



DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT

Κατασκευή Τετρακάναλου  
Στερεοφωνικού Μίκτη  
( $\pm 12V$  έως  $\pm 15V$ )

4-Channel Stereo Mixer  
Building  
( $\pm 12V$  to  $\pm 15V$ )

Ζαρμακούπης Αθανάσιος

Επιβλέπων καθηγητής: Μιχάλης Κιζήρογλου

Θεσσαλονίκη 2021

## Δήλωση Φοιτητή

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία και τα συμπεράσματά της, σε οποιαδήποτε μορφή, αποτελούν συνιδιοκτησία του τμήματος Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Διεθνούς Πανεπιστημίου Ελλάδος και του φοιτητή. Οι προαναφερόμενοι διατηρούν το δικαίωμα ανεξάρτητης χρήσης και αναπαραγωγής (τμηματικά ή συνολικά) για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να αναφέρεται ο τίτλος, ο συγγραφέας, ο επιβλέπων και το τμήμα του ΔιΠαΕ.

Η έγκριση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας από το τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

*Ζαρμακούπης Αθανάσιος 13/2/2021 AZ*

Ο υπογεγραμμένος δηλώνω υπεύθυνα ότι η παρούσα Πτυχιακή Εργασία είναι εξ' ολοκλήρου δικό μου έργο και συγγράφηκε ειδικά για τις απαιτήσεις του προγράμματος σπουδών του τμήματος Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης.

Δηλώνω υπεύθυνα ότι κατά τη συγγραφή ακολούθησα την πρέπουσα ακαδημαϊκή δεοντολογία αποφυγής λογοκλοπής και έχω αποφύγει οποιαδήποτε ενέργεια που συνιστά παράπτωμα λογοκλοπής.

## Πίνακας Περιεχομένων

Εξώφυλλο	1
Χρονοδιάγραμμα Εργασίας	2
Εισαγωγή	3
Σχέδιο Κυκλώματος	5
Περιγραφή Κυκλώματος	7
Προσομοιώσεις Υποκυκλωμάτων	11
Σχεδιασμός Πλακέτας	19
Πάνελ	26
Κατασκευή Μίκτη	29
Περιγραφή Υλικών	32
Έλεγχος Λειτουργίας	33
Βιβλιογραφία	33

## Χρονοδιάγραμμα Εργασίας

Έναρξη 1/5/2020

Εβδομάδα 1	(4/5/20 - 10/5/20)	Επιλογή κυκλώματος
Εβδομάδα 2	(11/5/20 - 17/5/20)	Σχεδιασμός κυκλώματος στο Autocad
Εβδομάδα 3	(18/5/20 - 24/5/20)	Σχεδιασμός υποκυκλωμάτων στο Orcad
Εβδομάδα 4	(25/5/20 - 31/5/20)	Προσομοίωση υποκυκλωμάτων στο Orcad
Εβδομάδα 5	(1/6/20 - 7/6/20)	Σχεδιασμός block diagramm
Εβδομάδα 6-7	(8/6/20 - 21/6/20)	κενό
Εβδομάδα 8-9	(29/6/20 - 12/7/20)	Συγγραφή διπλωματικής στο Word
Εβδομάδα 10	(13/7/20 - 19/7/20)	Σχεδιασμός κυκλώματος στο Eagle
Εβδομάδα 11	(20/7/20 - 26/7/20)	Σχεδιασμός κυκλώματος στο Eagle
Εβδομάδα 12	(27/7/20 - 2/8/20)	κενό
Εβδομάδα 13	(3/8/20 - 9/8/20)	κενό
Εβδομάδα 14	(10/8/20 - 16/8/20)	Παραγγελία πλακέτας
Εβδομάδα 15	(17/8/20 - 23/8/20)	Συναρμολόγηση πλακέτας
Εβδομάδα 16	(24/8/20 - 30/8/20)	κενό
Εβδομάδα 17	(31/8/20 - 6/9/20)	κενό
Εβδομάδα 18	(7/9/20 - 13/9/20)	Σχεδιασμός πάνελ στο Nanocad
Εβδομάδα 19	(14/9/20 - 20/9/20)	κενό
Εβδομάδα 20	(21/9/20 - 27/9/20)	κενό
Εβδομάδα 21	(28/9/20 - 4/10/20)	Κατασκευή κουτιού εργασίας
Εβδομάδα 22	(5/10/20 - 11/10/20)	Έρευνα αγοράς πάνελ
Εβδομάδα 23	(12/10/20 - 18/10/20)	Έρευνα αγοράς πάνελ
Εβδομάδα 24	(19/10/20 - 25/10/20)	Έρευνα αγοράς πάνελ
Εβδομάδα 25	(26/10/20 - 1/11/20)	Έρευνα αγοράς πάνελ
Εβδομάδα 26	(2/11/20 - 8/11/20)	Παραγγελία πάνελ
Εβδομάδα 27	(9/11/20 - 15/11/20)	Συγγραφή Εργασίας
Εβδομάδα 28	(16/11/20 - 22/11/20)	Συγγραφή Εργασίας
Εβδομάδα 29	(23/11/20 - 29/11/20)	Συγγραφή Εργασίας

Εβδομάδα 30	(30/11/20 - 6/12/20)	Συγγραφή Εργασίας
Εβδομάδα 31	(7/12/20 - 13/12/20)	Συναρμολόγηση Μίκτη
Εβδομάδα 32	(14/12/20 - 20/12/20)	Έλεγχος Λειτουργίας
Εβδομάδα 33	(21/12/20 - 27/12/20)	Συγγραφή Εργασίας
Εβδομάδα 34	(28/12/20 - 3/1/21)	κενό
Εβδομάδα 35	(4/1/21 - 10/1/21)	κενό
Εβδομάδα 36	(11/12/20 - 17/1/21)	κενό
Εβδομάδα 37	(18/12/20 - 24/1/21)	κενό
Εβδομάδα 38	(25/11/20 - 31/1/21)	κενό
Εβδομάδα 39	(1/2/21 - 7/2/21)	τελικές διορθώσεις
Εβδομάδα 40	(8/2/20 - 15/2/21)	τελικές διορθώσεις

# Εισαγωγή

## Περίληψη

Ένας στερεοφωνικός μίκτης στον οποίο μπορούν να συνδεθούν ηλεκτρικές κιθάρες, high-z μικρόφωνα (μικρόφωνο σε μονοφωνική είσοδο), synth modules, drum machines και διάφορα άλλα ηλεκτρονικά μουσικά όργανα ή απλά σήματα. Ο μίκτης περιλαμβάνει τέσσερα μονοφωνικά κανάλια εισόδου με ποτενσιόμετρο για ρύθμιση της έντασης στο κάθε ένα, ώστε να ακούγονται τα παραπάνω σήματα εισόδου στις επιθυμητές εντάσεις μεταξύ τους. Με την προσθήκη μίας δεύτερης πλακέτας που θα έχει εξαρτήματα μόνο στα τμήματα των μονοφωνικών εισόδων, μπορούν να προστεθούν άλλα τέσσερα κανάλια.

## Abstract

A stereo mixer is developed, in which you can connect electric guitars, high-z microphones (not balanced input mics), synth modules, drum machines and various others electronic music instruments or signals in general. The mixer has four mono input channels, each with a volume potentiometer to mix the input signals above, at the desired levels. The console is upgradeable to 8-channels by adding a second printed circuit board, populating only the mono inputs sections and making the appropriate connections.

## Χαρακτηριστικά

- Τέσσερα μονοφωνικά κανάλια εισόδου , το καθένα με ρύθμιση για panning, effect 1 send και effect 2 send
- Τα effect 1 return και effect 2 return μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως στερεοφωνικές εισοδοι
- Δύο στερεοφωνικές είσοδοι
- Μία Στερεοφωνική έξοδος
- Ολοκληρωτικός στερεοφωνικός ενισχυτής για τα ακουστικά
- Δυνατότητα προσθήκης ακόμα τεσσάρων μονοφωνικών εισόδων, με μία ακόμα πλακέτα

## Επεξήγηση Ακρονύμων

LAB = Left Audio Bus

RAB = Right Audio Bus

E1LB = Effect 1 Left Bus

E1RB = Effect 1 Right Bus

E2LB = Effect 2 Left Bus

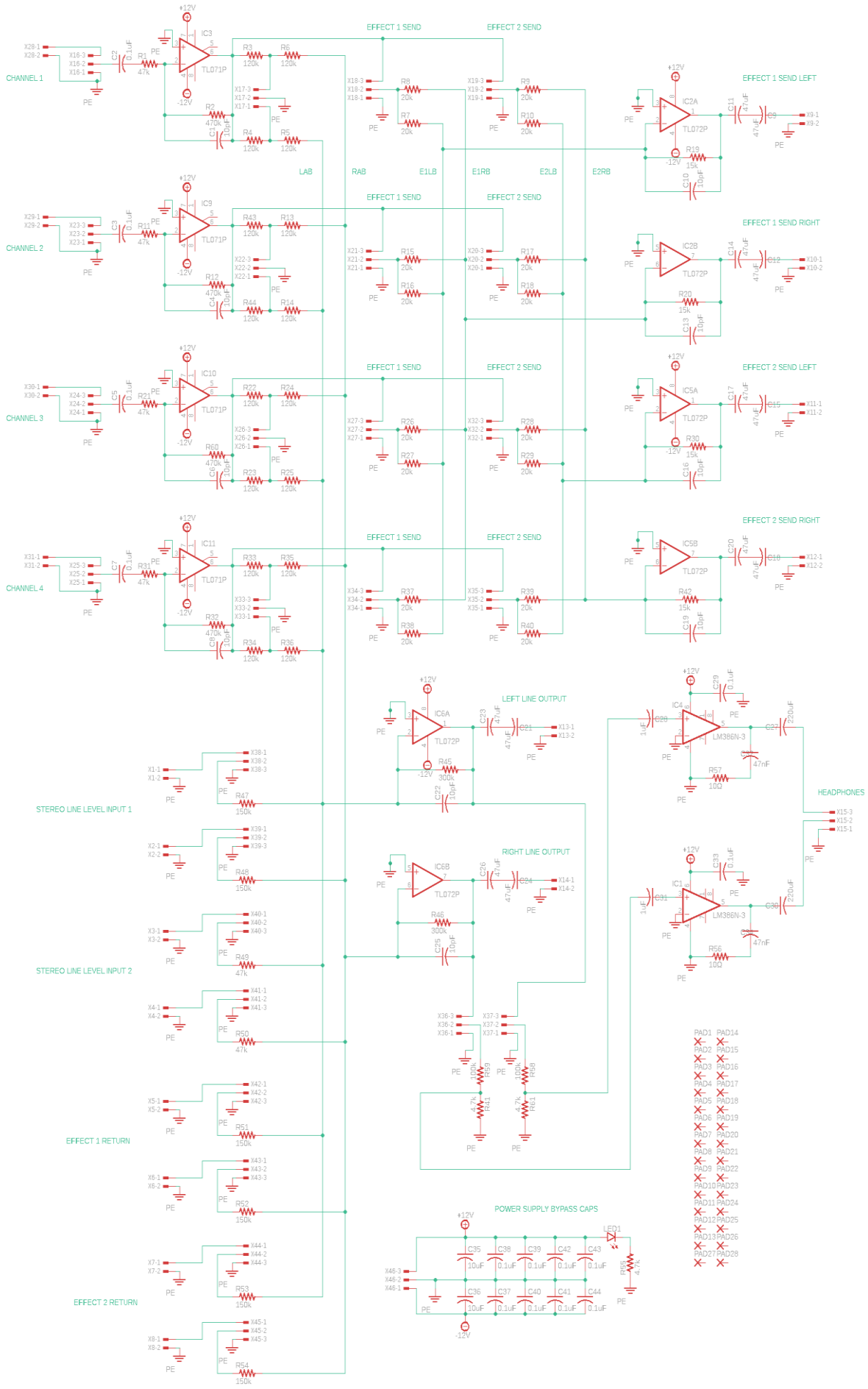
E2RB = Effect 2 Right Bus

# Σχέδιο Κυκλώματος

## 1.1 Συνολικό Κύκλωμα

Το σχέδιο του κυκλώματος πραγματοποιήθηκε στο σχεδιαστικό πρόγραμμα Eagle το οποίο ενδείκνυται για το σχεδιασμό τυπωμένων κυκλωμάτων. Τα εξαρτήματα που χρειάστηκαν χρησιμοποιήθηκαν από τη βιβλιοθήκη του Eagle, με το ακριβές αποτύπωμα (footprint) που θα καταλαμβάνουν πάνω στην πλακέτα και με τιμές που επιλέγει ο σχεδιαστής. Στο πρώτο στάδιο σχεδιασμού μίας πλακέτας στο Eagle, σχεδιάζεται ολόκληρο το κύκλωμα με τις τιμές, τις ονομασίες και τα footprint των εξαρτημάτων του. Στο δεύτερο στάδιο, που θα αναλυθεί παρακάτω, τα εξαρτήματα αυτά τοποθετούνται σύμφωνα με τον σχεδιαστή σε θέση και διάταξη που θα αποτελέσουν την τελική μορφή του τυπωμένου κυκλώματος. Το κύκλωμα φαίνεται παρακάτω.



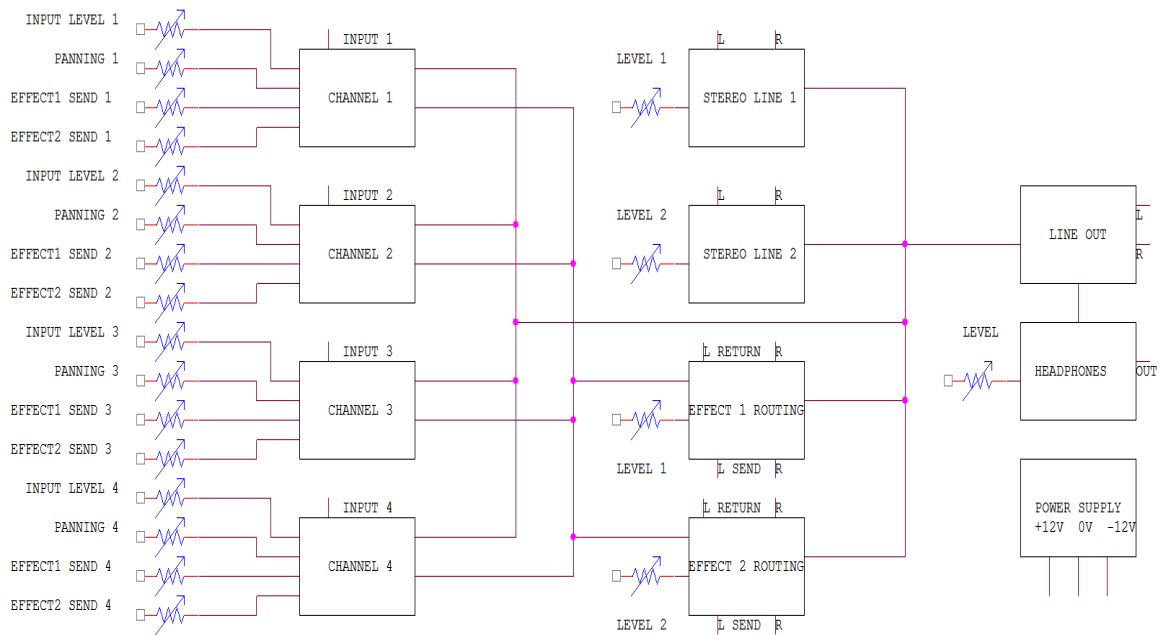


- PAD1 PAD14
- PAD2 PAD15
- PAD3 PAD16
- PAD4 PAD17
- PAD5 PAD18
- PAD6 PAD19
- PAD7 PAD20
- PAD8 PAD21
- PAD9 PAD22
- PAD10 PAD23
- PAD11 PAD24
- PAD12 PAD25
- PAD13 PAD26
- PAD27 PAD28

Σχήμα 1.1 - Συνολικό κύκλωμα μίκτη

Πρόκειται για διάφορα υποκυκλώματα τα οποία παρακάτω θα αναλυθούν ξεχωριστά για μεγαλύτερη ευκολία και κατανόηση.

