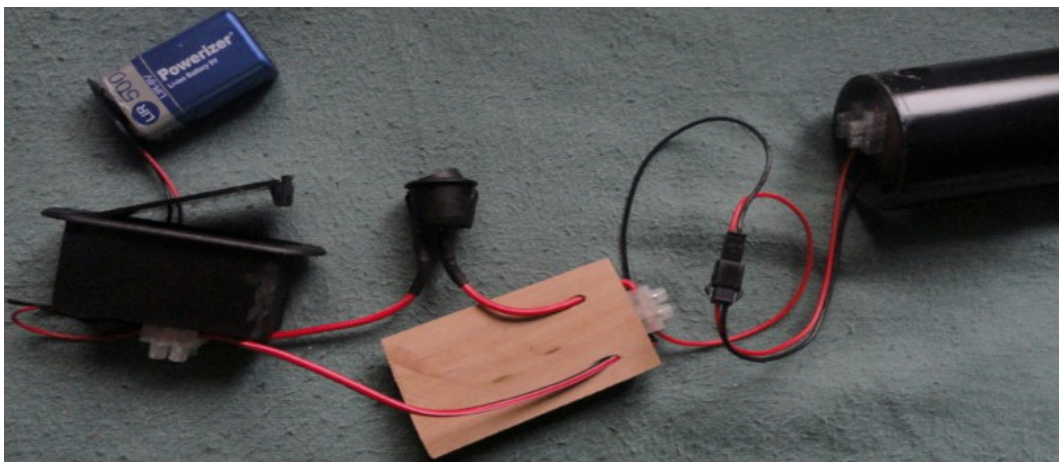
Το κάτω άκρο αποτελείται από το σύστημα τροφοδοσίας του μικροεπεξεργαστή και από το τηλεσκοπικό κοντάρι του controller. Ενώνεται με το κυρίως σώμα μια ένωση 50mm με παξιμάδια και βίδες (θα κολληθεί σε αυτό).

Το σχήμα 8 δείχνει το κύκλωμα του τροφοδοτικού μέρους του κάτω άκρου με τον μικροεπεξεργαστή. Ο μικροεπεξεργαστής χρειάζεται 9V μπαταρία για να λειτουργήσει.



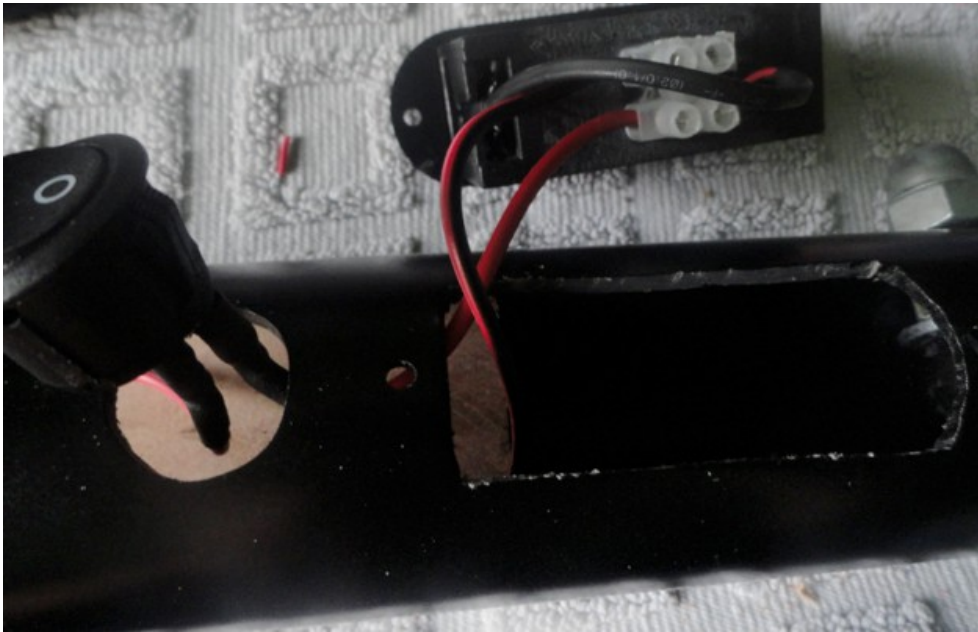
Σχήμα 8: Κύκλωμα τροφοδοτικού μέρους.

Το καλώδιο της μπαταρίας 9V μπαίνει στην μπαταριοθήκη, και βιδώνεται (αρνητικός και θετικός πόλος) στο connector (συνδετήρας) που κολλήθηκε στο πίσω μέρος της. Από την άλλη μεριά του connector, ενώθηκε ο διακόπτης on/off το καλώδιο του θετικού πόλου της μπαταρίας και έπειτα στο connector που είναι βιδωμένος στο ξύλο (κόπηκε ξύλο σαν αυτό του κυρίως σώματος για να κολληθεί μέσα στον σωλήνα του κάτω άκρου, έτσι ώστε να είναι απέναντι τα δυο connectors – του κυρίως σώματος με του κάτω άκρου καθώς ενώνονται τα μέρη βλ. εικόνα 55). Το καλώδιο του αρνητικού πόλου της μπαταρίας, ενώθηκε από το connector της μπαταριοθήκης, απευθείας στο connector του ξύλου. Από την άλλη μεριά του connector του ξύλου, ενώθηκε καλώδιο με βύσμα (θηλυκό) για να ενώνεται στο αντίθετο βύσμα (αρσενικό) που ενώθηκε στο connector του ξύλου στήριξης του μικροεπεξεργαστή.



Εικόνα 52: Τροφοδοτικό μέρος ενωμένο με το κυρίως σώμα.

Βάφτηκε το κάτω άκρο και συναρμολογήθηκε.



Εικόνα 53: Μπαταριοθήκη και διακόπτης τροφοδοσίας.

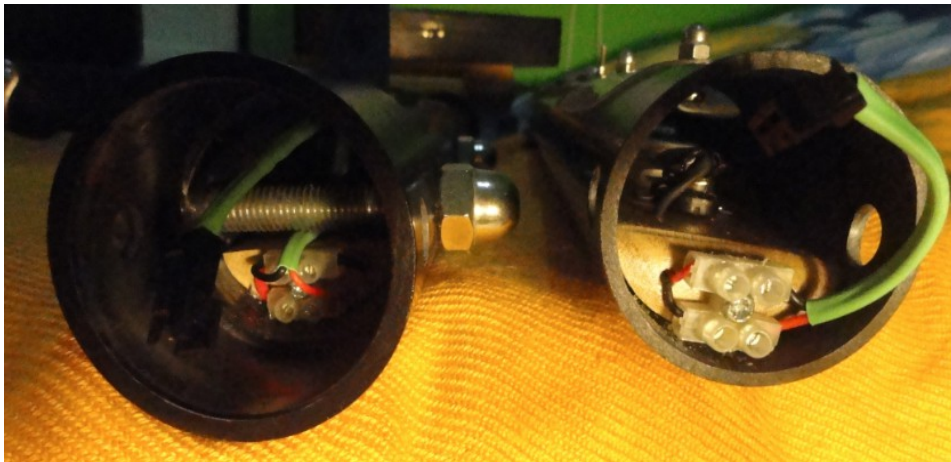
Ανοίχτηκε τρύπα σε μια τάπα 50mm, η οποία κολλήθηκε στο κάτω μέρος του κάτω άκρου, και από μέσα τοποθετήθηκε το τηλεσκοπικό κοντάρι. Σταθεροποιήθηκε με παξιμάδι και βίδες λίγο πιο κάτω από την μπαταριοθήκη.

Το τηλεσκοπικό κοντάρι δίνει επιπλέον 20 cm ύψος στον χείριστη.



Εικόνα 54: Κάτω άκρο με ανοικτό το τηλεσκοπικό κοντάρι.

Στην εικόνα 55 φαίνεται το εσωτερικό του κάτω άκρου αριστερά, και του κυρίως σώματος δεξιά. Φαίνονται τα connectors (συνδετήρες) με τα βύσματα που ενώνουν τα δύο μέρη.



Εικόνα 55: Εσωτερικό του κάτω άκρου και κυρίως σώματος.

Ενώθηκαν τα βύσματα των δυο μερών του controller, και έπειτα ενώθηκαν για δοκιμή του τροφοδοτικού συστήματος τα δυο μέρη με την ένωση των 50mm με παξιμάδια και βίδες.



Εικόνα 56: Ένωση βυσμάτων των δυο μερών.



Εικόνα 57: Ένωση των δυο μερών με παξιμάδι και βίδες.

2.1.3 Άνω άκρο

Το άνω άκρο είναι ένα κομμάτι πλαστικού διαμέτρου 50mm σωλήνα 20cm, που ενώνεται με το κυρίως σώμα στο πάνω μέρος. Σκοπός του είναι να ακουμπάει το κεφάλι του ο χειρίστης για στήριξη. Η ένωση των δυο σωλήνων έγινε με μπρούντζινες ενώσεις.



Εικόνα 58: μπρούντζινες ενώσεις αρσενικό – θηλυκό.

