



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
(ΤΕΙ) ΚΡΗΤΗΣ
ΣΤΕΦ
ΤΜΗΜΑ
ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΕΦΕ ΤΥΠΟΥ OVERDRIVE

ΕΚΠΟΝΗΘΗΚΕ ΑΠΟ ΤΟΝ
ΝΤΑΓΚΝΤΑΛΙΑΝΙΔΗΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ, Α.Μ: 909

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΚΑΡΑΔΕΛΟΓΛΟΥ ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ

ΚΡΗΤΗ, 2012-2013

Ευχαριστίες

Για τη διεκπεραίωση της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω αρχικά τον επιβλέποντα καθηγητή μου τον κύριο Καραδελόγλου Πρόδρομο για τη συνεργασία του και την πολύτιμη συμβολή του στην ολοκλήρωσή της. Εξίσου θα ήθελα να ευχαριστήσω τον συμφοιτητή μου Τσιαντή Ανδρέα για τη βοήθειά του σε θέματα προγραμμάτων και λογισμικού, αλλά και τον καλό μου φίλο Πυροβολίδη Θεόδωρο για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε μέσω των πλούσιων γνώσεών του σε θέματα ηλεκτρονικής.

Πρόλογος

Ως θέμα για την πτυχιακή μου εργασία επέλεξα να κατασκευάσω ένα overdrive πεντάλ. Η επιλογή μου βασίστηκε στις γνώσεις, σχετικά με την ηλεκτρονική, τις οποίες έλαβα από το Τεχνικό Λύκειο αλλά και στη συνάφεια της συγκεκριμένης κατασκευής με το αντικείμενο του Α.Τ.Ε.Ι Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής.

Η έρευνα και μελέτη που πραγματοποιήθηκε για το overdrive πεντάλ, από εξωτερικές πηγές (όπως το διαδίκτυο, έντυπα βιβλία και ποικίλες συμβουλές που συγκέντρωσα από ειδικούς στον τομέα της Ηλεκτρονικής), αλλά και από τις γνώσεις που απέκτησα στο Α.Τ.Ε.Ι Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής σε θέματα Ηλεκτρονικής, μου προσέφερε σημαντικές πληροφορίες όσον αφορά την κατασκευή και λειτουργία του, τις οποίες αναλύω διεξοδικά στη συνέχεια.

Περιεχόμενα

1.1	Ελεγχόμενη παραμόρφωση ακουστικών σημάτων (<i>overdrive και distortion</i>)	9
1.2	Διαφορά μεταξύ <i>overdrive</i> και <i>distortion</i>	9
1.3	Ιστορική αναδρομή.....	10
1.4	TS9	11
1.5	STL και TS10.....	12
2	Θεωρητική Ανάλυση του κυκλώματος	13
2.1	Overdrive και παραμόρφωση.....	13
2.2	Βαθμίδα πρώτη: Είσοδος Buffer.....	15
2.2.1	Ανάλυση της βαθμίδας εισόδου.....	16
2.2.2	DC ανάλυση κυκλώματος βαθμίδας εισόδου	16
2.2.3	AC ανάλυση κυκλώματος βαθμίδας εισόδου	17
2.3	Βαθμίδα δεύτερη: έλεγχος τόνου.....	18
2.4	Βαθμίδα τρίτη : Στάδιο ψαλιδίσματος.....	19
2.5	Βαθμίδα τρίτη: Έξοδος Buffer	21
2.5.1	DC ανάλυση κυκλώματος βαθμίδας εξόδου.....	22
2.5.2	AC ανάλυση κυκλώματος βαθμίδας εξόδου.....	23
3	Εξομοίωση του κυκλώματος στο λογισμικό	25
3.1	Εξέταση συμπεριφοράς ρυθμιστικού <i>overdrive</i> στη MAX θέση με είσοδο 125mV p.p και συχνότητα 300Hz	34
3.2	Εξέταση συμπεριφοράς ρυθμιστικού <i>overdrive</i> στη MAX με είσοδο 125mV p.p και συχνότητα 1000Hz	35
3.3	Εξέταση συμπεριφοράς ρυθμιστικού <i>overdrive</i> στη μεσαία θέση με είσοδο 125mV p.p και συχνότητα 300Hz	37
3.4	Εξέταση συμπεριφοράς ρυθμιστικού <i>overdrive</i> στη μεσαία θέση με είσοδο 125mV p.p και συχνότητα 1000Hz	38
3.5	Εξέταση συμπεριφοράς ρυθμιστικού <i>volume</i> μια φορά στη min θέση και μια φορά στη max με είσοδο 125mV p.p και συχνότητα 1000Hz.....	41
4	Υλοποίηση της κατασκευής	43
4.1	Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν	43
4.2	Χαρακτηριστικά ηλεκτρονικών εξαρτημάτων	44
4.3	Κατασκευή της πλακέτας	47
4.4	Κόλληση των εξαρτημάτων.....	50
5	Πειραματικός έλεγχος κυκλώματος.....	55
5.1	Ανάλυση συχνοτικής απόκρισης του κυκλώματος κατά τον πειραματικό έλεγχο.....	56
5.2	Ανάλυση συχνοτικής απόκρισης του ρυθμιστικού <i>tone</i> στη θέση min	58
5.3	Ανάλυση συχνοτικής απόκρισης <i>tone</i> στη θέση max.....	60
5.4	Εξέταση συμπεριφοράς ρυθμιστικού <i>overdrive</i> για δύο περιπτώσεις θέσεων (μεσαία και ακραία θέση) με είσοδο 125mV p.p και συχνότητα 1000 Hz.	62
5.5	Εξέταση συμπεριφοράς ρυθμιστικού <i>volume</i> με είσοδο 125mV p.p και συχνότητα 1000Hz	63
6	Σύγκριση αποτελεσμάτων – Συμπεράσματα	64
7	Βιβλιογραφία – Πηγές.....	70
8	Datasheets	71