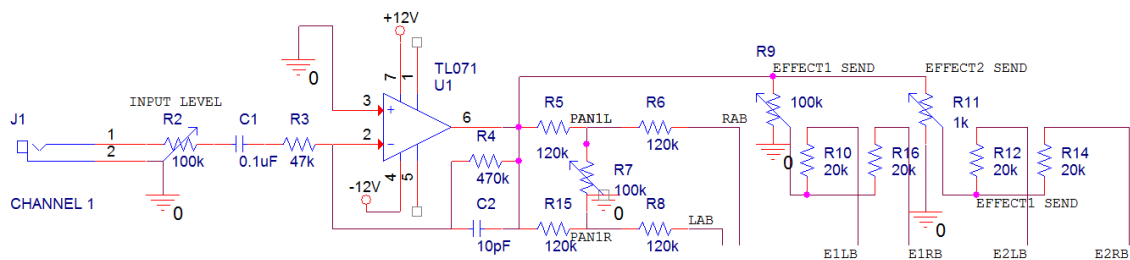
## 1.2 Μπλοκ Διάγραμμα



Σχήμα 1.2 - Μπλοκ διάγραμμα μίκτη

# Περιγραφή Κυκλώματος

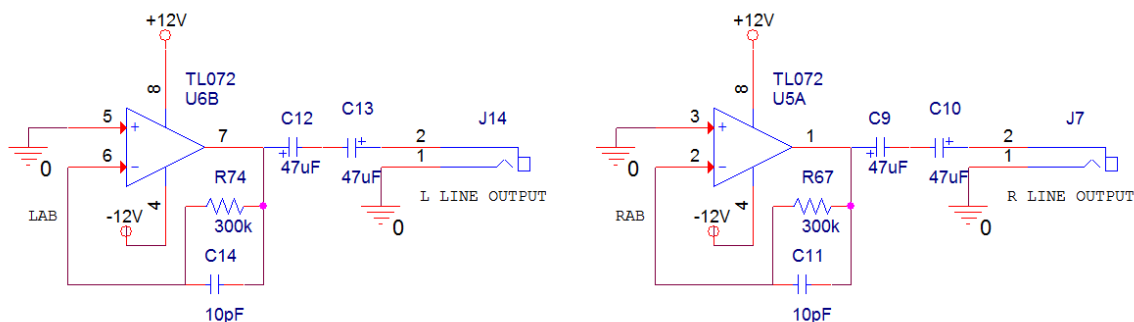
## 2.1 Μονοφωνικά Κανάλια Εισόδου



Σχήμα 2.1 - Μονοφωνικό κανάλι εισόδου

Αρχικά υπάρχουν τέσσερα πανομοιότυπα μονοφώνικα κανάλια εισόδου όπως φαίνεται πάνω και αριστερά του κυκλώματος. Στο καθένα από αυτά το μονοφωνικό σήμα εισόδου περνάει μέσα από μία μεταβλητή αντίσταση (ποτενσιόμετρο) 100KΩ η οποία θα είναι και η ένταση του αντίστοιχου καναλιού. Στη συνέχεια διέρχεται από έναν ηλεκτρολυτικό πυκνωτή αποσύζευξης 0.1µF και έπειτα από μία αντίσταση 47KΩ, έτσι ώστε να φτάσει στο επιθυμητό επίπεδο τάσης και να τελικά να μπει στην ανάστροφη είσοδο ενός τελεστικού ενισχυτή (TL071). Ο ενισχυτής δίνει αρνητική ανάδραση μέσω μίας αντίστασης 470KΩ παράλληλα με ένα πυκνωτή 10pF. Το σήμα που θα συνεχίσει από την έξοδο του τελεστικού ενισχυτή (pin6), θα διαχωριστεί μέσω δύο αντιστάσεων 120KΩ, των οποίων τα άκρα ενώνονται στους δύο ακριανούς ακροδέκτες μίας ακόμα μεταβλητής αντίστασης 100KΩ, ενώ ο μεσαίος ακροδέκτης αυτής καταλήγει στη γείωση. Μέσω του ποτενσιόμετρου αυτού μπορούμε να κάνουμε το λεγόμενο panning, να στείλουμε δηλαδή το σήμα του αντίστοιχου καναλιού στο δεξί ή αριστερό κανάλι εξόδου και κατά συνέπεια στο δεξί ή αριστερό ηχείο, αντίστοιχα με την τιμή της μεταβλητής αντίστασης. Ρυθμίζοντας το ποτενσιόμετρο στα 50KΩ ο ήχος θα πρέπει να διαμοιράζεται ισάξια στα δύο κανάλια εξόδου. Στο κάθε κανάλι εισόδου, τα δύο σήματα που συνεχίζουν από το ποτενσιόμετρο του panning περνάνε μέσα από μία αντίσταση 120KΩ το καθένα ώστε να δημιουργήσουν το δεξί και αριστερό κανάλι εξόδου αντίστοιχα Left/Right Audio Bus (LAB/RAB).

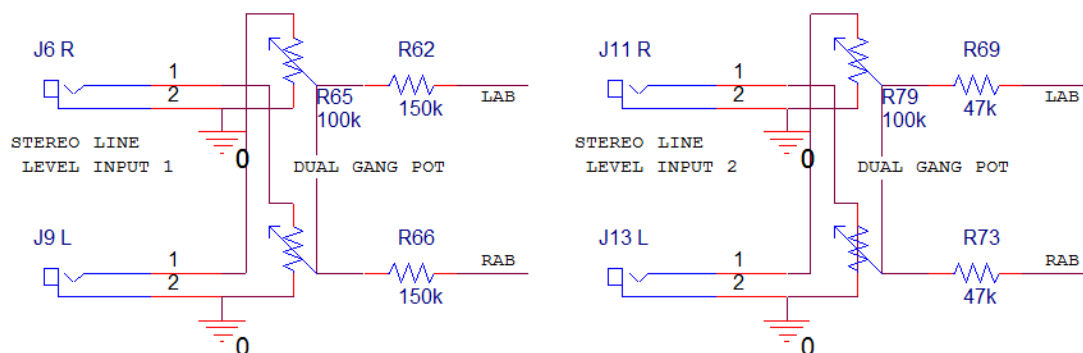
## 2.2 Κανάλια Εξόδου



Σχήμα 2.2 - Μονοφωνικά κανάλια εξόδου

Το κάθε κανάλι εξόδου θα συνδεθεί στις ανάστροφες εισόδους του ολοκληρωμένου (TL072), το οποίο περιέχει δύο πανομοιότυπους τελεστικούς ενισχυτές (TL071), έναν για κάθε έξοδο. Οι ενισχυτές από τις εξόδους τους (pin1, pin7) δίνουν αρνητική ανάδραση στις ανάστροφες εισόδους τους μέσω μίας αντίστασης 300KΩ παράλληλα με ένα πυκνωτή 10pF αντίστοιχα. Το τελικό σήμα εξόδου του κάθε ενισχυτή περνάει από δύο ηλεκτρολυτικούς πυκνωτές αποσύζευξης, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους μέσω των καθόδων τους ενώ η άνοδος του τελευταίου καταλήγει σε ένα από τα δύο θυληκά μονοφωνικά βύσματα εξόδου 1/4" Mono Jack. Εκεί μπορούν να συνδεθούν παθητικά ηχεία χωρίς περαιτέρω ενίσχυση, είτε ενεργητικά στα οποία εμπεριέχονται ένας ή και περισσότεροι ενισχυτές. Αυτή ήταν η βασική λειτουργία εισόδου/εξόδου ενός σήματος που περνάει μέσα από τον στερεοφωνικό μίκτη, στο συνολικό κύκλωμα όμως εμπεριέχονται και άλλες δυνατότητες μέσω κάποιων άλλων υποκυκλωμάτων.

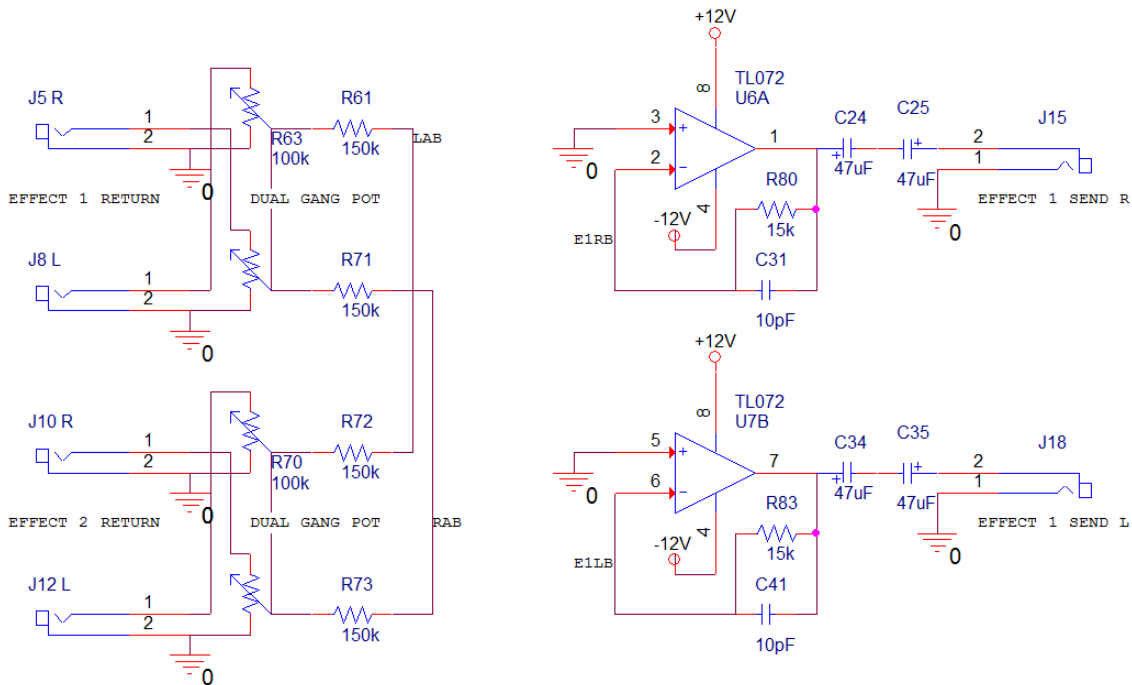
## 2.3 Στερεοφωνικές Είσοδοι



Σχήμα 2.3 - Στερεοφωνικές εισοδοι

Ένα από αυτά τα υποκυκλώματα είναι οι δύο στερεοφωνικές εισοδοι. Η πρώτη συνδέεται μέσω δύο αντιστάσεων 150KΩ στο δεξί και αριστερό κανάλι εξόδου αντίστοιχα, ενώ η δεύτερη μέσω δύο αντιστάσεων 47KΩ με αποτέλεσμα μεγαλύτερη ένταση στην έξοδο. Οι αντιστάσεις αυτές συνδέονται στους δύο μεσαίους ακροδέκτες ενός στερεοφωνικού ποτενσιόμετρου 100KΩ, με τους ακριανούς του ακροδέκτες να καταλήγουν σε δύο μονοφωνικά jack εισόδου, ένα για κάθε κανάλι εξόδου.

## 2.4 Εφέ Παραμόρφωσης

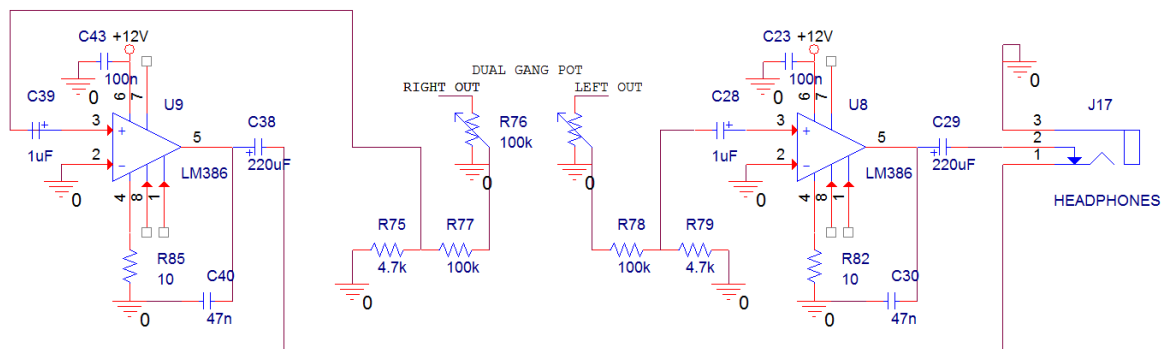


Σχήμα 2.4 - Εφέ παραμόρφωσης

Μία ακόμα δυνατότητα του μίκτη είναι η σύνδεση εξωτερικών κυκλωμάτων παραμόρφωσης ή επεξεργασίας του ήχου, όπως τα λεγόμενα πετάλια ή οποιοδήποτε synthesizer που δέχεται είσοδο και δίνει έξοδο. Στις εισόδους αυτών των εξωτερικών κυκλωμάτων παραμόρφωσης διέρχεται το σήμα από τον μίκτη μέσω μονοφωνικών καλωδίων 1/4" Mono Jack. Σε κάθε μία έξοδο των τελεστικών ενισχυτών των τεσσάρων καναλιών εισόδου που αναλύσαμε πριν, συνδέονται δύο ποτενσιόμετρα 100KΩ για κάθε ένα από τα δύο εφέ του μίκτη και τα οποία είναι υπεύθυνα για την ένταση στην οποία θα επιδρούν αυτά τα εξωτερικά εφέ. Από τον έναν ακροδέκτη του κάθε ποτενσιόμετρου συνεχίζουν δύο αντιστάσεις 20KΩ οι οποίες διαχωρίζονται για να δημιουργήσουν τα αριστερά και δεξιά κανάλια/busses των δύο εφέ, Effect1/2 Left/Right Bus (E1LB,E1RB,E2LB,E2RB). Τα δύο κανάλια του κάθε εφέ

εισέρχονται στις ανάστροφες εισόδους ενός ακόμα διπλού τελεστικού ενισχυτή (TL072). Η ανάδραση γίνεται με μία αντίσταση  $15K\Omega$  παράλληλα με ένα πυκνωτή  $15pF$  για κάθε ενισχυτή. Οι εξοδοί των ενισχυτών καταλήγουν τελικά στα εξωτερικά κυκλώματα των εφέ μέσω δύο ηλεκτρολυτικών πυκνωτών αποσύζευξης  $47\mu F$  συνδεδεμένων σε σειρά στην κάθοδό τους. Ο παραμορφωμένος πλέον ήχος των εξωτερικών εφέ θα επιστρέψει μέσω καλωδίων jack στον μίκτη στις αντίστοιχες εισόδους των εφέ Effect1/2 Return Left/Right. Το αριστερό και δεξί παραμορφωμένο σήμα του κάθε εφέ εισέρχονται σε ένα ακόμα στερεοφωνικό ποτενσιόμετρο  $100K\Omega$  που μέσω δύο αντιστάσεων  $150K\Omega$  στέλνει το σήμα στο αριστερό και δεξί κανάλι εξόδου αντίστοιχα LAB/RAB, ώστε να φτάσει μέσω αυτών στην τελική έξοδο του μίκτη. Ακόμα, οι εισοδοί των εξωτερικών εφέ του μίκτη μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως δύο ακόμα στερεοφωνικές εισοδοί, συνδέοντας απ' ευθείας διάφορα σήματα σε αυτές.

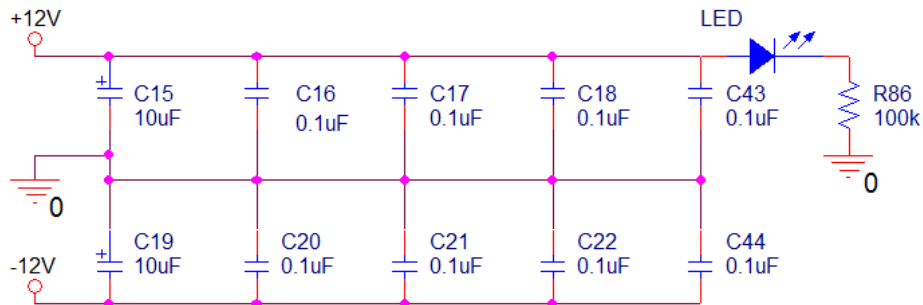
## 2.5 Ακουστικά



Σχήμα 2.5 - Κύκλωμα ακουστικών

Άλλη μία δυνατότητα του μίκτη είναι οι σύνδεση ακουστικών μέσω της στερεοφωνικής του εξόδου. Τα δύο σήματα των ακουστικών ξεκινάνε απ' ευθείας από τις μονοφωνικές εξόδους του μίκτη, δηλαδή από τις εξόδους (pin1, pin7) των τελεστικών ενισχυτών του ολοκληρωμένου (TL072) των καναλιών εξόδου. Έπειτα εισέρχονται σε ένα ακόμα στερεοφωνικό ποτενσιόμετρο  $100K\Omega$ , μέσω του οποίου ρυθμίζεται η ένταση των ακουστικών. Στα άκρα της διπλής αυτής μεταβλητής αντίστασης συνδέονται δύο διαίρετες τάσης με δύο αντιστάσεις  $100K\Omega$  και  $4.7K\Omega$  σε σειρά και έπειτα στη γείωση. Από την ένωση των δύο αντιστάσεων του κάθε διαίρετη τάσης, τα περιορισμένα σε τάση σήματα εισέρχονται μέσω ενός ηλεκτρολυτικού πυκνωτή  $1\mu F$  στις μη αναστρέψουσες εισόδους δύο τελεστικών ενισχυτών (LM386), έναν για κάθε κανάλι εξόδου των ακουστικών. Ο κάθε ενισχυτής δίνει αρνητική ανάδραση από την έξοδό του με ένα πυκνωτή  $47nF$  και μία αντίσταση  $10\Omega$  σε σειρά, με την ένωση των δύο να πάει στη γείωση και την αντίσταση στο (pin4) του ενισχυτή. Ακόμα υπάρχει ένας πυκνωτής φιλτραρίσματος  $100nF$  μεταξύ της τροφοδοσίας του ολοκληρωμένου (pin6) και της γείωσης. Τέλος, στις εξόδους (pin5) των ενισχυτών υπάρχουν δύο ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές αποσύζευξης  $220\mu F$  για να καταλήξουν στο στερεοφωνικών βύσμα εξόδου και στο δεξί και αριστερό ακουστικό αντίστοιχα.