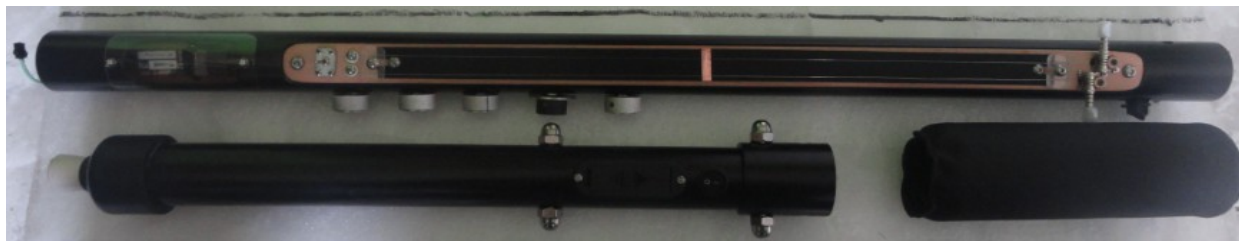
Τρίφτηκαν οι γωνίες των μπρούντζινων ενώσεων για να κολληθούν σε πλαστικές σωλήνες με πιο μικρή διάμετρο από αυτή του controller. Η σωλήνα με την θηλυκή ένωση κολλήθηκε στο εσωτερικό του κυρίως σώματος, ενώ η σωλήνα με την αρσενική, στο άνω άκρο. Τέλος, το άνω άκρο καλύπτεται με δερματίνη που περιέχει επένδυση από σφουγγάρι για να ακουμπάει στο κεφάλι του χρήστη.



Εικόνα 59: Ένωση του άνω άκρου με το κυρίως σώμα.

2.2 Θήκη του Controller

Τελική κατασκευή αποτελεί μια θήκη για τα τρία μέρη του controller, η οποία θα τον μεταφέρει με ασφάλεια.



Εικόνα 60: Τα τρία μέρη που αποτελούν τον controller.

Κόπηκαν και τρίφτηκαν τα ξύλα. Έπειτα βερνικώθηκαν και βάφτηκαν. Τοποθετήθηκαν μεταλλικές γωνιές στο εσωτερικό και εξωτερικό της θήκης για μεγαλύτερη ενίσχυση. Μπήκαν 4 πουρτουβέλλες (μεντεσέδες) για το άνοιγμα – κλείσιμο, δυο ανοιχτήρια - κλειδαριά και ένα χερούλι κρατήματος. Τέλος επενδύθηκε με σφουγγάρι στο εσωτερικό της.



Εικόνα 61: Προστατευτική θήκη του controller επενδυμένη με σφουγγάρι.

Κεφάλαιο 3. Διάδραση οργάνου με το προγραμματιστικό περιβάλλον Max/Msp

Στην τελευταία θεματική ενότητα γίνεται αναφορά στην εισαγωγή των ψηφιοποιημένων δεδομένων των αισθητήρων και εξαρτημάτων από τον μικροεπεξεργαστή στο προγραμματιστικό περιβάλλον Max/Msp. Αναφέρεται, επίσης, τι κάνουν τα δεδομένα αυτά στον αλγόριθμο σύνθεσης.

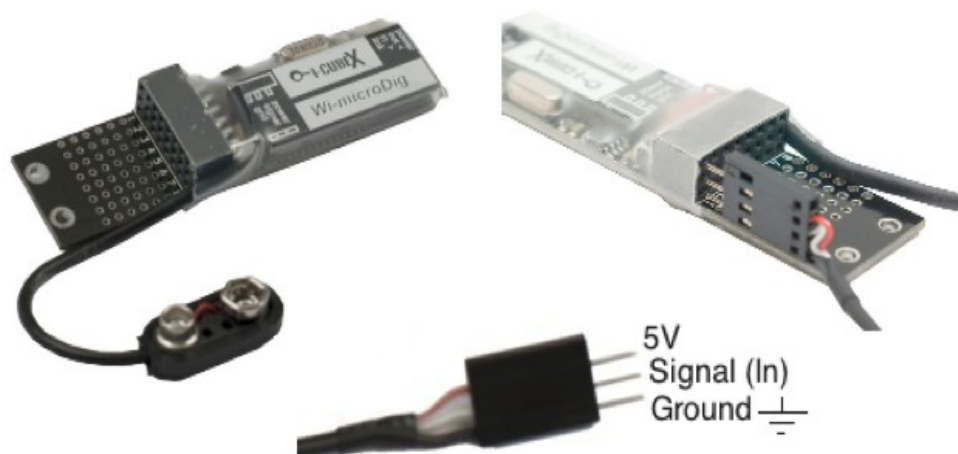
3.1 Μικροεπεξεργαστής I-CubeX Wi-microDig

Ο ασύρματος μικροεπεξεργαστής 8 καναλιών της εταιρίας I-Cube X είναι ένα ADC (Analogue to Digital Converter) και επιτρέπει την διεπαφή μέχρι 8 αναλογικών αισθητήρων με τον υπολογιστή ασύρματα μέσω του πρωτοκόλλου bluetooth σε ακτίνα 10 μέτρων.

Μετατρέπει τα 8 αναλογικά σήματα των αισθητήρων σε ψηφιακά δεδομένα με επιλογή ανάλυσης 128 ή 1024 διακριτών βημάτων (7 ή 10 bits scale αντίστοιχα) το καθένα, με συχνότητα δειγματοληψίας μέχρι και 1500 Hz και με ελάχιστο χρόνο καθυστέρησης κάποιων ms.

Μέσω του προγραμματιστικού περιβάλλοντός του μπορεί κανείς να δει τα μηνύματα αυτά ξεχωριστά σε πραγματικό χρόνο, και να τα επεξεργαστεί. Για να λειτουργήσει χρειάζεται τροφοδοσία από μία 9V μπαταρία.

Δίνει για κάθε κανάλι τροφοδοσία 5V, άρα η ανάλυση που κάνει για κάθε αισθητήρα, αφορά την διαίρεση τάσης των 5V. Αντιστοιχεί, δηλαδή, την διακύμανση 0V-5V του αισθητήρα σε 0-1023 διακριτές τιμές (για 10 bits scale).



Εικόνα 62: Μικροεπεξεργαστής I-CubeX Wi-microDig και το Hack Plug (βύσμα) του.

3.2 Αλγόριθμος σύνθεσης Ήχου

Ο αλγόριθμος σύνθεσης ήχου, χτίστηκε στο προγραμματιστικό περιβάλλον Max/MSP, αφού τελείωσε η κατασκευή του controller και αποτελείται από ταλαντωτές και μια μηχανή κοκκοειδούς σύνθεσης (granular). Σκοπός του αλγόριθμου σύνθεσης ήχου είναι το πάντρεμα των ήχων των ταλαντωτών, πάνω σε ήχους τύπου ισοκράτη που γεννάει η μηχανή granular.

Ο χρήστης φυσώντας στον αισθητήρα αέρα και πατώντας την πρώτη χορδή του αισθητήρα κίνησης ελέγχει ένα ήχο που συνθέτεται από τρεις αρμονικούς ταλαντωτές (3 [gen10]). Η χροιά του ήχου μπορεί να αλλάξει από τον αλγόριθμο, αλλάζοντας την διαμόρφωση πλάτους, διαμόρφωση συχνότητας, χρόνο έναρξης του ήχου, και ξεκούρδισμα για τον κάθε ταλαντωτή ξεχωριστά. Μέρος του παραγόμενου ήχου από τους τρεις ταλαντωτές περνάει σε ένα subpatch αφιερωμένο για τα delays του ήχου.

Ο χρήστης ρουφώντας στον αισθητήρα αέρα και πατώντας την δεύτερη χορδή, ελέγχει ένα ήχο που παράγεται από ένα άλλο αρμονικό ταλαντωτή. Μπορεί να μεταβάλλει και σε αυτόν παραμέτρους που αφορούν στην διαμόρφωση συχνότητας και πλάτους, delays και συχνότητα έμμεσα μεταβάλλοντας το διαστηματικό εύρος στο οποίο θα αντιστοιχεί το ύψος της χορδής.

Ο χρήστης μέσω του κυκλικού διακόπτη μπορεί να αλλάξει το συχνοτικό περιεχόμενο των δυο χορδών καθώς παίζει. Μπορεί επίσης να κρατήσει ήχους με τα ποτενσιόμετρα, και να δημιουργεί εντελώς καινούργιες χροιές.

Για πειραματισμό, ηχογραφήθηκαν μερικές συγχορδίες από ένα Pump Piano και ηλεκτρικής κιθάρας. Εισάγοντας τις συγχορδίες αυτές στην μηχανή granular προέκυψαν ισοκρατικοί τόνοι. Πάνω στους ισοκρατικούς τόνους, ο ήχος των ταλαντωτών των χορδών κάνει ενδιαφέρον “δεσίματα”.