## 2.6 Τροφοδοσία Κυκλώματος



Σχήμα 2.6 - Κύκλωμα φιλτραρίσματος των τάσεων τροφοδοσίας

Για την τροφοδοσία του μίκτη απαιτούνται δύο συνεχείς τάσεις από +12VDC και -12VDC μέχρι +15VDC και -15VDC. Η εισερχόμενη στο κύκλωμα τάση φιλτράρεται μέσω πυκνωτών οι οποίοι συνδέονται ανά ζευγάρια σε σειρά με τον θετικό πόλο του πρώτου στο +VDC, τον αρνητικό πόλο του δεύτερου στο -VDC και την ένωση τους να αποτελεί τη γείωση. Στο κύκλωμα φιλτραρίσματος της τροφοδοσίας υπάρχουν πέντε ζευγάρια πυκνωτών παράλληλα συνδεδεμένων μεταξύ τους. Ένα ζευγάρι ηλεκτρολυτικών 10µF και τέσσερα ζευγάρια κεραμικών 100nF. Τέλος, στη θετική τάση τροφοδοσίας +VDC συνδέεται ένα LED ένδειξης λειτουργίας και από την κάθοδό του σε σειρά με μία αντίσταση περιορισμού ρεύματος 4.7KΩ που καταλήγει στη γείωση.

# Προσομοιώσεις Υποκυκλωμάτων

## 3.1 Πρόγραμμα Προσομοιώσεων

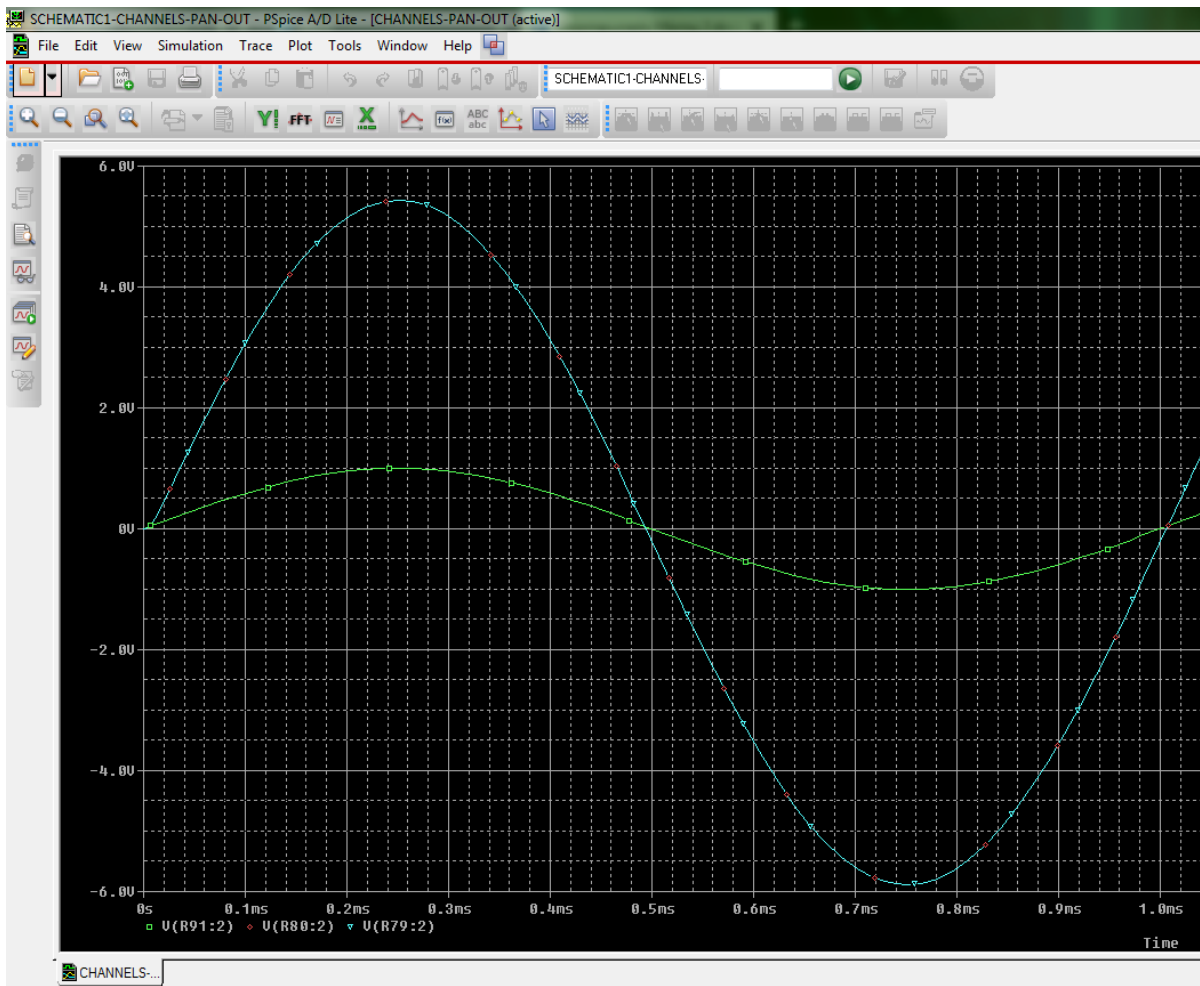
Για τις προσομοιώσεις των υποκυκλωμάτων χρησιμοποιήθηκε ο προσομοιωτής PSpice ο οποίος είναι κομμάτι του σχεδιαστικού προγράμματος OrCAD Capture CIS. Λόγω του περιορισμένου αριθμού εξαρτημάτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη δωρεάν έκδοση Lite, συγκεκριμένα μέχρι εξήντα, το αρχικό κύκλωμα απλουστεύτηκε καθώς αφαιρέθηκαν από αυτό υποκυκλώματα τα οποία επαναλαμβάνονταν.

## 3.2 Σχέδιο Προσομοιώσεων

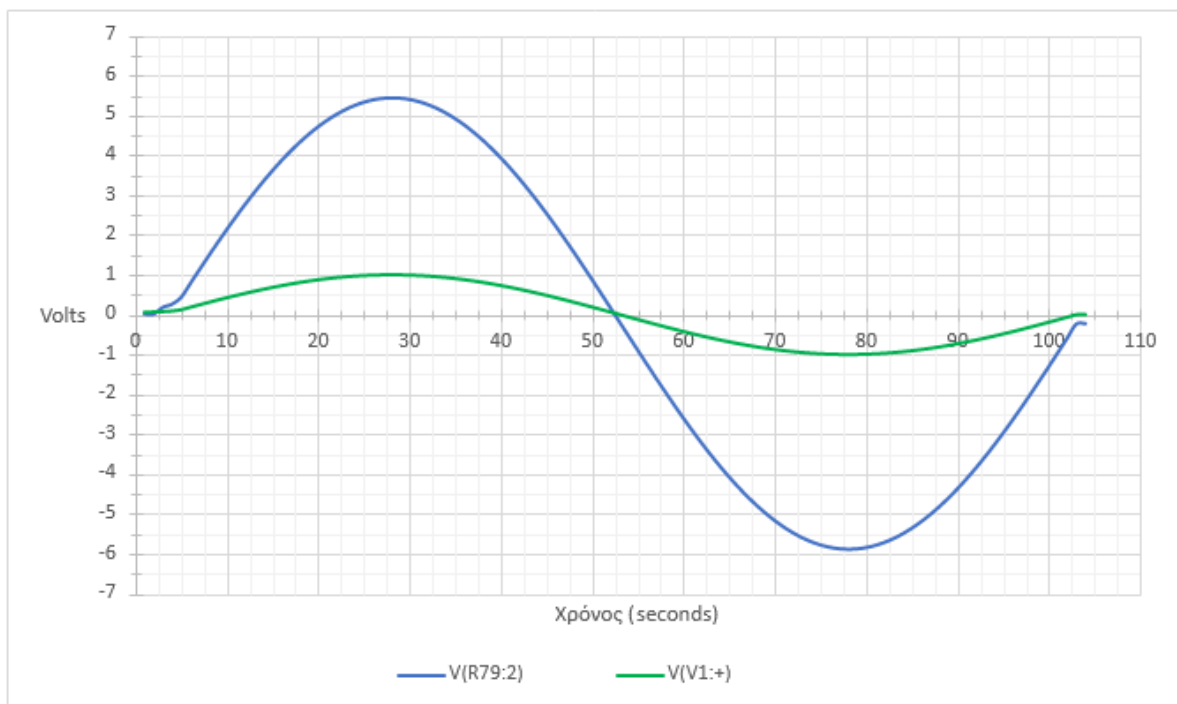
Για το σχέδιο της προσομοίωσης, από τα τέσσερα κανάλια μονοφωνικών εισόδων έμειναν μόνο τα δύο, τα οποία είναι απαραίτητα ώστε να γίνει η μεταξύ τους μίξη. Ακόμα προστέθηκαν οι δύο στερεοφωνικές εισοδοί καθώς με τις διαφορετικές αντιστάσεις εισόδων που διαθέτουν θα έχουν και διαφορετικά αποτελέσματα στην τελική μίξη των σημάτων. Πανομοιώτυπα υποκυκλώματα με την πρώτη στερεοφωνική είσοδο με αντίσταση εισόδου 150KΩ είναι τα Effect1/2 Return Left/Right, τα οποία είτε μπορούν να χρησιμοποιηθούν και αυτά ως στερεοφωνικές εισοδοί, είτε εισάγουν στον μίκτη το ήδη παραμορφωμένο σήμα από εξωτερικά ηλεκτρονικά κυκλώματα. Έτσι η χρήση αυτών καθώς και των Effect1/2 Send Left/Right στις προσομοιώσεις, τα οποία στέλνουν το σήμα προς παραμόρφωση στα εξωτερικά αυτά κυκλώματα μπορεί να παραληφθεί. Επίσης παραλήπεται και το υποκύκλωμα της στερεοφωνικής εξόδου και της έντασης των ακουστικών, καθώς η έξοδός τους είναι πανομοιώτυπη με τις δύο μονοφωνικές εξόδους του μίκτη Left/Right Out. Έτσι το τελικό κύκλωμα προς προσομοίωση έχει την παρακάτω μορφή.





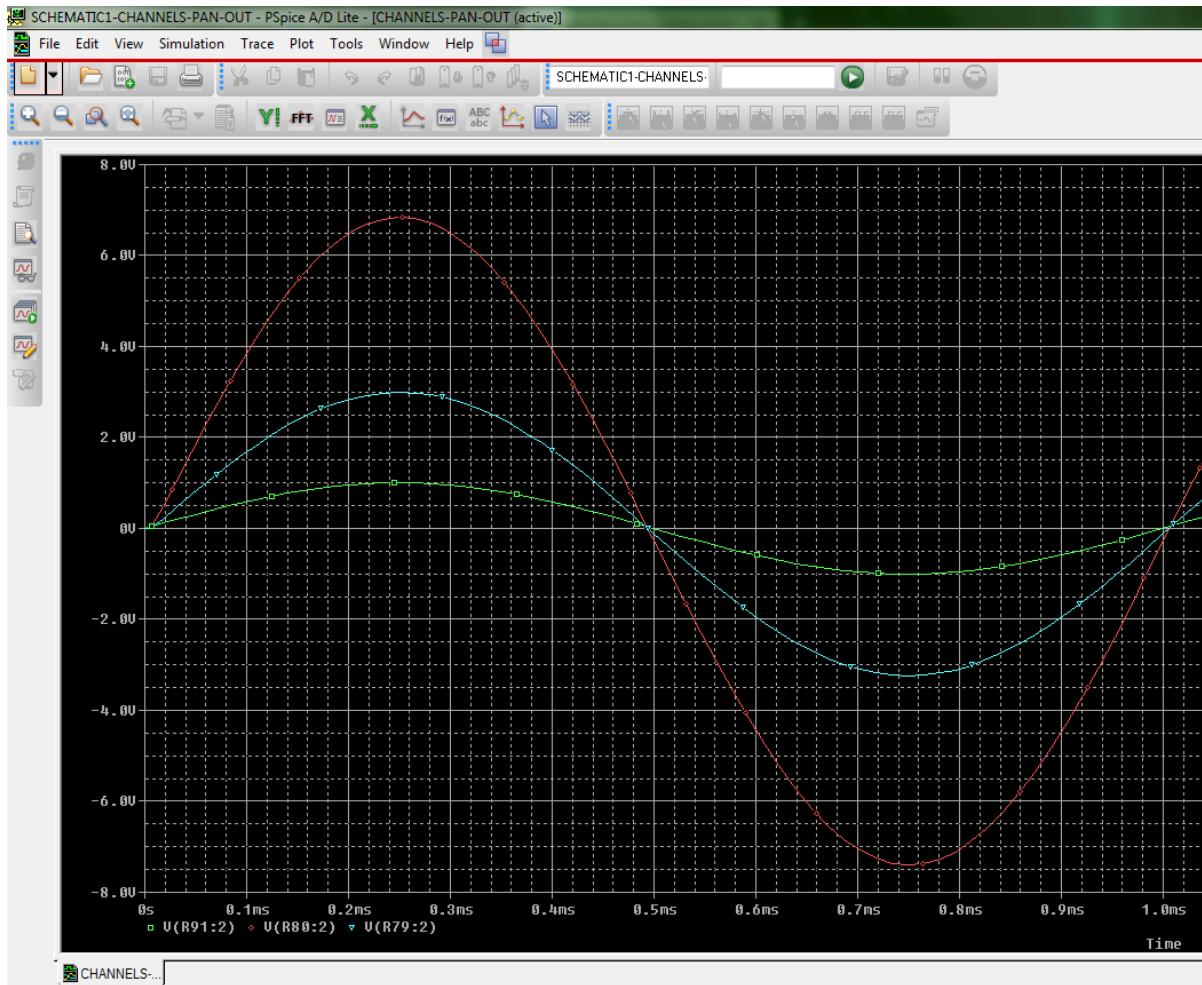


Σχήμα 3.2.1 - Αποτέλεσμα προσομοίωσης 1

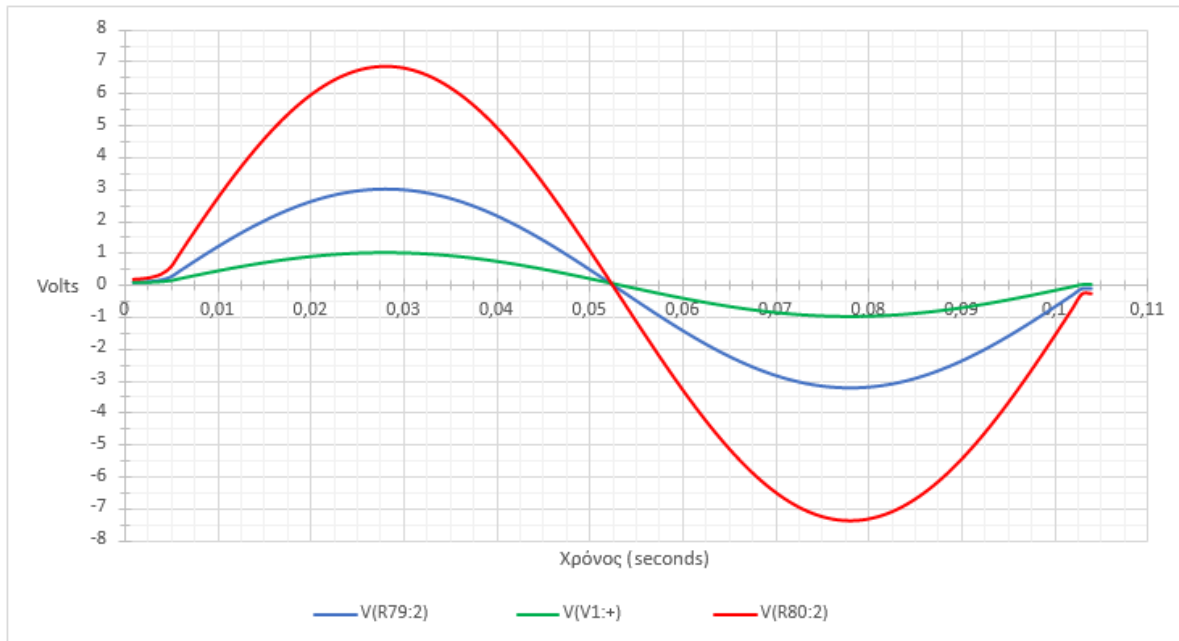


Σχήμα 3.2.1.β - Αποτέλεσμα προσομοίωσης 1 στο Excel

Με πράσινο φαίνεται το αρχικό σήμα εισόδου 1V στα 1kHz και με μπλε φαίνεται το ίδιο σήμα στην αριστερή έξοδο το οποίο είναι ενισχυμένο κατά 4V σε σχέση με το αρχικό, καθώς φτάνει σχεδόν τα 5V. Το ενισχυμένο σήμα της δεξιάς εξόδου απεικονίζεται με κόκκινο και είναι πανομοιότυπο με της αριστερής εξόδου καθώς ρυθμίσαμε το ποτενσιόμετρο του Pan ακριβώς στο 50%. Τώρα δοκιμάζουμε να ρυθμίσουμε το ποτενσιόμετρο στα 80Ω (SET=0.8).



Σχήμα 3.2.2 - Αποτέλεσμα προσομοίωσης 2

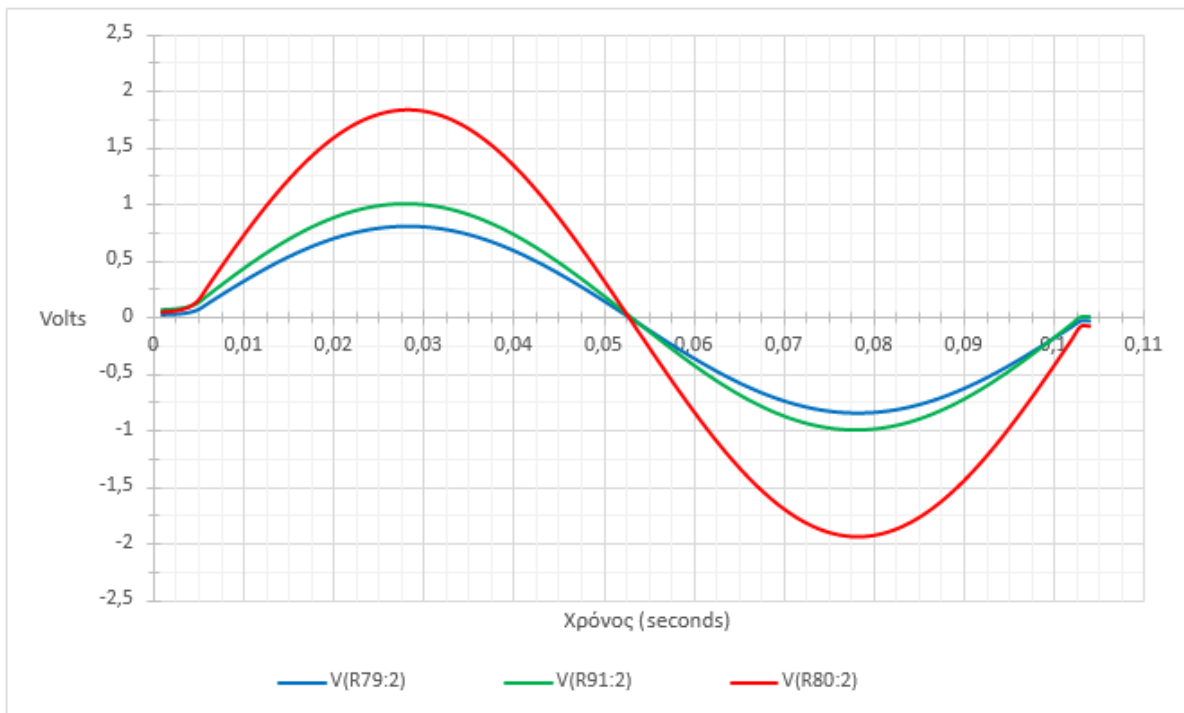


Σχήμα 3.2.2.β - Αποτέλεσμα προσομοίωσης 2 στο Excel

Παρατηρούμε ότι η δεξιά έξοδος έχει αυξηθεί σχεδόν 2V καθώς πλησιάζει τα 7V, ενώ η αριστερή έξοδος μειώθηκε κατά 2V φτάνοντας στα 3V, από τα 5V που ήταν πριν. Στη συνέχεια μπορούμε απλά να χαμηλώσουμε την ένταση του καναλιού ρυθμίζοντας το ποτενσιόμετρο της έντασης π.χ. στα 60Ω (SET=0.6).



Σχήμα 3.2.3 - Αποτέλεσμα προσομοίωσης 3

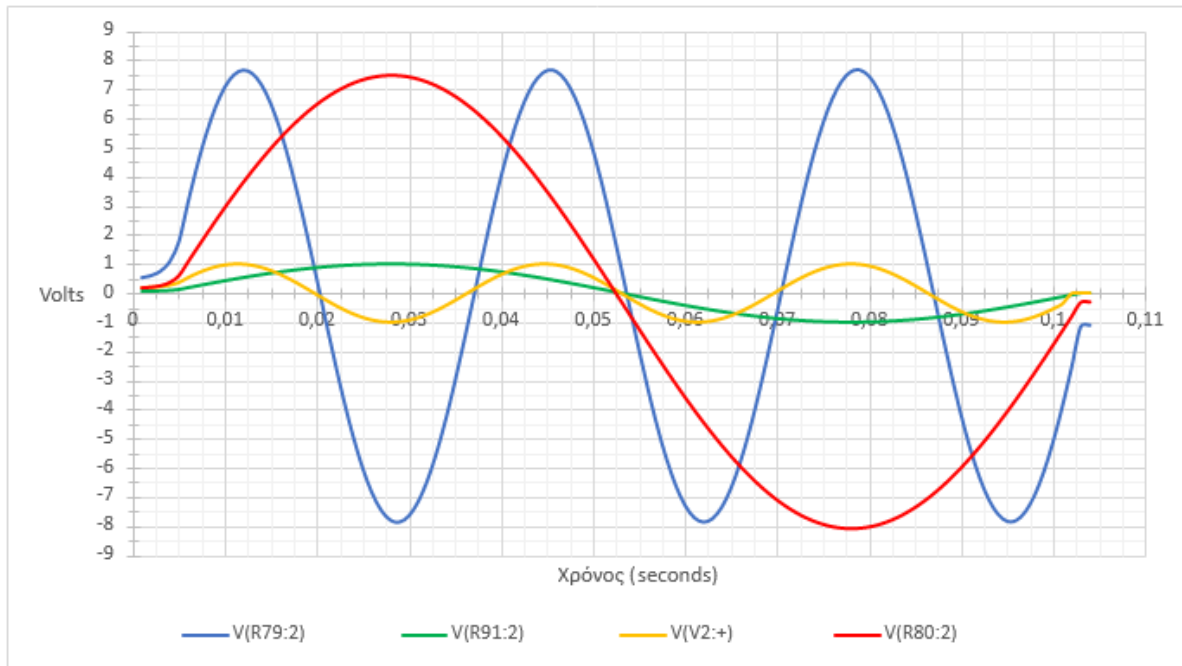


Σχήμα 3.2.3.β - Αποτέλεσμα προσομοίωσης 3 στο Excel

Η αριστερή έξοδος έπεσε στα 0.8V, κάτω από το 1V που τροφοδοτήσαμε στην αρχή, ενώ η δεξιά έξοδος ξεπερνάει για λίγο τα 1.8V. Έπειτα μπορούμε να επαναφέρουμε την ένταση του πρώτου καναλιού στο max και να εισάγουμε και ένα δεύτερο σήμα στη μίξη, στο δεύτερο κανάλι εισόδου. Το δεύτερο σήμα είναι ένα ημίτονο 1V στα 3kHz. Στρέφουμε το ποτενσιόμετρο του Pan1 τέρμα δεξιά (SET=1) και του Pan2 τέρμα αριστερά (SET=0), έτσι ώστε να φαίνονται διαχωρισμένα και ξεκάθαρα τα δύο ενισχυμένα σήματα στις δύο εξόδους. Με κίτρινο εμφανίζεται το δεύτερο σήμα εισόδου των 3kHz.

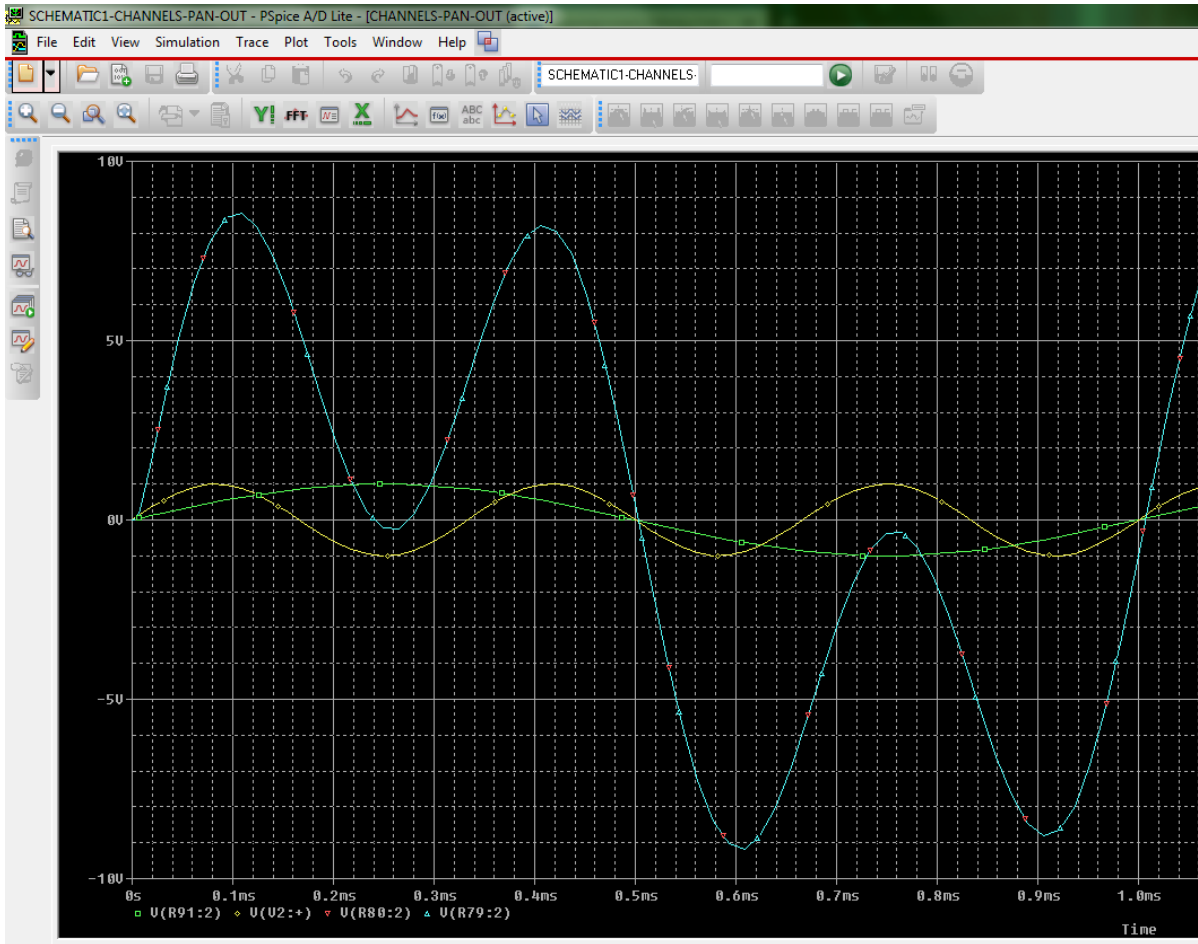


Σχήμα 3.2.4 - Αποτέλεσμα προσομοίωσης 4



Σχήμα 3.2.4.β - Αποτέλεσμα προσομοίωσης 4 στο Excel

Τα δύο σήματα εξόδου ξεπερνάνε για λίγο τα 7V. Τώρα μπορούμε να στρέψουμε και τα δύο ποτενσιόμετρα του Pan στο κέντρο (SET=0.5) και να παρατηρήσουμε τη μίξη των δύο σημάτων.