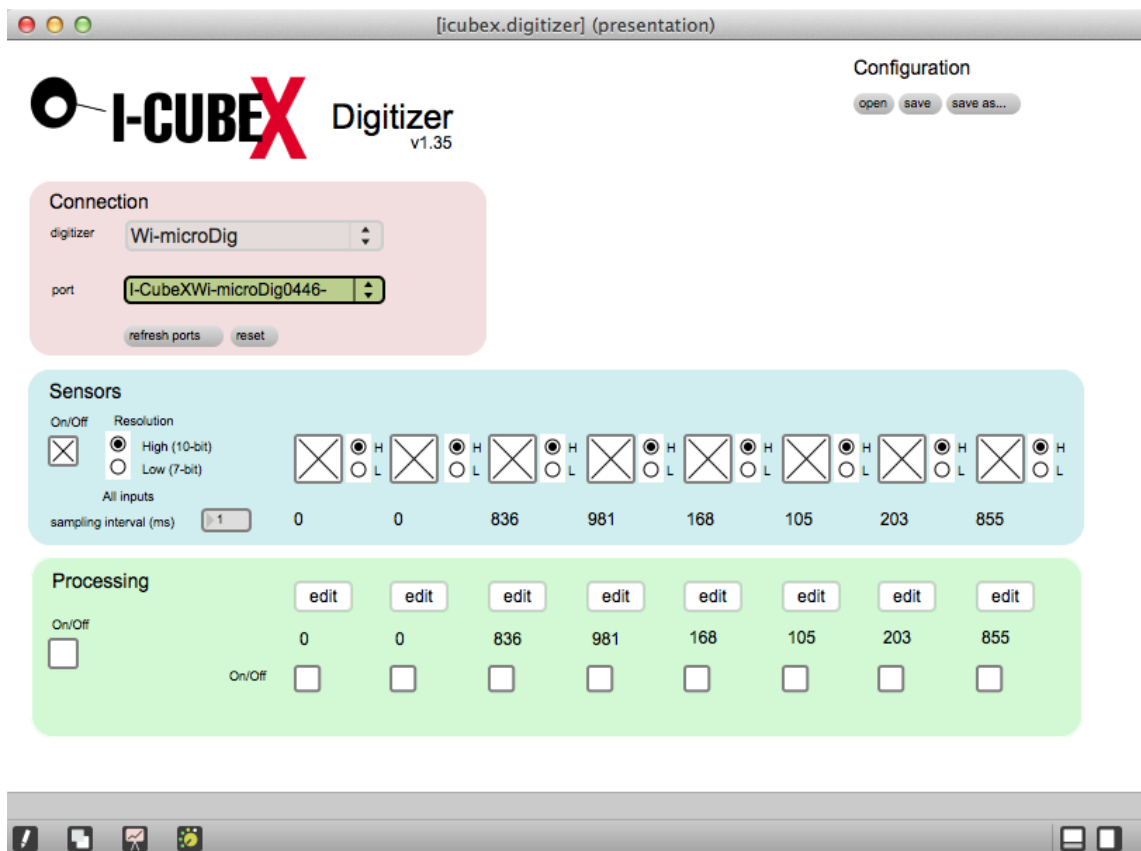
3.3 Αντικείμενο icubex digitizer

Η επικοινωνία του μικροεπεξεργαστή με το προγραμματιστικό περιβάλλον της Max/MSP γίνεται μέσω του αντικειμένου [icubex digitizer] (Εικόνα 63). Το συγκεκριμένο αντικείμενο μπορεί κανείς να το κατεβάσει από την διαδικτυακή σελίδα της εταιρίας και πρέπει να βρίσκεται στον ίδιο φάκελλο με το patch που το χρησιμοποιεί.

icubex.digitizer

Εικόνα 63: Αντικείμενο [icubex.digitizer].

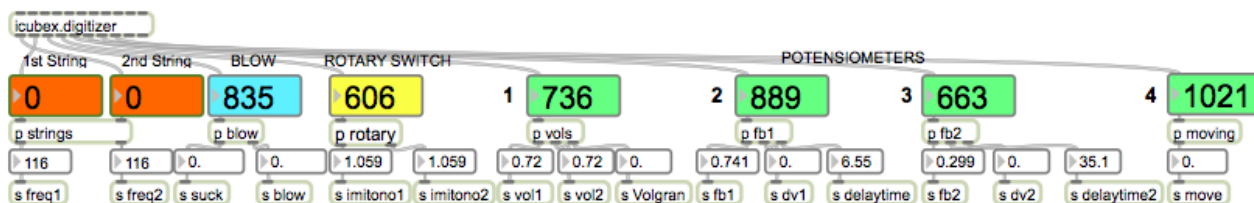
Το αντικείμενο [icubex.digitizer] δίνει στις πρώτες 8 εξόδους του, τις ψηφιοποιημένες τιμές από τα 8 κανάλια του μικροεπεξεργαστή. Για να γίνει η ασύρματη επικοινωνία από τον μικροεπεξεργαστή στο αντικείμενο, πρέπει να γίνει διπλό κλικ πάνω του, να ανοίξει το πιο κάτω εικονικό περιβάλλον (Εικόνα 64) του αντικειμένου και να επιλεγθεί ο μικροεπεξεργαστής και η θύρα επικοινωνίας. Μόλις πρασινίσει η θύρα επικοινωνίας, αρχίζουν να φαίνονται οι 8 ψηφιοποιημένες τιμές των αισθητήρων.



Εικόνα 64: Εικονικό περιβάλλον του αντικειμένου [icubex.digitizer].

3.4 Ψηφιοποιημένες τιμές των αισθητήρων και εξαρτημάτων.

Στην πιο κάτω εικόνα φαίνονται οι 8 ψηφιοποιημένες τιμές των αισθητήρων και εξαρτημάτων. Δεν υπάρχει καμιά επεξεργασία των τιμών από το το εικονικό περιβάλλον του αντικειμένου [icubex.digitizer] και έτσι οι τιμές φθάνουν απευθείας στα χρωματιστά number box. Η επεξεργασία γίνεται έπειτα από τα subpatches κάτω από τα χρωματιστά number box.



Εικόνα 65: Ψηφιοποιημένες τιμές των αισθητήρων και εξαρτημάτων.

Οι τιμές των αισθητήρων και εξαρτημάτων ψηφιοποιούνται σε 1024 διακριτά βήματα (10 bit scale) από το 0 μέχρι το 1023. Στα πρώτες δυο εξόδους του αντικειμένου [icubex.digitizer] φαίνονται οι τιμές των δυο καναλιών του διπλού αισθητήρα κίνησης (πορτοκαλί χρώμα), στην τρίτη έξοδο οι τιμές του αισθητήρα αέρα (γαλάζιο χρώμα), στην τετάρτη του κυκλικού διακόπτη (κίτρινο χρώμα), και στις τελευταίες 4 εξόδους, οι τιμές των ποτενσιόμετρων (πράσινο χρώμα).

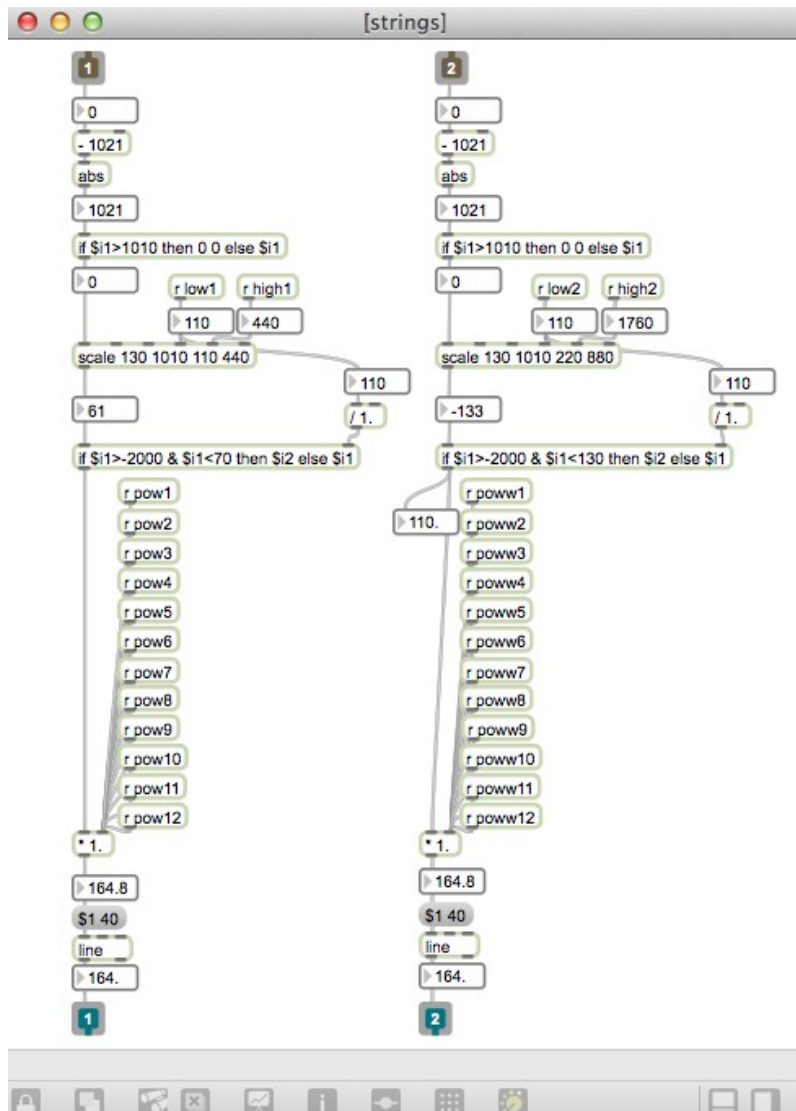
3.4.1 Τιμές του διπλού αισθητήρα κίνησης

Καθώς ο χρήστης πατάει τις χορδές στο ωμικό χαρτί του αισθητήρα κίνησης, φαίνονται οι τιμές τους στα πορτοκαλί number boxes. Όταν ο χρήστης δεν ακουμπάει τις χορδές, τότε οι τιμές είναι 0. Ο διακόπτης του αισθητήρα κίνησης όταν είναι στην πάνω θέση, ενώνει τις δυο χορδές (link), και τότε οι τιμές τους είναι οι ίδιες, όποια χορδή και αν παίζεται. Όταν ο διακόπτης είναι στην κάτω θέση, τότε οι χορδές είναι ανεξάρτητες και διαφορετικές οι τιμές στο κάθε κανάλι.

Οι τιμές του αισθητήρα κίνησης αφορούν την μεταβολή της συχνότητας στους ταλαντωτές. Συγκεκριμένα οι τιμές της πρώτης χορδής, ελέγχουν την θεμέλιο συχνότητα των τριών ξεχωριστών ταλαντωτών του αντικειμένου [gen10], ενώ οι τιμές της δεύτερης χορδής την θεμέλιο συχνότητα ενός άλλου ταλαντωτή του αντικειμένου [gen10].

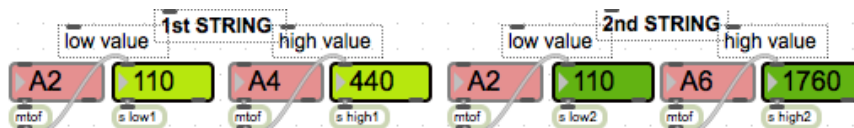
Η επεξεργασία των τιμών και των δυο καναλιών του αισθητήρα κίνησης γίνεται με το αντικείμενο scale. Το αντικείμενο αυτό αντιστοιχίζει τις τιμές από 0 - 1023 στην συχνοτική έκταση που ορίζει ο χρήστης για την κάθε χορδή.

Πιο κάτω φαίνεται το subpatch [p strings] των δυο χορδών του αισθητήρα κίνησης.



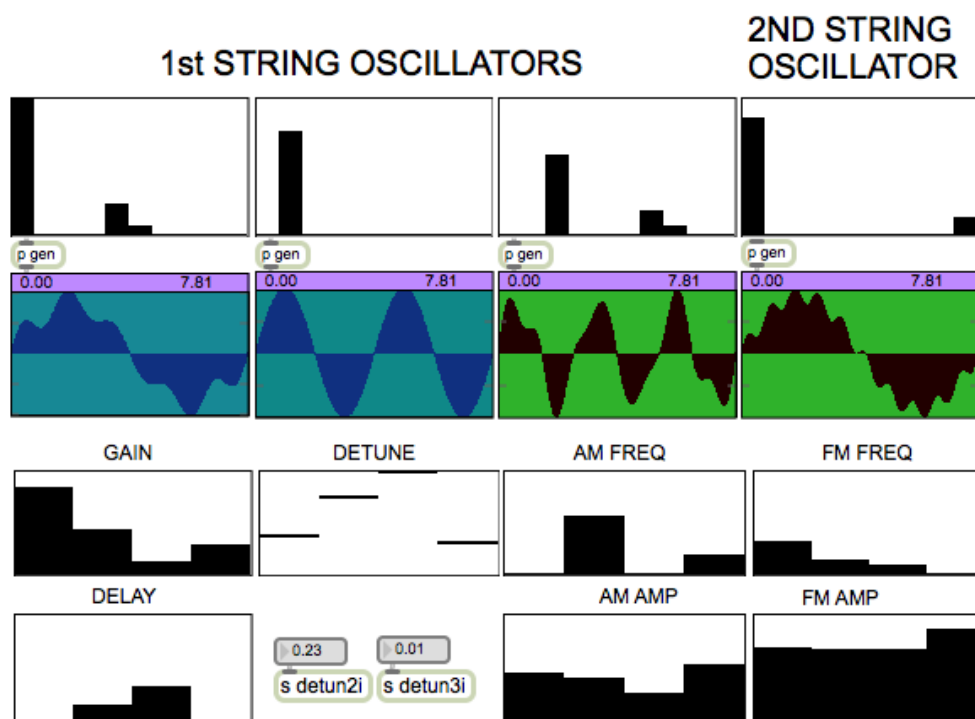
Εικόνα 66: Subpatch [p strings].

Το subpatch [p strings] επεξεργάζεται τις τιμές του αισθητήρα κίνησης και δέχεται το πιο κάτω συχνοτικό εύρος από τον χρήστη και για τις δυο χορδές. Επίσης η συχνότητα επηρεάζεται από τον κυκλικό διακόπτη όπως θα περιγραφεί στη συνέχεια.

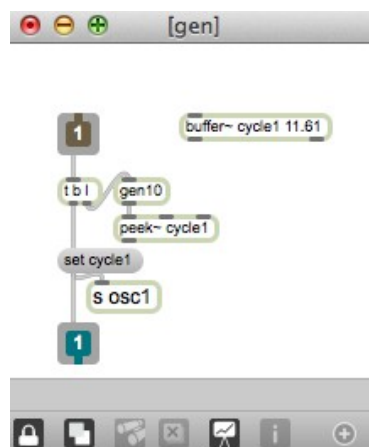


Εικόνα 67: Συχνοτικό εύρος που ορίζει ο χρήστης για τον αισθητήρα κίνησης.

Το συχνοτικό εύρος της πρώτης χορδής, αφορά τους τρεις πρώτους ταλαντωτές και της δεύτερης χορδής του τελευταίου ταλαντωτή, όπως φαίνεται εικόνα 68. Ο κάθε ταλαντωτής βρίσκεται στο subpatch [p gen]. Ο χρήστης μπορεί να ελέγξει παραμέτρους για τον κάθε ταλαντωτή όπως το κέρδος (gain), την χρονική καθυστέρηση έναρξης των ταλαντωτών (delay), ξεκούρδισμα των συχνοτήτων και την διαμόρφωση συχνότητας και πλάτους. Όπως θα περιγραφεί ακολούθως, ο χρήστης μπορεί να ελέγξει και delays που αφορούν στον ήχο που προκύπτει από τους πρώτους τρεις ταλαντωτές της πρώτης χορδής, και του ταλαντωτή της δεύτερης.

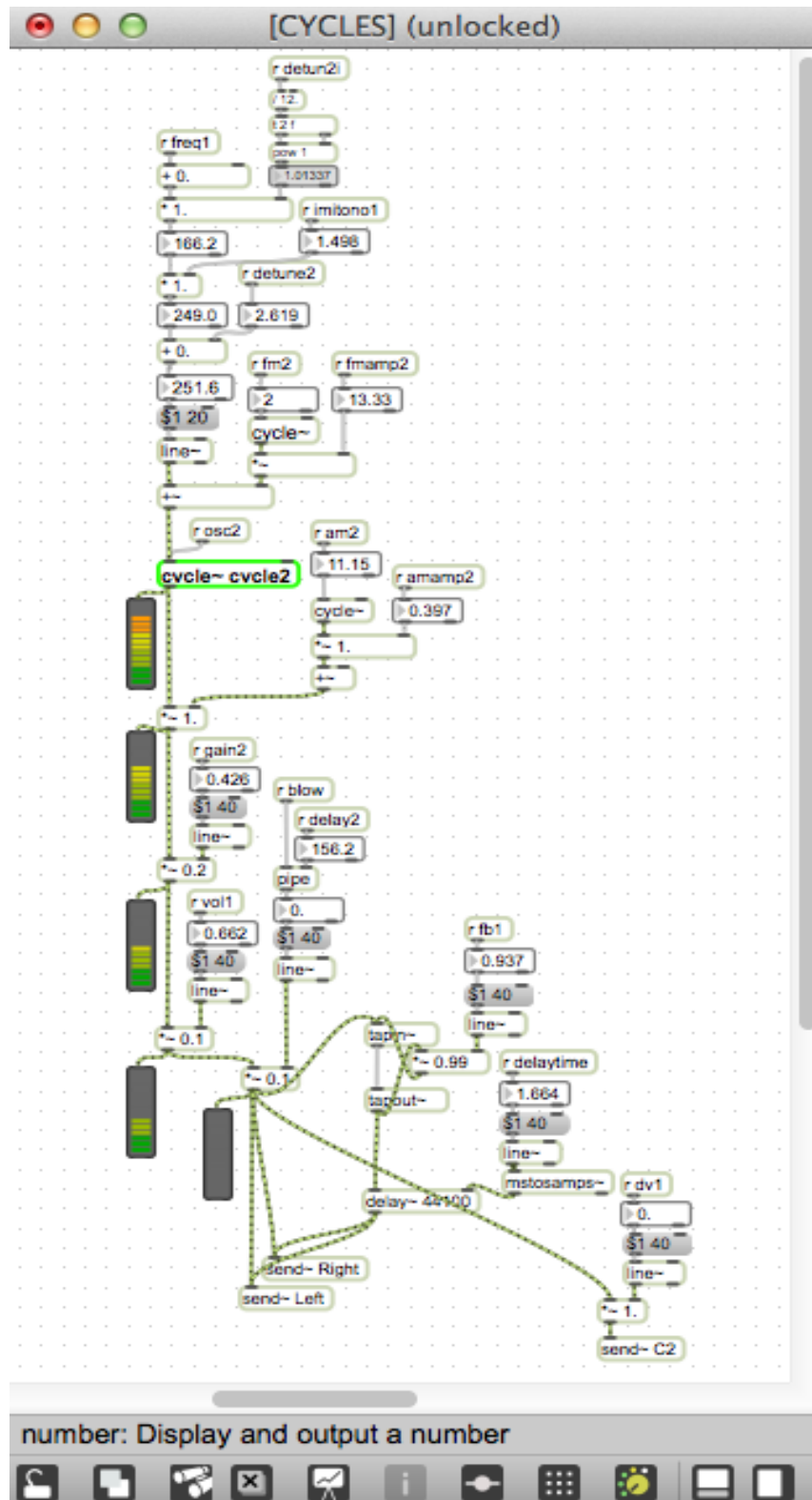


Εικόνα 68: Το εικονικό περιβάλλον των ταλαντωτών που έχει στην διάθεση του ο χρήστης το patch.



Εικόνα 69: Subpatch [p gen] ενός από τους τέσσερις ταλαντωτές.