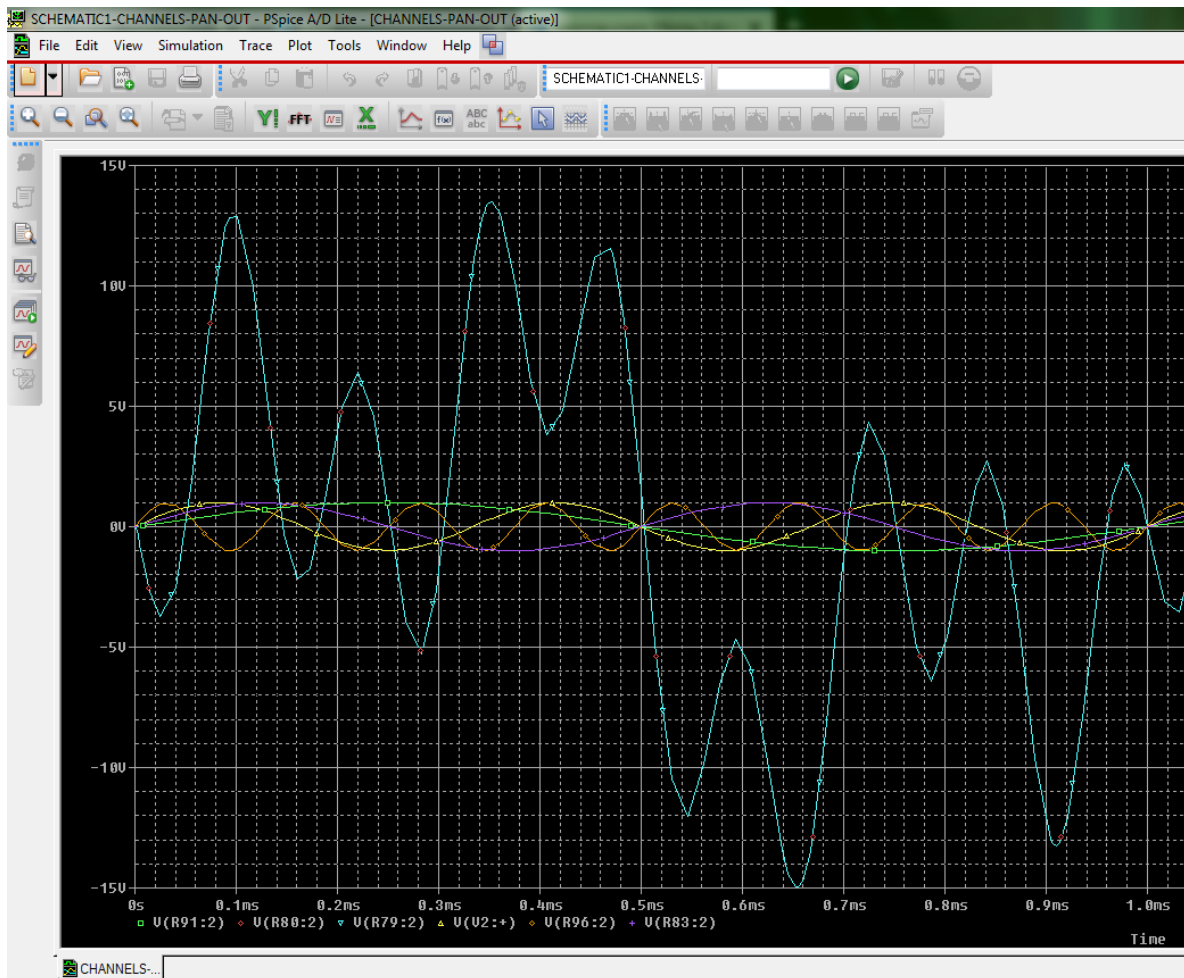
Σχήμα 3.2.5 - Αποτέλεσμα προσομοίωσης 5



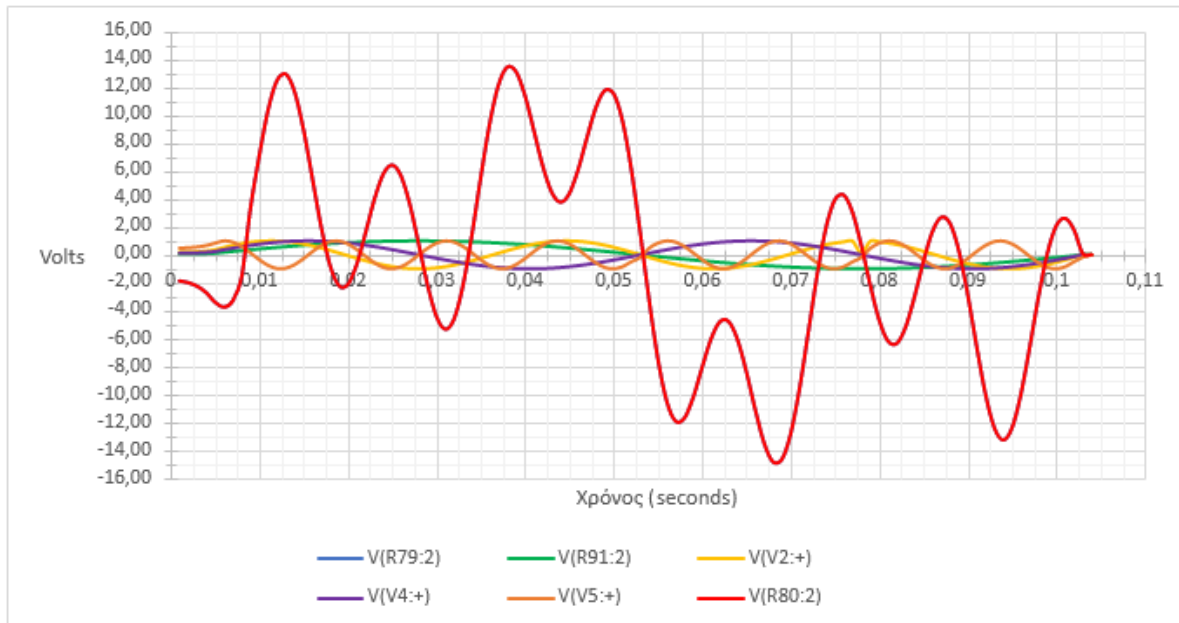
Σχήμα 3.2.5.β - Αποτέλεσμα προσομοίωσης 5 στο Excel



Τα δύο σήματα αλληλεπιδρούν και διαμορφώνουν ένα νέο κοινό σήμα εξόδου που φτάνει στα 8.5V. Έπειτα μπορούμε να εισάγουμε στη μίξη σήματα από τις δύο στερεοφωνικές εισόδους. Στις δύο εισόδους της πρώτης (Left/Right) δίνουμε από ένα ημίτονο 1V στα 2kHz και το εμφανίζουμε με μωβ, ενώ στις δύο εισόδους της δεύτερης (Left/Right) το ίδιο ημίτονο στα 8kHz και το εμφανίζουμε με πορτοκαλί.

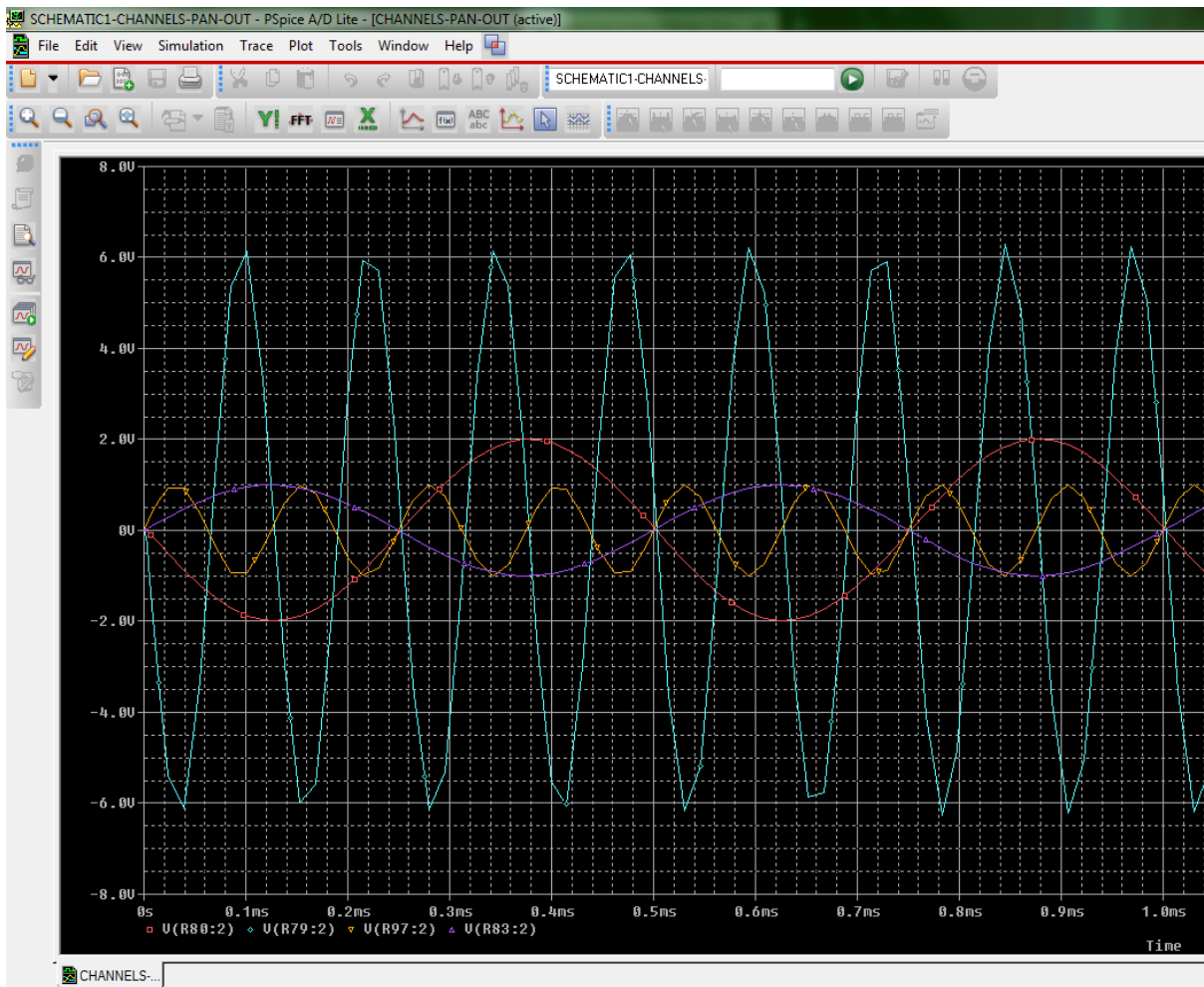


Σχήμα 3.2.6 - Αποτέλεσμα προσομοίωσης 6

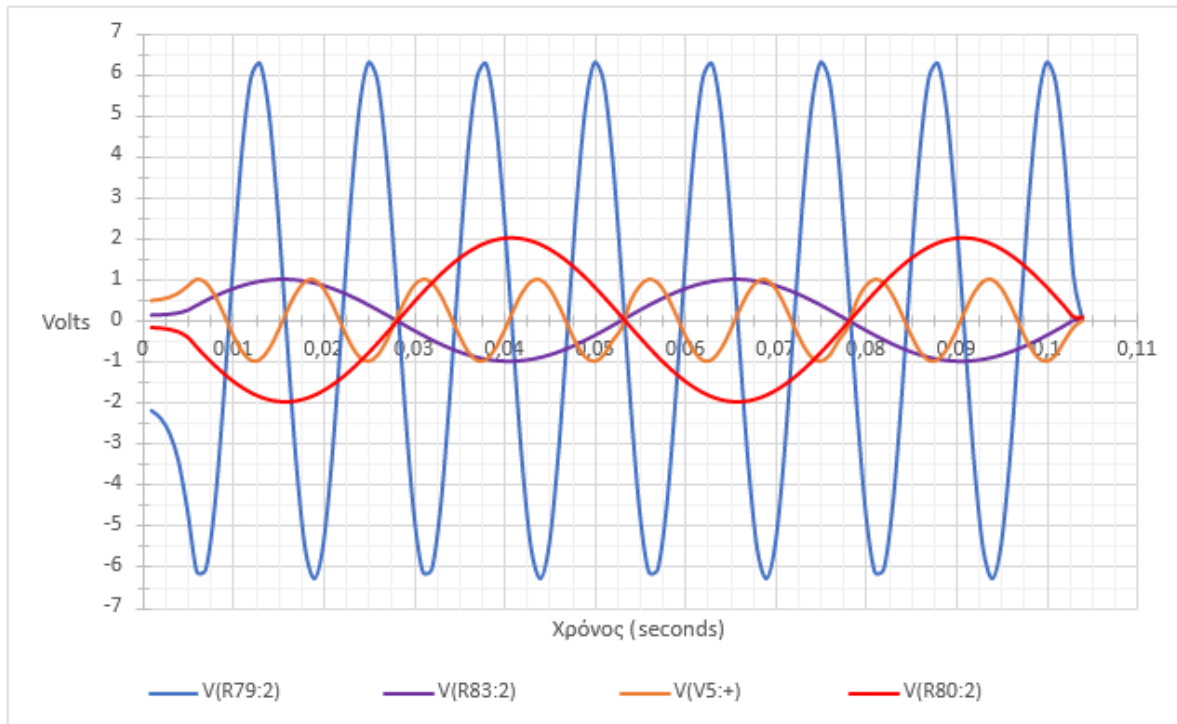


Σχήμα 3.2.6.β - Αποτέλεσμα προσομοίωσης 6 στο Excel

Παρατηρούμε ακόμα μεγαλύτερη πολυπλοκότητα στην τελική κυματομορφή καθώς και αύξηση της θετικής τάσης που ξεπερνάει τα 13V. Η αρνητική τάση όπως και σε όλες τις προηγούμενες περιπτώσεις είναι ελαφρώς μεγαλύτερη. Εδώ αγγίζει τα -15V. Τέλος μπορούμε απλά να συγκρίνουμε την ένταση των δύο στερεοφωνικών εισόδων τροφοδοτώντας στην πρώτη ένα σήμα των 2kHz, στη δεύτερη ένα σήμα των 8kHz και αφαιρώντας τα σήματα από τις μονοφωνικές εισόδους για πιο ξεκάθαρη απεικόνιση. Επειδή οι στερεοφωνικές εισοδοί δεν έχουν ποτενσιόμετρο Pan, θα τροφοδοτήσουμε το σήμα στο δεξί κανάλι της πρώτης (Right In) και στο αριστερό κανάλι της δεύτερης (Left In).



Σχήμα 3.2.7 - Αποτέλεσμα προσομοίωσης 7



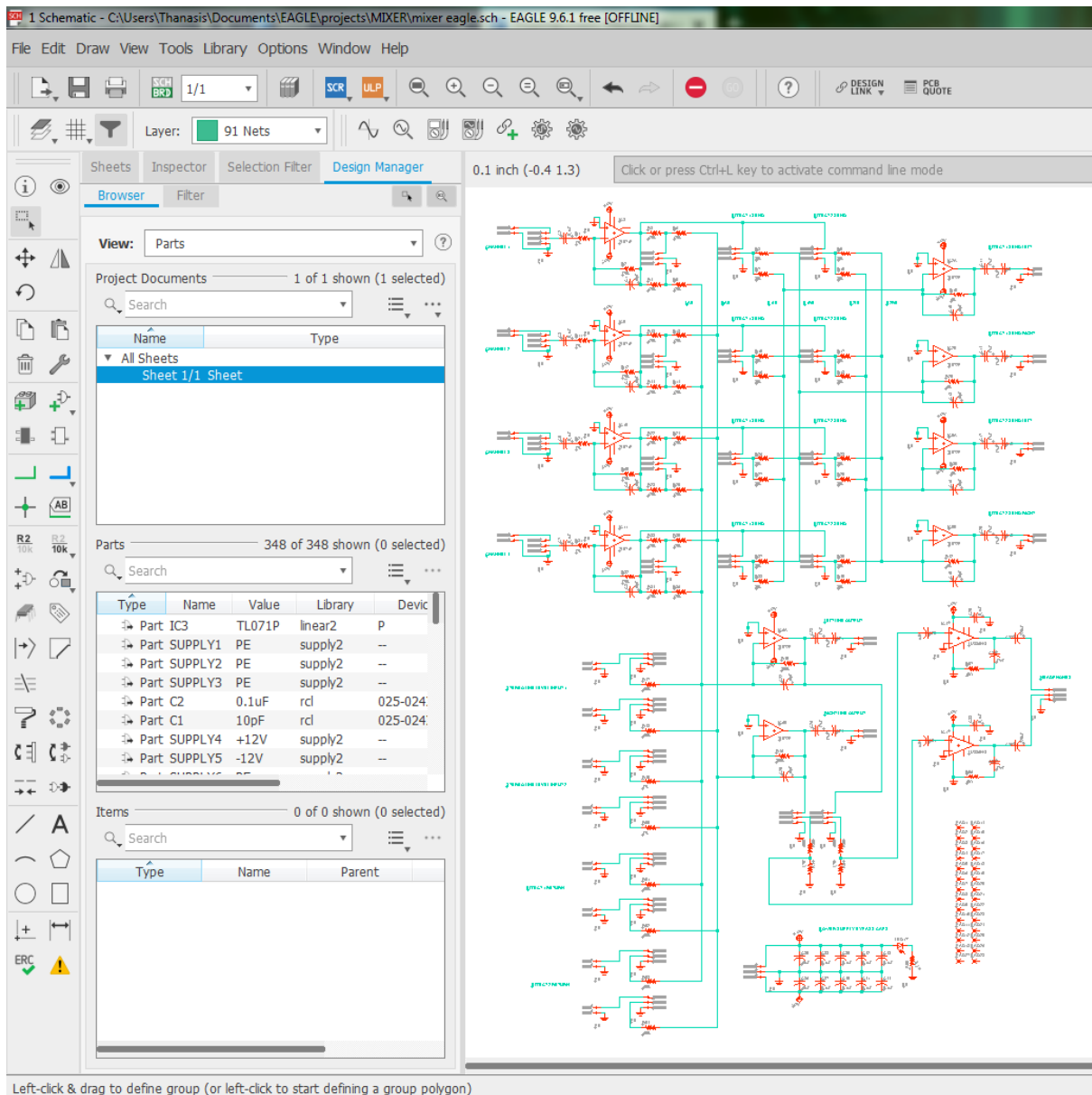
Σχήμα 3.2.7.β - Αποτέλεσμα προσομοίωσης 7 στο Excel

Παρατηρούμε ότι η κυματομορφή εξόδου της πρώτης στερεοφωνικής εισόδου φτάνει μέχρι τα 2V, ενώ της δεύτερης μέχρι τα 6V. Αυτό συμβαίνει διότι η πρώτη είσοδος έχει αντιστάσεις εισόδου στα 150KΩ ενώ η δεύτερη στα 47KΩ. Επίσης παρατηρείται αντιστροφή φάσης μεταξύ εισόδου και εξόδου κατά 180 μοίρες.