Στο subpatch [P CYCLES] βρίσκονται τα 4 cycles των ταλαντωτών [gen 10]. Πιο κάτω φαίνεται μόνο ο δεύτερος ταλαντωτής από τους τέσσερις, λόγω του μεγάλου όγκου του subpatch.



Εικόνα 70: Δεύτερος ταλαντωτής της πρώτης χορδής.

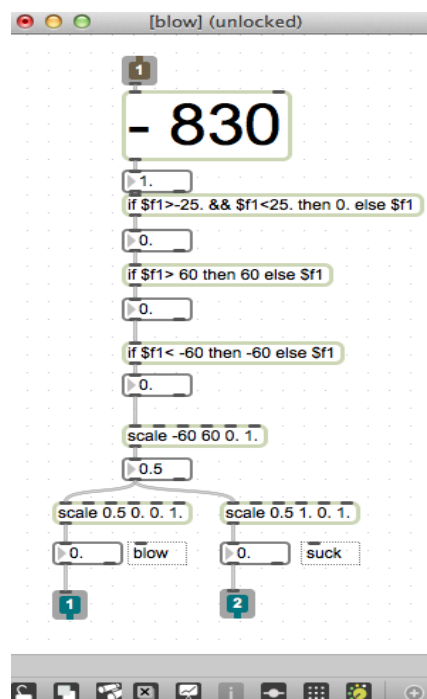
3.4.2 Τιμές του αισθητήρα αέρα

Ο αισθητήρας αέρα δίνει μια τιμή (συνιστώσα τιμή) ανάλογη της ατμοσφαιρικής πίεσης του σημείου στο οποίο βρίσκεται, χωρίς να επεμβαίνει ο χρήστης. Στην προκειμένη περίπτωση, λόγω του χαμηλού υψόμετρου του Ρεθύμνου η τιμή αυτή κυμαίνεται γύρω στο 830-840. Καθώς ο χρήστης φυσάει στον αισθητήρα, η τιμή μεταβάλλεται μέχρι το 960, και όταν ρουφάει, η τιμή μεταβάλλεται μέχρι το 450.

Οι τιμές του αισθητήρα αέρα αφορούν το πλάτος των ταλαντωτών [gen10]. Καθώς ο χρήστης φυσάει, επηρεάζει το πλάτος των τριών ταλαντωτών της πρώτης χορδής και καθώς ρουφάει το πλάτος του ταλαντωτή της δεύτερης χορδής.

Για τον σκοπό αυτό έγινε επεξεργασία των τιμών του αισθητήρα αέρα, έτσι ώστε στην κατάσταση που δεν επεμβαίνει ο χρήστης, η τιμή να είναι 0. Καθώς φυσάει, οι τιμές μεταβάλλονται από το 0. μέχρι το 1. Καθώς ρουφάει μεταβάλλονται οι τιμές ξανά από το 0. μέχρι το 1.

Άρα ο χρήστης μετακινώντας την πρώτη χορδή και φυσώντας, παράγει ήχο που συνθέτεται από τους 3 αρμονικούς ταλαντωτές [gen10]. Καθώς μετακινεί την δεύτερη χορδή και ρουφώντας, παράγεται ο ήχος από τον ταλαντωτή που αφιερώθηκε για την δεύτερη χορδή.



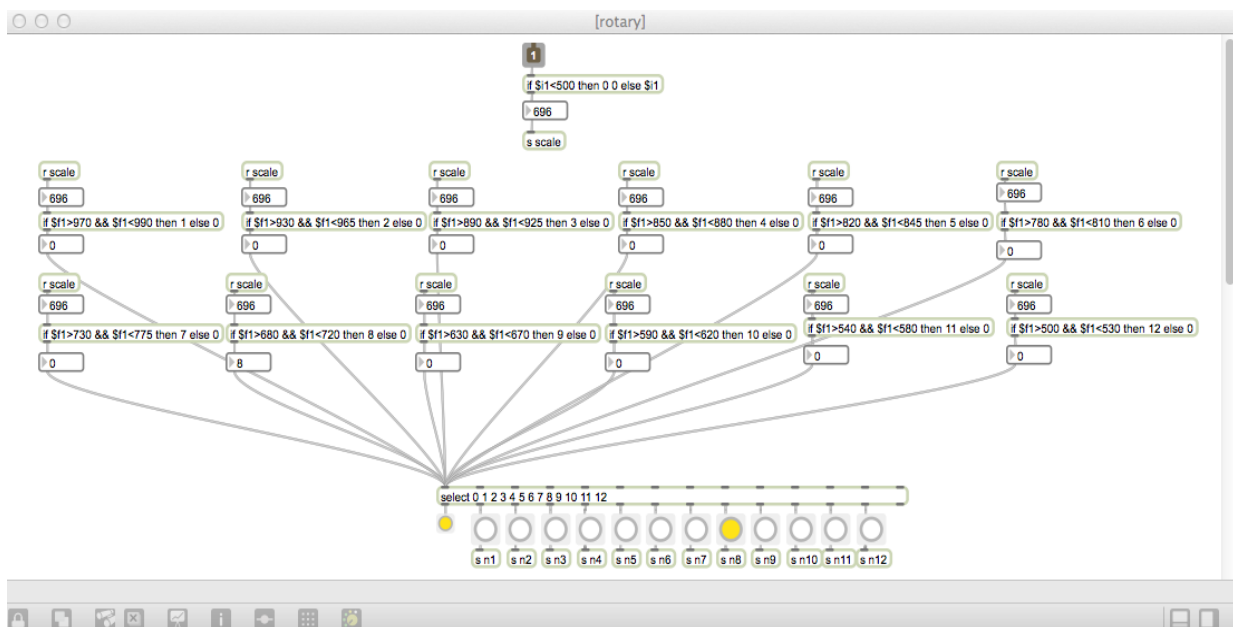
Εικόνα 71: Subpatch [p blow].

Οι τιμές του αισθητήρα αέρα στέλνονται στους ταλαντωτές όπως φαίνεται στην εικόνα 70.

3.4.3 Τιμές του Κυκλικού διακόπτη δώδεκα θέσεων.

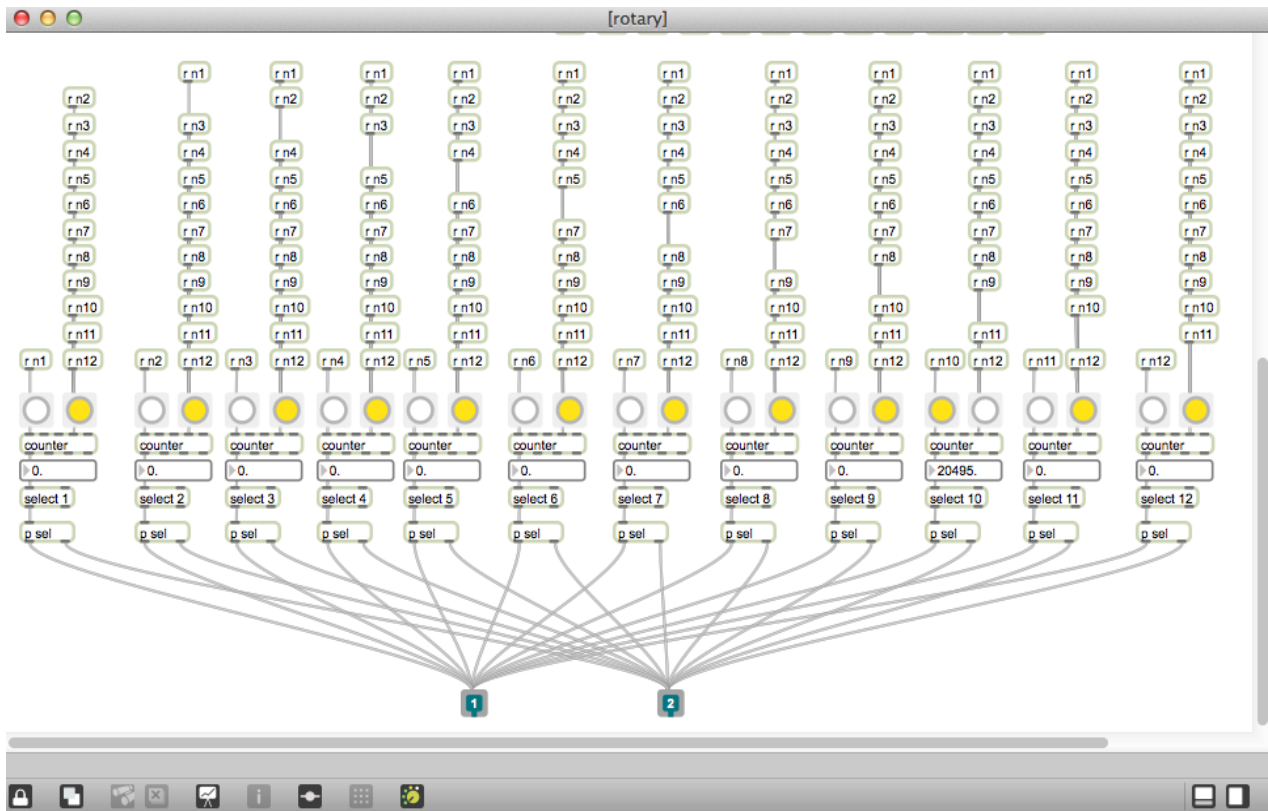
Καθώς γυρίζει ο κυκλικός διακόπτης δίνει 12 διαφορετικές τιμές, οι οποίες προκύπτουν από την ψηφιοποίηση της πτώσης τάσης της κάθε αντίστασης που κολλήθηκε στο πίσω μέρος του. Οι τιμές αυτές ενεργοποιούν δώδεκα αντίστοιχα bangs, τα οποία στέλνουν έναν αριθμό που πολλαπλασιάζεται με την συχνότητα των ταλαντωτών. Ο αριθμός αυτός επιλέγεται από τον πίνακα (Εικόνα 75), και αφού πολλαπλασιάζεται με την συχνότητα, αλλάζει το τονικό ύψος. Έτσι μπορεί ο χειριστής καθώς παίζει με τις χορδές, να γυρίζει το rotary switch, και να αλλάζει το τονικό ύψος του ήχου. Πιο συγκεκριμένα, αν ο χειριστής κρατάει μια νότα π.χ A3 στην πρώτη χορδή, μπορεί καθώς γυρίσει τον κυκλικό διακόπτη να μεταβάλει την A3 ένα ημιτόνιο πάνω, έπειτα να ξαναγυρίσει τον κυκλικό διακόπτη, και να μεταβάλει την A3 τρία ημιτόνια κάτω, να ξαναγυρίσει και να μεταβάλει την A3 μια πέμπτη πάνω (και αυτό είναι δυνατό να γίνει 12 φορές). Το ίδιο γίνεται και για την δεύτερη χορδή, αφού το bang που στέλνεται είναι διπλό (ένα bang για την συχνότητα της πρώτης χορδής, και ένα bang για την συχνότητα της δεύτερης χορδής), είναι ανεξάρτητη δηλαδή η επιλογή των ημιτονίων (ή άλλων διαστημάτων μεγαλύτερων ή μικρότερων του ημιτονίου, αφού το ημιτόνιο αφορά το preset διάστημα στον πίνακα) για τις δυο χορδές. Ο χειριστής μπορεί να επιλέξει μεταβολή ημιτονίων μέχρι μια οκτάβα πάνω και κάτω, για να αλλάξει την τιμή της συχνότητας που δίνει οποιαδήποτε χορδή πατάει σε κάποιο σημείο.

Στην εικόνα 72 φαίνεται το πρώτο μέρος του subpatch [p rotary], όπου γίνεται ο διαχωρισμός των τιμών που δίνει ο κυκλικός διακόπτης.



Εικόνα 72: Πρώτο μέρος του subpatch [p rotary].

Αφού γίνει ο διαχωρισμός των τιμών, κάθε φορά που γυρίζει ο κυκλικός διακόπτης και επιλέγεται μια από τις 12 τιμές, αυτή, λόγω της δειγματοληψίας του μικροεπεξεργαστή, στέλνει συνέχεια bangs. Σκοπός ήταν ο διακόπτης να δίνει ένα bang κάθε φορά που γυρίζει και όχι συνέχεια. Έτσι παρατηρείται στο δεύτερο μέρος του subpatch [p rotary] πως κάθε φορά που γυρίζει ο κυκλικός διακόπτης, στέλνει ένα bang μόνο για την εκάστοτε τιμή, και απομονώνει όλες τις υπόλοιπες με τα αντικείμενα [counter] και [select].



Εικόνα 73: Δεύτερο μέρος του subpatch [p rotary].

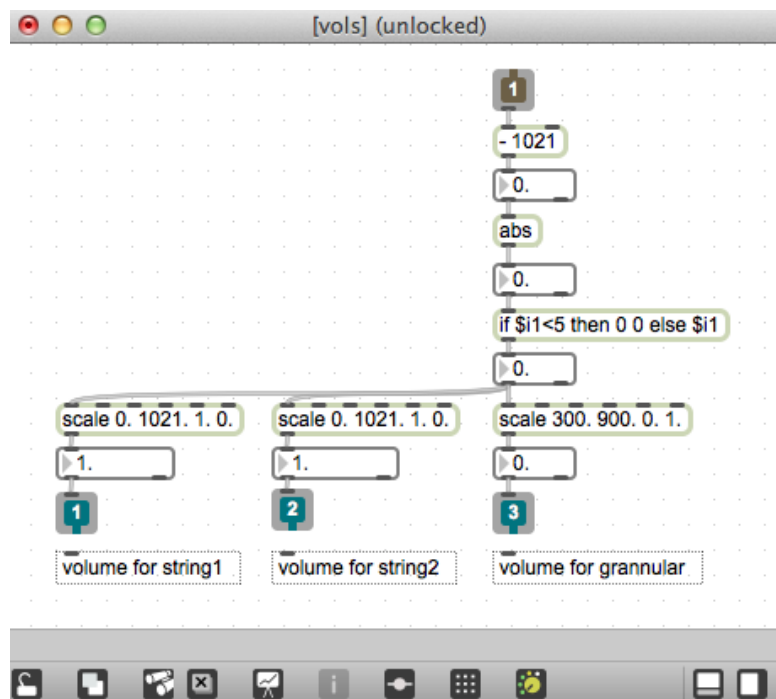
Στην εικόνα 74 φαίνεται ένα από τα 12 subpatch [p sel], το οποίο όταν λάβει το bang, στέλνει στους ταλαντωτές τον αριθμό της πράξης x ρίζα 2. όπου x είναι ένας αριθμός (με preset το 12) που επιλέγεται για να διαιρεθεί η οκτάβα σε x μέρη. Ο αριθμός αυτός επιλέγεται από τον πίνακα που φαίνεται στην εικόνα 75. Αφού επιλεγεί ο x αριθμός, έχει στην διάθεση του 24 διαστήματα μεταφοράς (transposition intervals) να επιλέξει για το κάθε ένα από τα 12 bang. Η λογική των 24 διαστημάτων μεταφοράς αφορά τον x αριθμό ίσο με το 12 (preset τιμή του αλγόριθμου), όπου η οκτάβα διαιρείται σε 12 ίσα μέρη με βάση το δυτικό συγκερασμένο σύστημα, έτσι ώστε ο χρήστης να μπορεί να επιλέξει μέσω του πίνακα 24 διαφορετικά ημιτόνια (2 οκτάβες).

3.4.4 Τιμές των τεσσάρων ποτενσιόμετρων

Καθώς γυρίζουν οι άξονες περιστροφής των ποτενσιόμετρων, μεταβάλλονται οι τιμές από 0 – 1023 που αντιστοιχούν στην ψηφιοποίηση της διαίρεσης τάσης τους.

3.4.4.1 Τιμές του πρώτου ποτενσιόμετρου

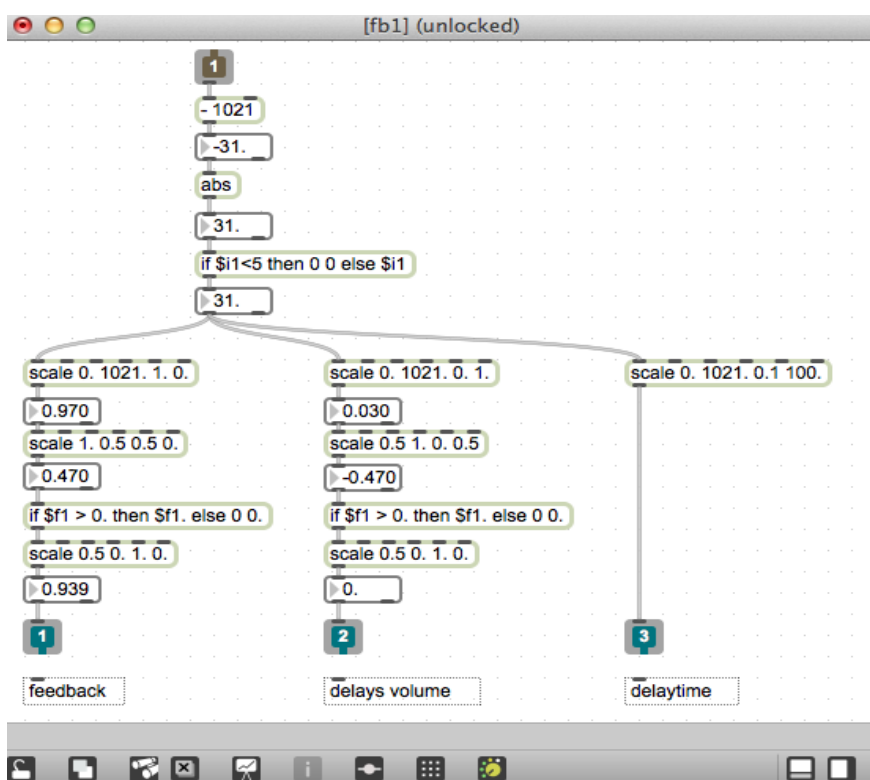
Το πρώτο ποτενσιόμετρο (πρώτο από κάτω στο κυρίως σώμα) αφορά στην ένταση των ταλαντωτών και της μηχανής granular. Οι τιμές του ποτενσιόμετρου διαχωρίστηκαν και επεξεργάστηκαν με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε καθώς γυρίζει από αριστερά προς τα δεξιά να γίνεται ένα crossfade της έντασης των ταλαντωτών (και για τις δυο χορδές) με την ένταση της μηχανής granular. Όταν είναι τέρμα αριστερά, η ένταση των ταλαντωτών είναι 1. και της μηχανής granular 0. Καθώς γυρίζει από αριστερά προς τα δεξιά, μειώνεται η ένταση των χορδών και αρχίζει να δυναμώνει η ένταση της granular. Τέρμα δεξιά, η ένταση της granular είναι 1. και των ταλαντωτών 0. Το ποτενσιόμετρο όταν βρίσκεται στο κέντρο (ώρα 12), η ένταση και των ταλαντωτών και της granular είναι 0.5. Οι τιμές που δίνει το ποτενσιόμετρο για το πλάτος των ταλαντωτών, έχει επιβληθεί (προγραμματιστικά) να βρίσκονται πριν την ένταση που ελέγχεται από τον αισθητήρα αέρα, έτσι ώστε να ελέγχει ουσιαστικά τον αισθητήρα αέρα. Όταν το ποτενσιόμετρο είναι τέρμα δεξιά και ο χρήστης φυσά, ή ρουφά, δεν ακούγεται τίποτα.