# Σχεδιασμός Πλακέτας

## 4.1 Σχεδιασμός Κυκλώματος

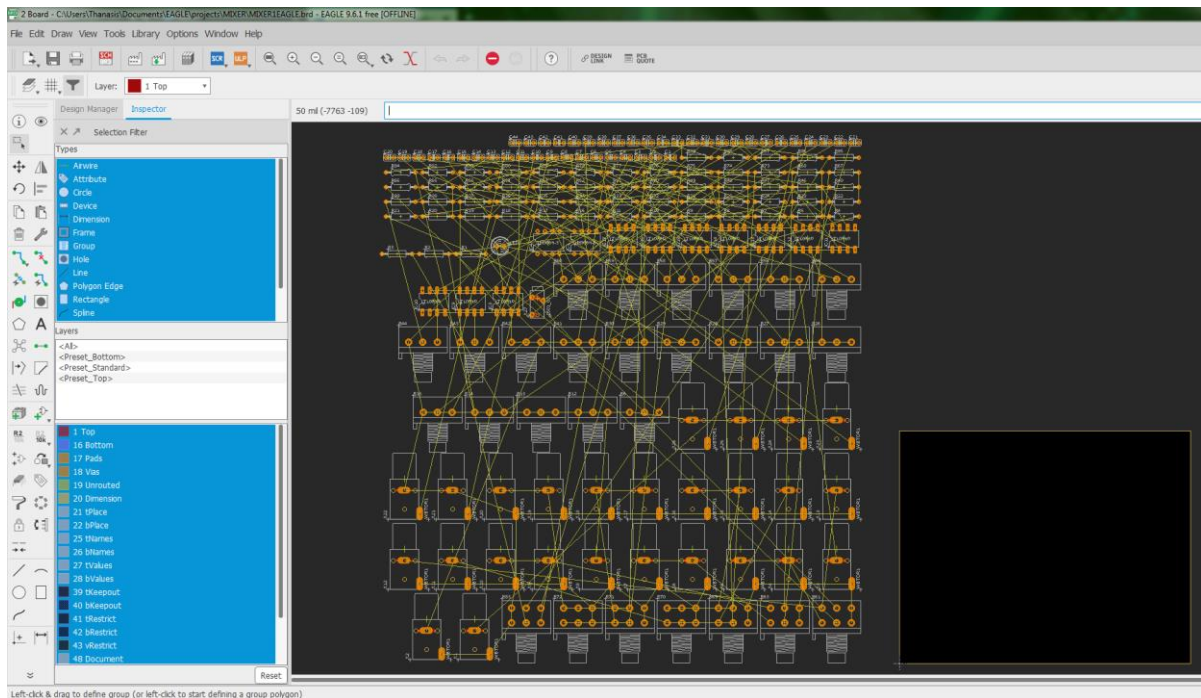
Ο σχεδιασμός του τυπωμένου κυκλώματος έγινε όπως αναφέρθηκε και πριν στο σχεδιαστικό πρόγραμμα Eagle. Στο πρώτο στάδιο της διαδικασίας επιλέχθηκαν τα εξαρτήματα τα οποία θα χρησιμοποιηθούν. Όλα τα εξαρτήματα που χρειάστηκαν υπάρχουν στις αντίστοιχες βιβλιοθήκες του Eagle. Στο πρόγραμμα εμπεριέχονται χιλιάδες διαφορετικά εξαρτήματα που υπάρχουν στο εμπόριο αλλά δίνεται και η δυνατότητα του custom σχεδιασμού ενός εξαρτήματος επιλέγοντας την μορφή που θα παριστάνεται στο σχέδιο καθώς και το αποτύπωμα (footprint) που θα έχει στο τελικό τυπωμένο κύκλωμα (pcb). Έτσι τα εξαρτήματα που χρειάστηκαν με τις ακριβείς τιμές τους, συνδέονται μεταξύ τους μέσω γραμμών καλωδίων (nets), για να σχηματίσουν το ολοκληρωμένο κύκλωμα στο παράθυρο (1 Schematic) του Eagle. Ο χώρος σχεδίασης Schematic καθώς και το κύκλωμα φαίνονται παρακάτω.



Σχήμα 4.1 - Σχέδιο κυκλώματος στο Eagle

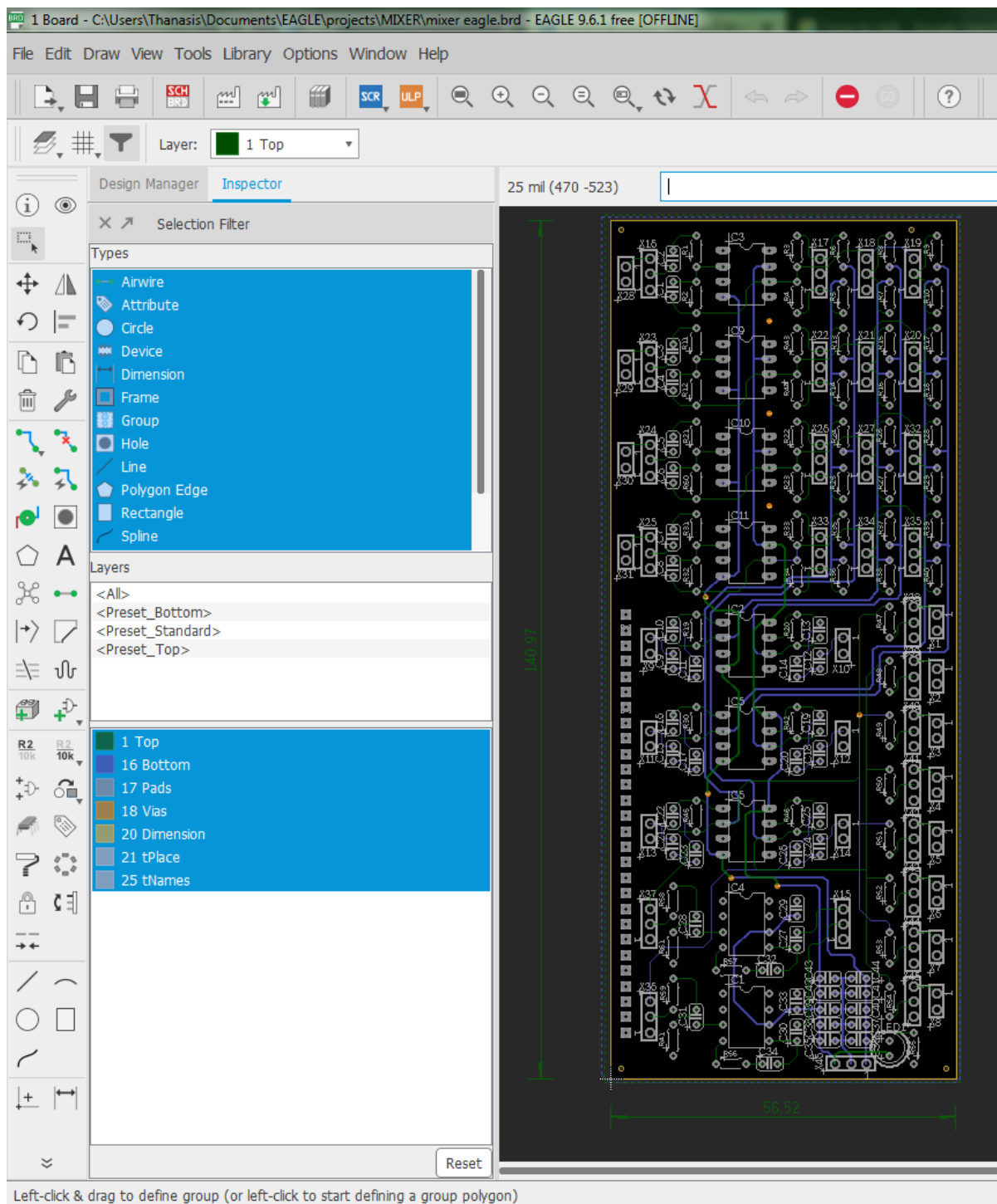
## 4.2 Σχεδιασμός Τυπωμένου Κυκλώματος (PCB)

Στο δεύτερο στάδιο της διαδικασίας πρέπει να γίνει ο σχεδιασμός του τυπωμένου κυκλώματος (pcb). Η διαδικασία μπορεί να ξεκινήσει πατώντας το πράσινο εικονίδιο Generate/switch to board στην μπάρα εργαλείων του Eagle, ή αλλιώς File και Switch to board. Αμέσως ανοίγει ο δεύτερος σχεδιαστικός χώρος του Eagle (2 Board) και περιέχει όλα τα εξαρτήματα που χρειάζονται με το ακριβές τους αποτύπωμα (footprint), τις μεταξύ τους συνδέσεις σε μορφή απλών κίτρινων γραμμών, καθώς και τις πραγματικές διαστάσεις της πλακέτας στην οποία πρέπει αυτά να τοποθετηθούν.



Σχήμα 4.2 - Τα εξαρτήματα του κυκλώματος στο Eagle

Στην δωρεάν έκδοση του Eagle υπάρχει περιορισμός στις διαστάσεις της πλακέτας. Η συγκεκριμένη είναι 5,7cm πλάτος επί 14,1cm ύψος και είναι σχεδόν η μέγιστη σε διαστάσεις που μπορεί να δημιουργηθεί. Τα εξαρτήματα τοποθετούνται στο κίτρινο πλαίσιο της πλακέτας σύμφωνα με την προτίμηση του σχεδιαστή, αλλά είναι προτιμότερο να τοποθετηθούν με τέτοιο τρόπο ώστε αργότερα οι αγωγοί που θα σχεδιαστούν να διανύουν όσο το δυνατό μικρότερες αποστάσεις. Για τους αγωγούς της πλακέτας μπορούν να επιλεγθούν διάφορα πάχη γραμμών. Η μονάδα μέτρησης στο σχεδιασμό της πλακέτας είναι το mils το οποίο είναι ένα χιλιοστό της ίντσας. Άρα 1 mils ισούται με 0,0254 χιλιοστά και 1mm ισούται με περίπου 40 mils. Το μικρότερο δυνατό πάχος αγωγού που μπορεί να σχεδιαστεί στο Eagle είναι τα 4 mils, ωστόσο αν η πλακέτα πρόκειται να κατασκευαστεί επαγγελματικά από κάποιο εργοστάσιο παραγωγής, πρέπει να διευκρινιστεί από τον κατασκευαστή ότι μπορεί να τυπώσει τόσο λεπτούς αγωγούς. Η συγκεκριμένη πλακέτα έχει αγωγούς πάχους 10 mils για την τροφοδοσία της και 6 mils για όλο το υπόλοιπο κύκλωμα. Αφού σχεδιάστηκαν όλοι οι αγωγοί μεταξύ των εξαρτημάτων, η πλακέτα έχει την παρακάτω μορφή.

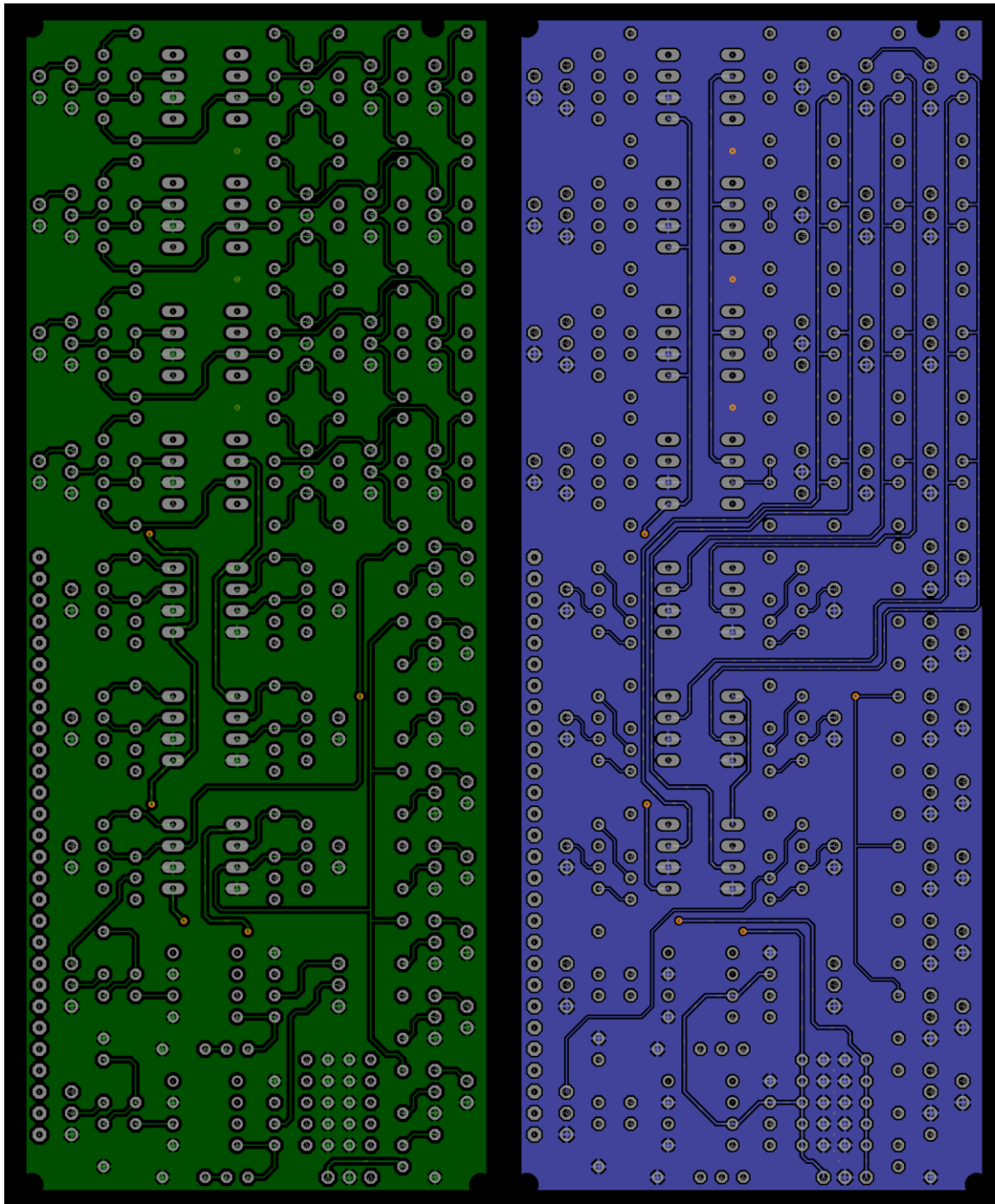


Σχήμα 4.3 - Σχέδιο τυπωμένου κυκλώματος στο Eagle

Με πράσινο χρώμα απεικονίζονται οι αγωγοί στο πάνω μέρος της πλακέτας (Top) και με μωβ οι αγωγοί στο κάτω μέρος (Bottom). Επίσης υπάρχουν μερικά σημεία στα οποία ο αγωγός λόγω του περιορισμένου χώρου αναγκάζεται να περάσει από το πάνω μέρος της πλακέτας στο κάτω. Αυτό επιτυγχάνεται με τα λεγόμενα (vias) τα οποία είναι οπές στην επιφάνεια της πλακέτας με αγώγιμο υλικό στο εσωτερικό τους ώστε να ενώνει τους δύο αγωγούς των απέναντι πλευρών και απεικονίζονται με πορτοκαλί χρώμα στο σχέδιο. Η διάμετρος των vias καθώς και οποιαδήποτε άλλη παράμετρος στο πρόγραμμα μπορούν να επιλεγθούν από τον