Εικόνα 76: Subpatch [p vols] του πρώτου ποτενσιόμετρου.

3.4.4.2 Τιμές του δεύτερου ποτενσιόμετρου

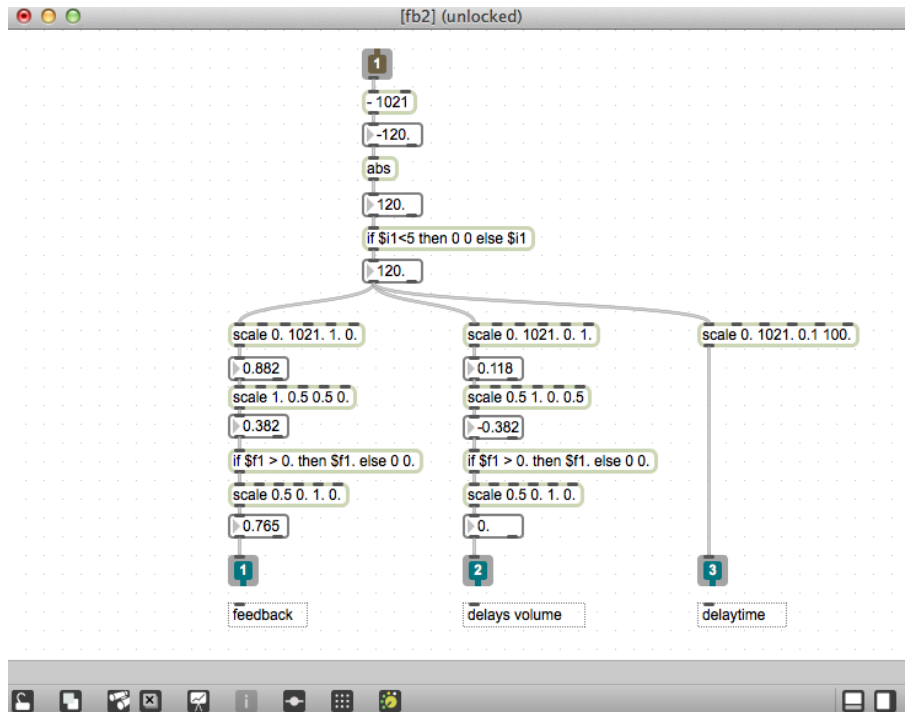
Οι τιμές του δεύτερου (από κάτω στο κυρίως σώμα) ποτενσιόμετρου αφορούν παραμέτρους της χροιάς των τριών ταλαντωτών της πρώτης χορδής. Συγκεκριμένα, ελέγχει την ανάδραση των αντικείμενων [tapin~] και [tapout~] που βρίσκονται μετά από τους τρεις ταλαντωτές, το delay time του αντικείμενου [delay~] που βρίσκεται αμέσως μετά από το [tapin~] – [tapout~], και την ένταση των delays του παραγόμενου ήχου. Διαχωρίστηκαν οι τιμές του δεύτερου ποτενσιόμετρου σε τρία μέρη για να λειτουργεί έτσι. Καθώς είναι τέρμα αριστερά, δίνει τιμή 0.99 για την ανάδραση του [tapin~] – [tapout~], και ένταση 0 για τα delays του παραγόμενου ήχου. Όταν βρίσκεται στο κέντρο (ώρα 12), η τιμή της ανάδρασης είναι 0 και των delays του παραγόμενου ήχου το ίδιο. Καθώς γυρίζει από το κέντρο και δεξιά, αυξάνεται η ένταση των delays με μέγιστη ένταση 1, τέρμα δεξιά. Από αριστερά προς τα δεξιά μεταβάλλεται το delay time του αντικείμενου [delay~] από 0.1msec σε 100msec. Ο χρήστης μπορεί να κρατήσει ένα τόνο με την ανάδραση, καθώς γυρίζει το ποτενσιόμετρο τέρμα αριστερά, και να αλλάζει την χροιά του με μικροαλλαγές της κίνησης. Καθώς γυρίζει το ποτενσιόμετρο από το κέντρο και δεξιά δεν έχει καθόλου ανάδραση, αλλά ακούει τη επανάληψη του παραγόμενου ήχου αφού πλέον έχει στα χέρια του την ένταση των delays.



Εικόνα 77: Subpatch [p fb1] του δεύτερου ποτενσιόμετρου.

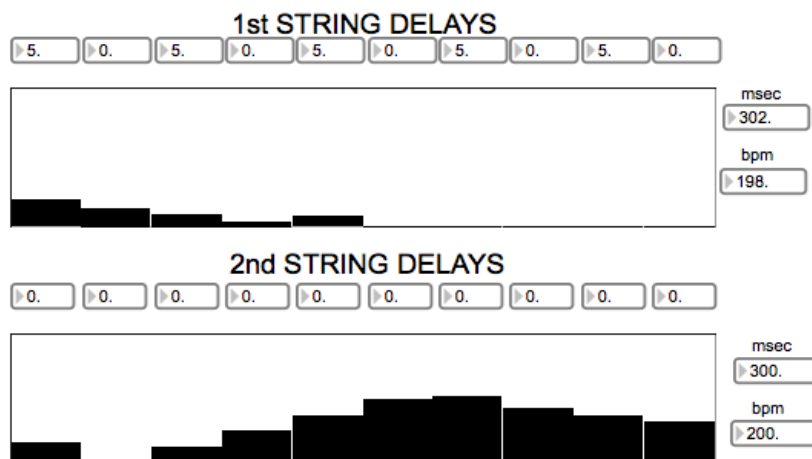
3.4.4.3 Τιμές του τρίτου ποτενσιόμετρου

Οι τιμές του τρίτου ποτενσιόμετρου (από κάτω στο κυρίως σώμα) ελέγχουν ακριβώς τις ίδιες παραμέτρους με το δεύτερο ποτενσιόμετρο, αλλά αυτό για τον ταλαντωτή (τέταρτος ταλαντωτής) της δεύτερης χορδής.



Εικόνα 78: Subpatch [p fb2] του τρίτου ποτενσιόμετρου.

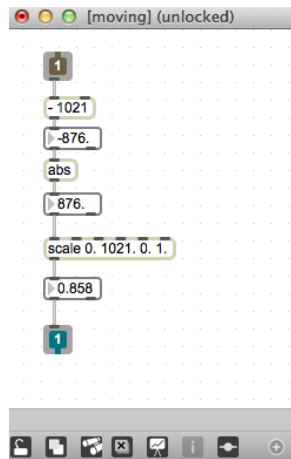
Πιο κάτω φαίνεται το εικονικό περιβάλλον των delays που έχει στην διάθεση του ο χρήστης ξεχωριστό για των ταλαντωτή της κάθε χορδής.



Εικόνα 79: Πρώιμες ανακλάσεις – Delays.

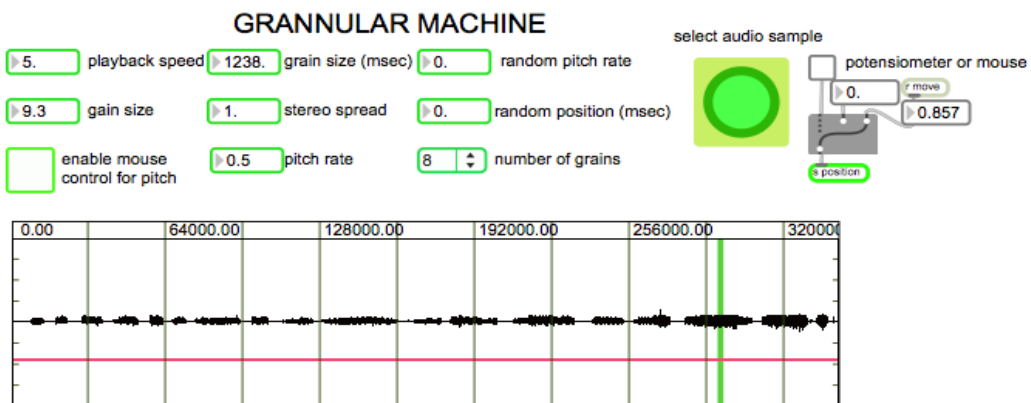
3.4.4 Τιμές του τέταρτου ποτενσιόμετρου

Οι τιμές του τέταρτου ποτενσιόμετρου (από κάτω, ή πρώτο από πάνω στο κυρίως σώμα), αφορούν τη μετατόπιση της θέσης ανάγνωσης του ηχητικού δείγματος στον αλγόριθμο κοκκοειδούς σύνθεσης ήχου. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να εισάγει ένα ηχητικό δείγμα στον αλγόριθμο κοκκοειδούς (grannular) σύνθεσης ήχου και να μετατοπίζει την θέση ανάγνωσης (τιμές 0. - 1.) σε όλο το ηχητικό δείγμα.



Εικόνα 80: Subpatch [p moving] του τέταρτου ποτενσιόμετρου.