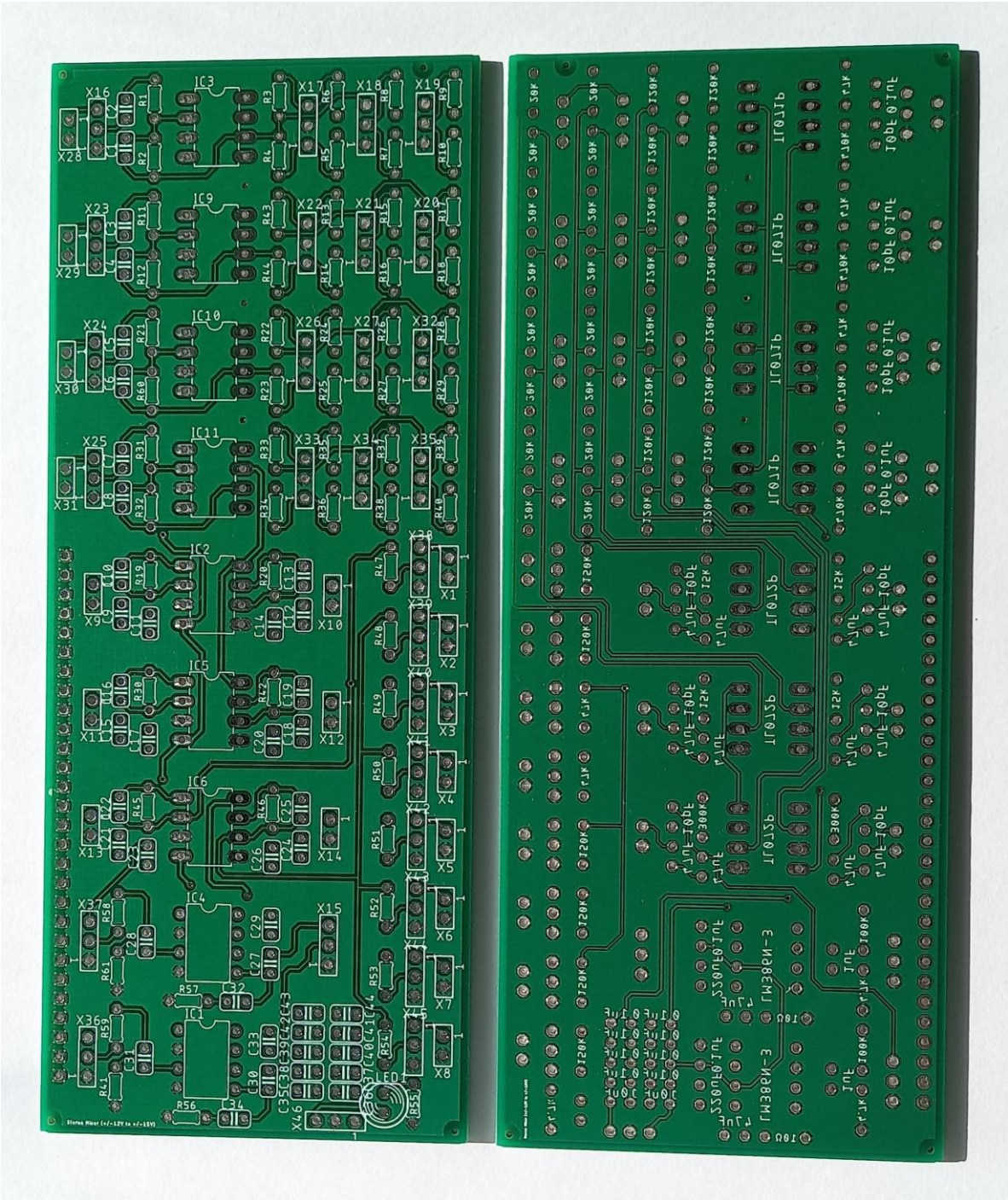
σχεδιαστή. Πολλές φορές λόγω του μεγάλου αριθμού των εξαρτημάτων καθώς και του περιορισμένου χώρου σχεδίασης, η σχεδίαση των αγωγών μπορεί να γίνει πολύ περίπλοκη διαδικασία. Άρα για λόγους ευκολίας και απλούστευσης θέλουμε να περιορίσουμε τον αριθμό των αγωγών της πλακέτας. Αυτό μπορούμε να το πετύχουμε δημιουργώντας ένα (ground plane), το οποίο είναι μία κοινή αγώγιμη σύνδεση σε όλη την επιφάνεια της πλακέτας σε σημεία του κυκλώματος που πρέπει να είναι βραχυκυκλωμένα μεταξύ τους όπως η π.χ. η γείωση (ground). Για την δημιουργία ενός (ground plane) σχεδιάζεται απλά ένα πολύγωνο που καλύπτει όλη πάνω ή και κάτω επιφάνεια της πλακέτας, και που πρέπει να μετονομαστεί σύμφωνα με τα σημεία που θέλουμε να βραχυκυκλώσουμε. Στην συγκεκριμένη πλακέτα δημιουργήθηκαν δύο (ground planes) ένα για κάθε πλευρά της πλακέτας με όνομα (PE). Έτσι όλα τα (pads) της πλακέτας που έπρεπε να συνδεθούν στη γείωση, συνδέονται απευθείας με τον χαλκό στο εσωτερικό μέρος της πλακέτας. Το πάχος της γραμμής των πολυγώνων θα είναι και η απόσταση μεταξύ του (plane) και οποιουδήποτε άλλου αγώγιμου σημείου όπως (pads) και αγωγοί. Αυτή η μέθοδος σχεδιασμού βοηθάει επίσης στην καλύτερη κατανομή της θερμότητας πάνω στην πλακέτα καθώς και στην πιο ομαλή ροή των ηλεκτρονίων στη γείωση. Έτσι η πλακέτα μαζί με τα ground planes απέκτησε την παρακάτω μορφή. Με πράσινο χρώμα απεικονίζεται η πάνω πλευρά (Top) και με μωβ η κάτω (Bottom).



Σχήμα 4.4 - Σχέδια της πάνω και κάτω όψης του τυπωμένου κυκλώματος στο Eagle

### 4.3 Κατασκευή Πλακέτας

Το τελευταίο στάδιο της διαδικασίας είναι η κατασκευή αυτής της πλακέτας. Αυτό επιτυγχάνεται με διάφορους τρόπους αλλά ο πιο επαγγελματικός και με μακράν την καλύτερη ποιότητα στο τελικό αποτέλεσμα είναι να σταλθούν τα σχέδια της πλακέτας σε εργοστάσιο κατασκευής τυπωμένων κυκλωμάτων. Για να σταλθούν τα σχέδια στον κατασκευαστή πρέπει πρώτα να μετατραπούν σε (CAM Outputs), τα οποία είναι αρχεία που περιέχουν όλα τα τεχνικά χαρακτηριστικά του τυπωμένου κυκλώματος στα διάφορα επίπεδα (Layers) που θα έχει. Έτσι ο κατασκευαστής δεν χρειάζεται καμία διευκρίνιση για την κατασκευή του τυπωμένου κυκλώματος αφού μπορεί να φορτώσει τα (CAM Outputs) στα αυτοματοποιημένα μηχανήματα που διαθέτει. Τα κύρια CAM Outputs είναι τα λεγόμενα (Gerber Files). Τα πρώτα (Gerber Files) αφορούν τον χαλκό στην πάνω και κάτω πλευρά της πλακέτας (Top Copper/Bottom Copper). Εκτός από τους αγωγούς τα pads και τα νίσις που θα περιέχουν χαλκό, είναι στο χέρι του σχεδιαστή να προσθέσει οποιοδήποτε άλλο Layer που επιθυμεί στο ανάλογο Gerber File. Επόμενο Gerber είναι το (Profile) που δηλώνει τις διαστάσεις της πλακέτας (Cutouts) και το σχήμα στο οποίο θα κοπεί (Board Shape). Τα δύο επόμενα Layers αφορούν την προστατευτική μάσκα (Soldermask) με την οποία θα επικαλυφθεί η πλακέτα. Η μάσκα είναι μη αγωγίμο υλικό και είναι αυτή που δίνει το χαρακτηριστικό πράσινο χρώμα που συναντάμε στις πλακέτες και χρησιμοποιείται για να προστατεύει τους αγωγούς από την σκουριά καθώς και από πιθανά βραχυκυκλώματα στην διαδικασία των κολλήσεων. Έτσι τα Gerbers (Soldermask Top) και (Soldermask Bottom) δείχνουν τα pads των εξαρτημάτων, τα οποία είναι τα μόνα σημεία που δεν θα επικαλυφθούν με μάσκα για να μπορούν να γίνουν οι κολλήσεις. Επόμενα Gerbers αφορούν και πάλι προστατευτικές στρώσεις της πλακέτας και είναι τα (Solderpaste Top) και (Solderpaste Bottom). Τα τελευταία Gerbers αφορούν τα (Silkscreen Top) και (Silkscreen Bottom) στα οποία εμπεριέχονται οι εκτυπώσεις γραμμμάτων και σχεδίων πάνω στην πλακέτα, όπως είναι τα σύμβολα των εξαρτημάτων, οι τιμές τους και γενικά οτιδήποτε άλλο θέλουμε εμείς να εκτυπώσουμε πάνω στην πλακέτα. Επόμενα (CAM Outputs) είναι τα (Drills) και διευκρινίζουν τα ακριβή σημεία στα οποία θα ανοιχθούν τρύπες πάνω στην πλακέτα καθώς και τις διαφορετικές τους διαμέτρους που έχουν επιλεγεί από τον σχεδιαστή. Τέλος, μέσω των (CAM Outputs) δίνεται η δυνατότητα συναρμολόγησης της πλακέτας από τον ίδιο τον κατασκευαστή με λίγο αυξημένη όμως τιμή, δυνατότητα που δεν επιλέχθηκε στην συγκεκριμένη πλακέτα. Τα (CAM Outputs) της πλακέτας στάλθηκαν στην JLCPCB, μία από τις μεγαλύτερες εταιρίες κατασκευής τυπωμένων κυκλωμάτων στον κόσμο, με έδρα στην Κίνα. Η παραγγελία κόστισε 25 ευρώ, με 15 ευρώ για μεταφορικά και 10 ευρώ για πέντε πανομοιότυπες πλακέτες πολύ καλής ποιότητας. Το δέμα έφτασε αρκετά γρήγορα στην Ελλάδα, περίπου σε μία εβδομάδα, ωστόσο δινόταν η δυνατότητα μείωσης των μεταφορικών στα 5 ευρώ και ένα μήνα χρόνο παράδοσης. Παρακάτω φαίνονται οι δύο όψεις του τυπωμένου κυκλώματος.



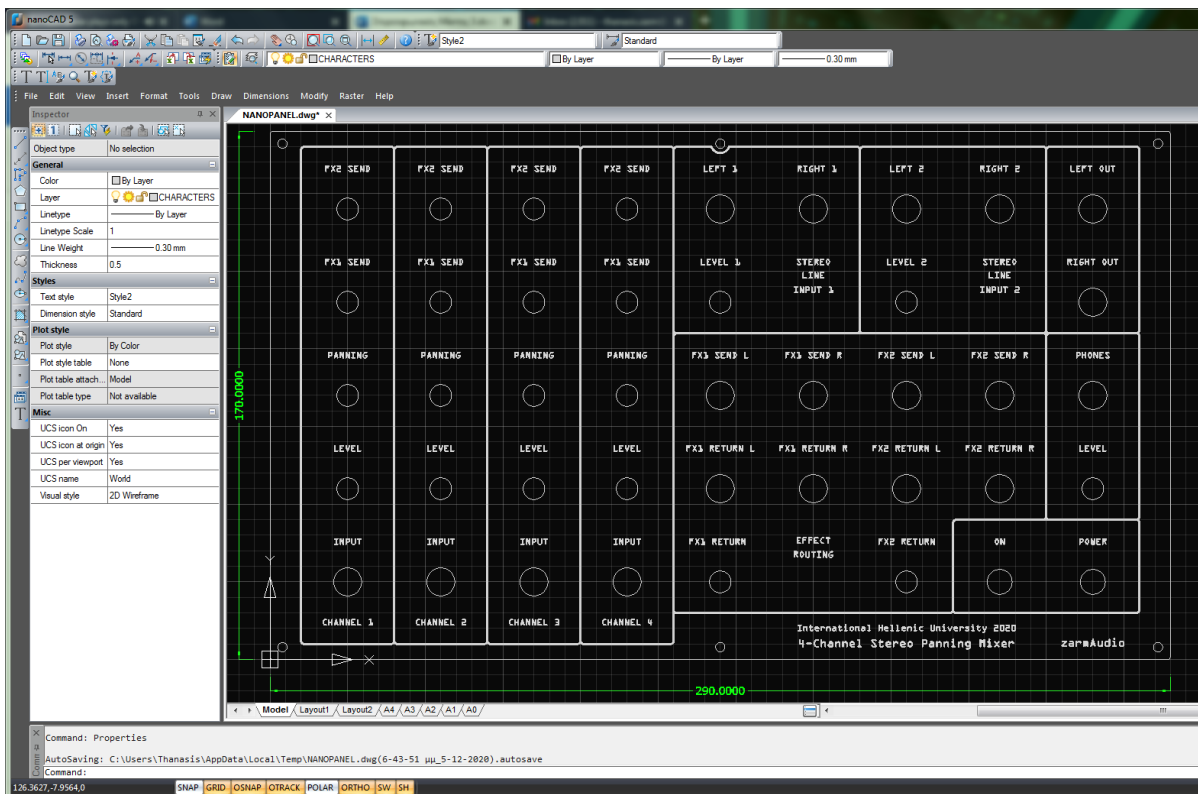
Εικόνα 4.5 - Πάνω και κάτω όψη του τυπωμένου κυκλώματος (pcb)



# Πάνελ

## 5.1 Σχεδιασμός Πάνελ

Το σχέδιο για το πάνελ όπου θα είναι τοποθετημένα τα ποτενσιόμετρα και τα Jack, δημιουργήθηκε στο σχεδιαστικό πρόγραμμα Nanocad. Οι διαστάσεις του είναι 29cm στο μήκος και 17cm στο ύψος. Υπάρχουν δεκαεννιά τρύπες διαμέτρου 9mm για τα θηλυκά βύσματα Jack ¼'', δύο τρύπες 8mm για το βύσμα της τροφοδοσίας και το LED, εικοσιμία τρύπες διαμέτρου 7mm για τα ποτενσιόμετρα (6mm Shaft) και έξι τρύπες διαμέτρου 3mm για τις βίδες που θα συγκρατούν το πάνελ στο κουτί της κατασκευής. Στο σχέδιο του πάνελ υπάρχουν διάφορα Layers που αφορούν τις διαστάσεις, τα σημεία στα οποία θα πρέπει να ανοιχτούν οι τρύπες και σε ποιες διαμέτρους, καθώς και τους χαρακτήρες που θα πρέπει να τυπωθούν πάνω στο πάνελ. Οι χαρακτήρες περιγράφουν την λειτουργία του κάθε εξαρτήματος στην αντίστοιχη τρύπα, καθώς και διαχωρίζουν τα διάφορα υποκυκλώματα μεταξύ τους με τίτλους και με γραμμές ή πλαίσια.



Σχήμα 5.1 - Σχέδιο του πάνελ στο Nanocad

## 5.2 Κατασκευή Πάνελ

Το επόμενο στάδιο της διαδικασίας ήταν να σταλεί το συγκεκριμένο σχέδιο σε κατασκευαστή ώστε το τελικό αποτέλεσμα να είναι επαγγελματικό, καθώς χρησιμοποιούνται σύγχρονες αυτοματοποιημένες CNC φρέζες για την επεξεργασία του αλουμίνιου όπως και εκτυπωτές για την αποτύπωση των χαρακτήρων και των γραμμών πάνω στο αλουμίνιο. Οι τύποι αρχείων που δέχονται οι κατασκευαστές στις περισσότερες των περιπτώσεων είναι: **.ai**, **.eps**, **.dwg**, **.dxf**, **.svg**, **.pdf**. Πριν την παραγγελία έγινε μία έρευνα αγοράς για τις τιμές που προσφέρουν μερικοί κατασκευαστές από διάφορες περιοχές του κόσμου. Τα στοιχεία συλλέχθηκαν και μπηκαν στο πίνακα που φαίνεται παρακάτω.

### Front Panel Manufacturers

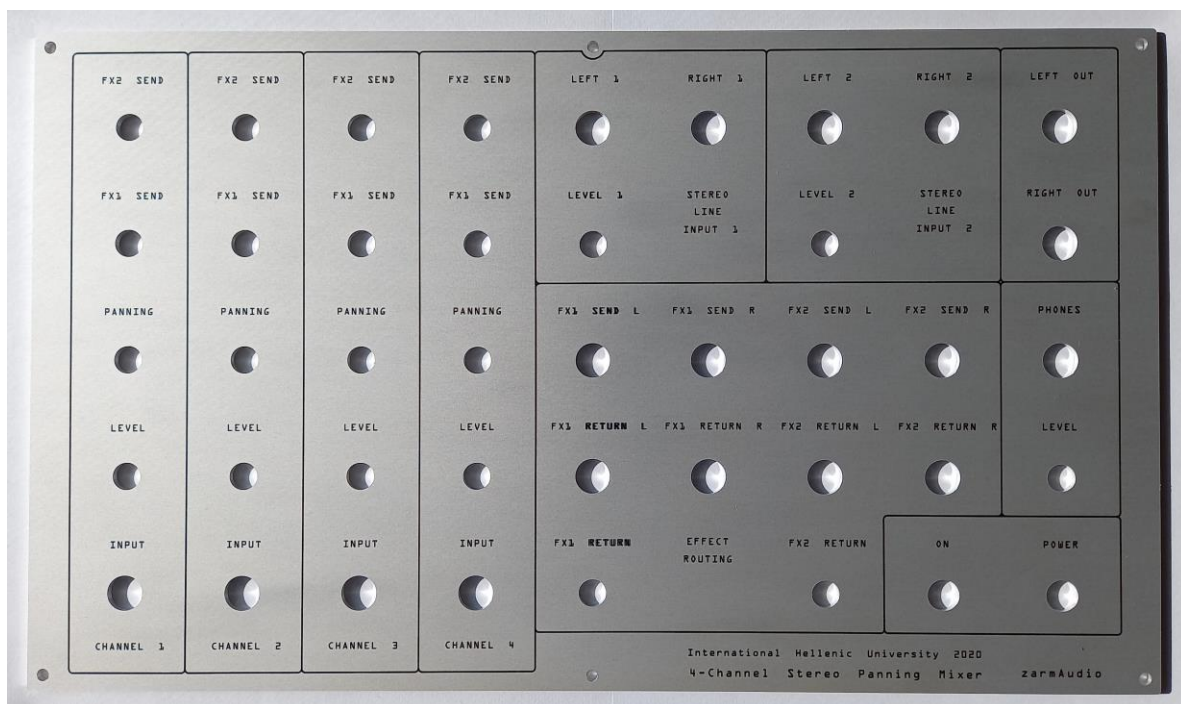
<b>Manufacturers</b>	<b>Price/Unit</b>	<b>Location</b>	<b>Link</b>
Front Panel Express	161 euro	Seattle, USA	<a href="http://www.frontpanelexpress.com/">www.frontpanelexpress.com/</a>
Schaeffer AG Shop	161 euro	Berlin, Germany	<a href="http://www.schaeffer-ag.de/en/">www.schaeffer-ag.de/en/</a>
Beta LAYOUT	271 euro	Aarbergen-Kettenbach Germany	<a href="http://uk.beta-layout.com/">uk.beta-layout.com/</a>
Global Sources	254 euro	Jinjiang, China	<a href="http://www.globalsources.com/">www.globalsources.com/</a>
eMachineShop		New Jersey, USA	<a href="http://www.emachineshop.com/">www.emachineshop.com/</a>
Quick Panel		Bratislava, Slovakia	<a href="http://www.quickpanel.sk/">www.quickpanel.sk/</a>
MET case	133 euro	Pennsylvania, USA	<a href="http://www.metcase.com/">www.metcase.com/</a>
ELMA		Pforzheim, Germany	<a href="https://www.elma.com/">https://www.elma.com/</a>
ABACOM		Gandergesse, Germany	<a href="http://www.electronic-software-shop.com/">www.electronic-software-shop.com/</a>
GSM Graphic Arts	58 euro	North Yorkshire, UK	<a href="http://www.gsmgraphicarts.com/">www.gsmgraphicarts.com/</a>
Precision Graphics		Connecticut, USA	<a href="http://www.precision+graphics.com/">www.precision+graphics.com/</a>
Data Pro	148 euro	Seattle WA, USA	<a href="http://www.datapro.com">www.datapro.com</a>
Meface Ltd	53 euro	Mildenhall, UK	<a href="http://www.meface.co.uk/">www.meface.co.uk/</a>
MPC	100 euro	Cincinnati, USA	<a href="http://www.mpofcinci.com/">www.mpofcinci.com/</a>
Express corp		San Diego CA, USA	<a href="http://www.expresscorp.com/">www.expresscorp.com/</a>
Weimi-Machining	64 euro	Dongguan, China	<a href="http://www.weimi-machining.com/">www.weimi-machining.com/</a>

Πίνακας 5.2 - Λίστα διάφορων κατασκευαστών πάνελ

Materials	Machining
Stainless Steel	CNC Milling / Lathing
Anodized Aluminum	Laser Cutting
Aluminum	Mechanical Engraving
Brass	Anodizing
Copper	Digital Printing / Laser Marking
Acrylic	Injection Molding
Layered Acrylic	3D Printing

Πίνακας 5.3 - Υλικά και τεχνολογίες κατασκευής των πάνελ

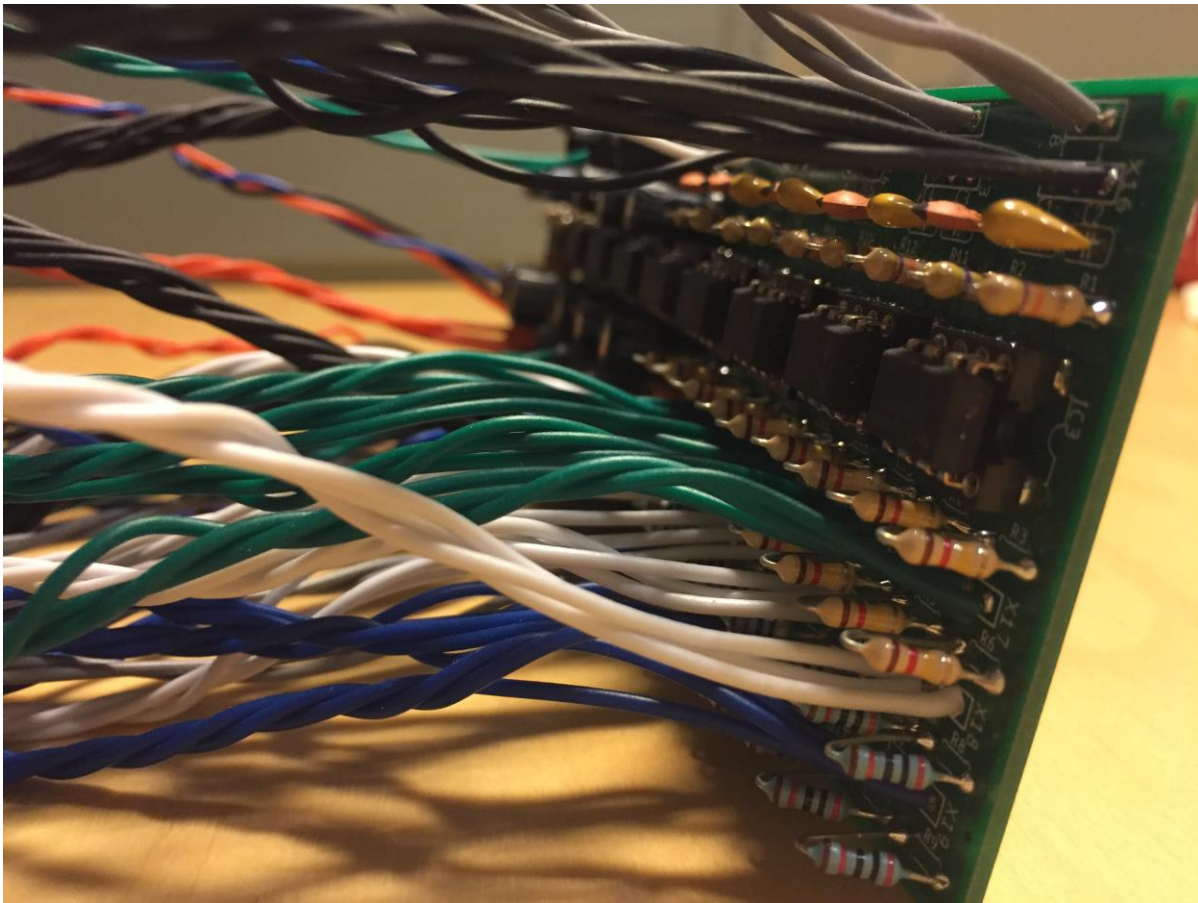
Η παραγγελία του πάνελ έγινε από την εταιρία MeFace που εδρεύει στην πόλη Mildenhall της Αγγλίας. Το τελικό αποτέλεσμα ήταν πολύ καλής ποιότητας και είχε την παρακάτω μορφή.



Εικόνα 5.4 - Το πάνελ αλουμινίου

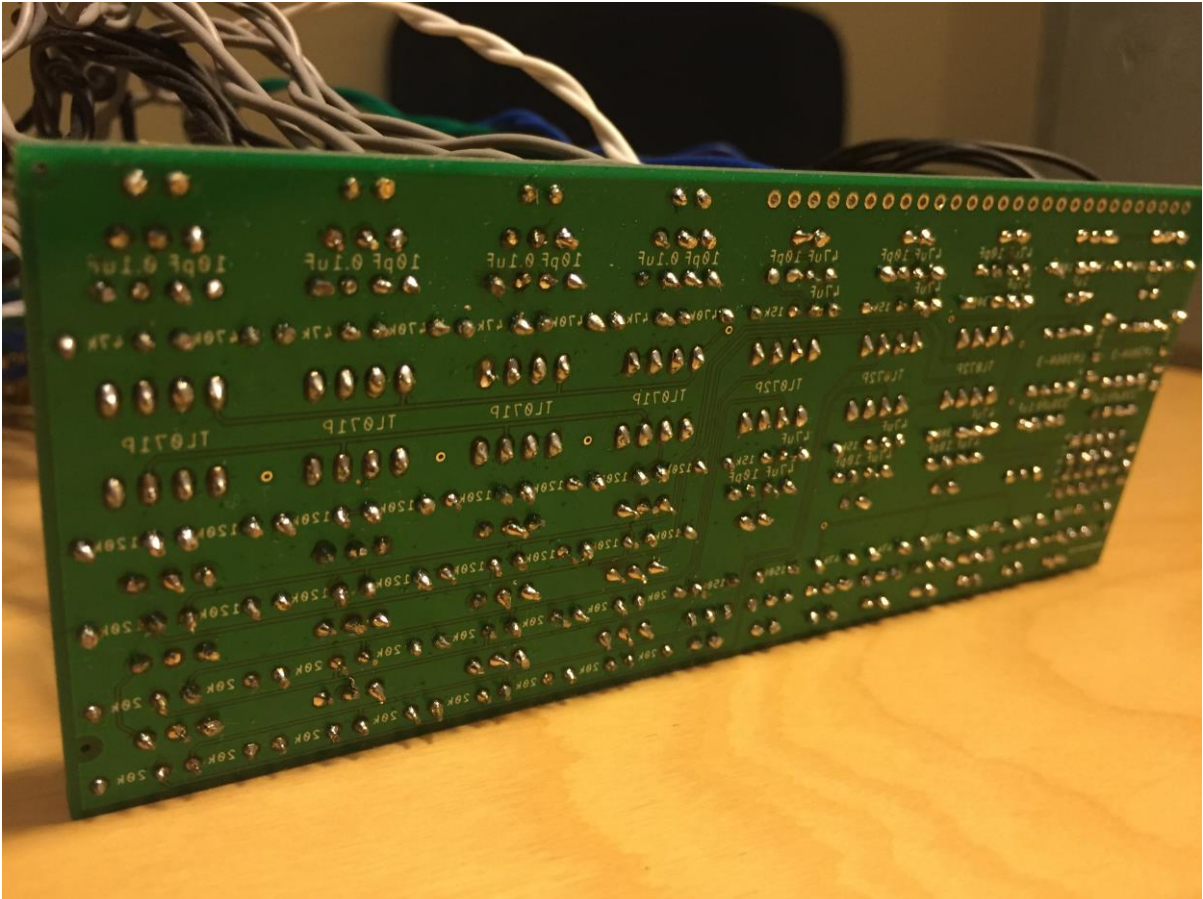
## Κατασκευή Μίκτη

Η κατασκευή του μίκτη ξεκίνησε με την τοποθέτηση και την κόλληση των εξαρτημάτων πάνω στην πλακέτα. Για τις κολλήσεις χρησιμοποιήθηκε καλλάι με πάχος διαμέτρου 0,56mm και περιεκτικότητα 60% σε κασσίτερο(Sn) και 40% σε μόλυβδο(Pb). Για τα ολοκληρωμένα χρησιμοποιήθηκαν βάσεις, έτσι ώστε να μπορούν να αντικατασταθούν εύκολα σε περίπτωση βλάβης. Έπειτα συνδέθηκαν όλα τα εξαρτήματα του πάνελ μέσω καλωδίων πάνω στην πλακέτα, καθώς θεωρήθηκε προτιμότερο από το να τοποθετηθούν πρώτα τα εξαρτήματα στο πάνελ και έπειτα να κολληθούν με καλώδια πάνω στην πλακέτα (point to point).



Εικόνα 6.1 - Η πάνω όψη της πλακέτας με όλα της τα εξαρτήματα





Εικόνα 6.2 - Η κάτω όψη της πλακέτας

Το κουτί της συσκευασίας κατασκευάστηκε στο χέρι από ξύλο πάχους 2cm, κόπηκε στα κατάλληλα μήκη με εργαλεία χειρός και συναρμολογήθηκε στην τελική του μορφή με μαύρες βίδες γυψοσανίδας μήκους 35mm και διαμέτρου 3,9mm. Οι διαστάσεις του κουτιού είναι 30,5cm σε μήκος, 18,5cm σε ύψος και 15,5cm σε πλάτος. Έπειτα το κουτί βάφτηκε με σπρέι γκρι χρώματος.



Εικόνα 6.2 - Το κουτί της κατασκευής

Για την ολοκλήρωση της κατασκευής, η πλακέτα στερεώθηκε αρχικά μέσα στο κουτί με βίδες διαμέτρου 2mm (M2) και έπειτα το πάνελ πάνω στο κουτί με βίδες διαμέτρου 3mm (M3). Το τελικό αποτέλεσμα φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 6.2 - Ο μίκτης ολοκληρωμένος

## Περιγραφή υλικών

Qty.	Description	Value	Designators
4	TL071 Op Amp(s)	TL071	IC3, IC9, IC10, IC11
3	TL072 Dual Op Amp(s)	TL072	IC2, IC, IC6
2	LM386N-4 Low Voltage Audio Power Amp(s)	LM386N-4	IC1, IC4
1	LED	LED	LED1
2	Capacitor Electrolytic(s)	10uF	C35, C36
2	Capacitor Electrolytic(s)	1uF	C28, C31
2	Capacitor Electrolytic(s)	220uF	C27, C30
12	Capacitor Electrolytic(s)	47uF	C9, C11, C12, C14, C15, C17, C18, C20, C21, C23, C24, C26
2	Ceramic Capacitor(s)	.047uF	C32, C34
14	Ceramic Capacitor(s)	.1uF	C2, C3, C5, C7, C23, C29, C37, C38, C39, C40, C41, C42, C43, C44
10	Ceramic Capacitor(s)	10pF	C1, C4, C6, C8, C10, C13, C16, C19, C22, C25
5	Dual Gang Pot(s) Audio Taper	100K	X36/37, X38/39, X40/41, X42/43, X44/45
12	Potentiometer(s) Audio Taper	100K	X16, X18, X19, X20, X21, X23, X24, X25, X27, X32, X34, X35
4	Potentiometer(s) Linear Taper	100K	X17, X22, X26, X33
21	Knobs		For all pots
2	Resistor 1/4 Watt 5%(s)	10 ohm	R56, R57
2	Resistor 1/4 Watt 5%(s)	100K	R58, R59
16	Resistor 1/4 Watt 5%(s)	120K	R3, R4, R5, R6, R13, R14, R22, R23, R24, R25, R33, R34, R35, R36, R43, R44
6	Resistor 1/4 Watt 5%(s)	150K	R47, R48, R51, R52, R53, R54
4	Resistor 1/4 Watt 5%(s)	15K	R19, R20, R30, R42
16	Resistor 1/4 Watt 5%(s)	20K	R7, R8, R9, R10, R15, R16, R17, R18, R26, R27, R28, R29, R37, R38, R39, R40
2	Resistor 1/4 Watt 5%(s)	300K	R45, R46
3	Resistor 1/4 Watt 5%(s)	4.7K	R41, R55, R61
4	Resistor 1/4 Watt 5%(s)	470K	R2, R12, R32, R60
6	Resistor 1/4 Watt 5%(s)	47K	R1, R11, R21, R31, R49, R50
1	Stereo Headphone Jack	Stereo Jack	X15
18	1/4" Phone Jack(s)	Phone Jack	X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7, X8, X9, X10, X11, X12, X13, X14, X28, X29, X30, X31

Πίνακας 7.3 - Η λίστα υλικών της κατασκευής

## Έλεγχος Λειτουργίας

Η λειτουργία του μίκτη είναι αρκετά ικανοποιητική με καλή ποιότητα ήχου. Στις μονοφωνικές εισόδους των τεσσάρων καναλιών και στις δύο στερεοφωνικές εισόδους, δώθηκαν ήχοι από αναλογικά synthesizer καθώς και από έτοιμα κομμάτια μουσικής ποιότητας MP3. Στα κομμάτια τύπου MP3 παρατηρήθηκε μία ελαφριά παραμόρφωση του ήχου στις υψηλές εντάσεις των μονοφωνικών εισόδων αλλά όχι και των στερεοφωνικών. Για τη δοκιμή της λειτουργίας των εντάσεων των εφέ, χρησιμοποιήθηκε ένα πεταλάκι για ηλεκτρική κιθάρα που δημιουργεί παραμόρφωση τύπου (Fuzz Tone).

## Βιβλιογραφία

Το κύκλωμα της κατασκευής είναι εμπνευσμένο από την ιστοσελίδα του Ray Wilson ([Music From Outer Space](#)), που περιέχει δεκάδες σχέδια ηλεκτρονικών κυκλωμάτων για αναλογικά synthesizer και γεννήτριες συχνότητας, καθώς και για αναλογικούς μίκτες και ενισχυτές.