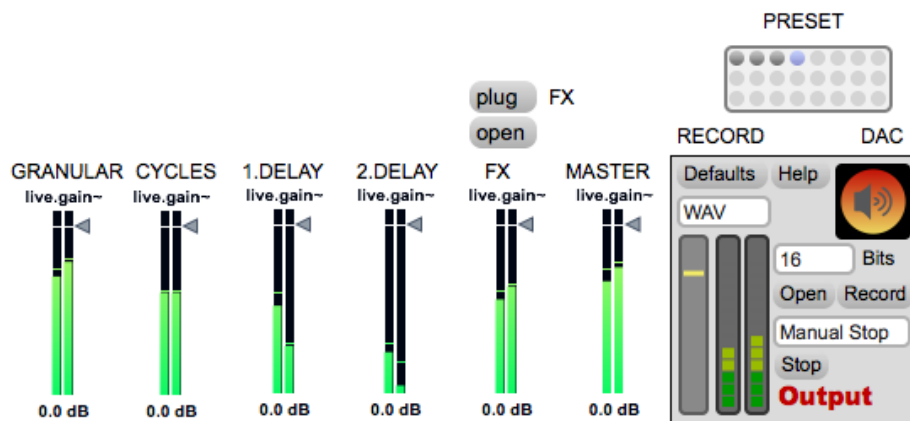
Πιο κάτω φαίνεται η μηχανή grannular που έχει στην διάθεσή του ο χρήστης. Μπορεί να ελέγξει την ταχύτητα αναπαραγωγής (playback speed), το μέγεθος του κόκκου (grain size), τον αριθμό των κόκκων (number of grains), την ένταση των κόκκων (gain size), την στερεοφωνική εικόνα (stereo spread), την τυχαία μετακίνηση της θέσης ανάγνωσης (random position) και του τόνου (random pitch rate), καθώς και το τονικό ύψος (pitch rate), ακόμα και στην περίπτωση που απενεργοποιείται το ποτενσιόμετρο, οπότε και ο έλεγχος γίνεται με το ποντίκι του υπολογιστή. Η συγκεκριμένη μηχανή σύνθεσης είναι κατασκευή του Nobuyasu Sakonda (2011), η οποία τροποποιήθηκε στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας αυτής.



Εικόνα 81: Αλγόριθμος κοκκοειδούς σύνθεσης ήχου (grannular machine).

3.5 Master Section

Στην εικόνα 82, φαίνονται τα faders των τελικών εντάσεων των μηχανών σύνθεσης του ήχου, τα οποία καταλήγουν στο γενικό master και έπειτα στην κάρτα ήχου (dac). Μέρος των σημάτων περνάνε από ένα άλλο fader (FX), στο οποίο ο χρήστης μπορεί να ανοίξει ένα plug in για να εφαρμόσει κάποιο εφέ, π.χ. να δώσει βάθος στον παραγόμενο ήχο. Με το αντικείμενο preset ο χρήστης μπορεί να φτιάξει ποικίλους ήχους και καταστάσεις στο patch. Ο χρήστης μπορεί να ηχογραφήσει καθώς παίζει με το ηλεκτρονικό όργανο SAS.



Εικόνα 82: Master Section.

Συμπεράσματα

Ο αρχικός σκοπός της κατασκευής του ηλεκτρονικού οργάνου SAS ήταν καθαρά ο πειραματισμός για τη δημιουργία μιας κατασκευής προσαρμοσμένης στις προσωπικές μουσικές, προγραμματιστικές και λειτουργικές βλέψεις του κατασκευαστή του.

Με βάση τα παραπάνω, με την ολοκλήρωση του οργάνου προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα.

Αρχικά, βρέθηκε πως είναι εξαιρετικά σημαντικό να γίνεται ένας προσεκτικός σχεδιασμός, καθώς και καθορισμός των στόχων που θα έχει ένα τέτοιο εγχείρημα, όπως επίσης και των λειτουργιών που θα εκτελεί, αφού ο ελεύθερος χαρακτήρας που είχε αυτή η προσπάθεια, κόστισε σε χρήματα, χρόνο και κόπο.

Στο κομμάτι του σχεδιασμού, κρίθηκε πως η εργονομία και ευκολία χρήσης ενός τέτοιου οργάνου είναι ένας παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη. Πιο συγκεκριμένα, είναι πιθανό πως η χρήση του συγκεκριμένου οργάνου μπορεί αρχικά να δυσκολέψει τον αρχάριο χρήστη, καθώς διαθέτει πολλές λειτουργίες που πρέπει να ελέγχονται ταυτόχρονα. Ίσως σε μια διαφορετική, μελλοντική κατασκευή, με βάση τα παραπάνω, να γίνει μια προσπάθεια απλοποίησης του τρόπου διάδρασης του χρήστη με το όργανο.

Όσον αφορά στο κόστος, αυτό ήταν αρκετά υψηλό. Οι παράγοντες που το επηρέασαν ήταν ο προσωπικός εκτεταμένος πειραματισμός του κατασκευαστή, που είχε ως αποτέλεσμα την συνεχή ανάγκη αγοράς υλικών και το κόστος των εξαρτημάτων (πλαστικών, ξύλινων, μεταλλικών μερών, καθώς και των ηλεκτρονικών στοιχείων που απαιτούνταν).

Ένας άλλος παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, τέλος, είναι η ανάγκη εύρεσης και χρήσης ορισμένου εξοπλισμού και εργαλείων (όπως αυτά φαίνονται και στις εικόνες του κεφαλαίου 2).

Συμπερασματικά, μια τέτοια κατασκευή μπορεί να αποβεί χρονοβόρα ή και οικονομικά ασύμφορη σε κάποιες περιπτώσεις, αλλά αποτελεί μια σπουδαία εμπειρία, που αποδίδει πολύ σε γνώσεις που σχετίζονται με ποικίλους τομείς (δόθηκε προσοχή όχι μόνο στο πρακτικό/λειτουργικό κομμάτι, αλλά και στο αισθητικό).

Ένα από τα πιο σημαντικά συμπεράσματα, που ο συγγραφέας αντιλήφθηκε προς το τέλος, ήταν η σπουδαιότητα της επικοινωνίας και διαμοιρασμού των γνώσεων και των εμπειριών από και προς τα άτομα που ενεπλάκησαν στη διαδικασία αυτή (συμφοιτητές, καθηγητές, φίλοι κλπ), αλλά και ο σεβασμός των απόψεών τους.

Βιβλιογραφία – Βιβλιογραφικές αναφορές

- Γραφίτης. (n.d.). Retrieved April 21, 2013, from <http://el.wikipedia.org/wiki/Γραφίτης>
- Ποτενσιόμετρο. (n.d.). Retrieved April 21, 2013, from <http://el.wikipedia.org/wiki/Ποτενσιόμετρο>
- Τζεδάκη, Κ. (2011). “Ηλεκτρονικά Μουσικά Όργανα” (σημειώσεις μαθήματος).
- Bongers, B. (2000), “Physical Interfaces in the Electronic Arts - Interaction Theory and Interfacing Techniques for Real-time Performance, in Trends in Gestural Control of Music. Paris: Wanderley, M. M. Battier, M. eds. Ircam - Centre Pompidou, Paris.
- Collins, N. (2006). *Handmade electronic music: the art of hardware hacking*. Taylor & Francis.
- Jensenius, A. R., Koehly, R., & Wanderley, M. M. (2006). Building low-cost music controllers. In *Computer Music Modeling and Retrieval* (pp. 123-129), Springer Berlin Heidelberg.
- Koehly, R. (2005), “Study of various technologies for home-made sensors” (Master's Thesis), McGill University.
- Koehly, R., Curtil, D., van de Ven, T. G., & Wanderley, M. M. (2010). Carbon black loaded paper: An intelligent substrate for electronic sensors design. Retrieved Jun, 11
- Koehly, R. (2011), “Fabrication of sustainable Resistive – based paper touch sensors: Application to music technology” (Doctoral dissertation), McGill University.
- McCurdy, I. (n.d.). DIY Sensors Workshop. Retrieved January 26, 2013, from <http://iainmccurdy.org/>
- Papier Logik: Paper-based touch sensors. (n.d.). Retrieved September 14, 2013, from <http://www.papierlogik.com/project>
- Percussion Ribbon Controller. (n.d.). Retrieved October 12, 2013, from <http://www.electronicpeasant.com/projects/ribbon/controller.html>
- Sakonda, N. (2011). download. Retrieved January 16, 2013, from <http://formantbros.jp/sako/download.html>
- Sensors. (2014, May 28). *Wikipedia*. Retrieved August 15, 2013, from <http://en.wikipedia.org/wiki/Sensors>
- Sweetwater. (2004, July 9). Ribbon Controller. *inSync*. Retrieved October 28, 2013, from <http://www.sweetwater.com/insync/ribbon-controller/>

- Theremin. (2014, May 25). *Wikipedia*. Retrieved January 13, 2014, from <http://en.wikipedia.org/wiki/Theremin>
- Wanderley, M. M., & Koehly, R. Methods for the in-house development of sensors for musical applications. *Submitted for publication*.
- Waisvisz, M. (n.d.). The Hands. *The Hands*. Retrieved February 14, 2014, from <http://www.crackle.org/TheHands.htm>

Παραρτήματα

Παράρτημα 1. Περιεχόμενα συνοδευτικού CD

- A) Φάκελος – Αλγόριθμος Σύνθεσης Max/MSP.
- B) Φάκελος – PDF πτυχακής.