Περιεχόμενα Εικόνων

Εικόνα 1:	To Overdrive Pro TS-808 της Ibanez	11
Εικόνα 2:	To Overdrive Tube Screamer TS-9 της Ibanez	11
Εικόνα 3:	To Overdrive Tube Screamer STL και TS-10 της Ibanez	12
Εικόνα 4:	To κύκλωμα OD855 μονάδας εφέ Overdrive της Ibanez	13

Εικόνα 5: Διάγραμμα overdrive επιπέδου σήματος σε σχέση με τον χρόνο	14
Εικόνα 6: Διακύμανση ασύμμετρου ψαλιδίσματος σε εφέ overdrive.....	14
Εικόνα 7: Είσοδος Buffer του κυκλώματος	15
Εικόνα 8: Ισοδύναμο κύκλωμα βαθμίδας εισόδου buffer.....	17
Εικόνα 9: Βαθμίδα δεύτερη:έλεγχος τόνου.....	19
Εικόνα 10: Βαθμίδα δεύτερη: Στάδιο ψαλιδίσματος	20
Εικόνα 11: Γραφική απεικόνιση του ψαλιδίσματος.....	21
Εικόνα 12: Έξοδος buffer του κυκλώματος	22
Εικόνα 13: Ισοδύναμο κύκλωμα buffer εξόδου	23
Εικόνα 14: Το κύκλωμα της κατασκευής overdrive, σχεδιασμένο στο λογισμικό LTspice.....	25
Εικόνα 15: Το κύκλωμα του Overdrive με τα ρυθμιστικά Tone στη μεσαία θέση, Volume μεσαία θέση και Overdrive στο min στα 100Hz.	26
Εικόνα 16: Το κύκλωμα overdrive με είσοδο 125mV και συχνότητα 300Hz σχεδιασμένο στο λογισμικό LTspice.....	34
Εικόνα 17: Η κυματομορφή του κυκλώματος overdrive με είσοδο 125mV και συχνότητα 300Hz.....	35
Εικόνα 18: Η κυματομορφή του κυκλώματος overdrive με είσοδο 125mV και συχνότητα 1000Hz.....	36
Εικόνα 19: Η κυματομορφή του κυκλώματος overdrive με είσοδο 125mV και συχνότητα 1000Hz.....	36
Εικόνα 20: Η κυματομορφή του κυκλώματος overdrive με είσοδο 125mV και συχνότητα 300Hz.....	37
Εικόνα 21: Η κυματομορφή του κυκλώματος overdrive με είσοδο 125mV και συχνότητα 300Hz.....	38
Εικόνα 22: Η κυματομορφή του κυκλώματος overdrive με είσοδο 125mV και συχνότητα 1000Hz.....	39
Εικόνα 23: Η κυματομορφή του κυκλώματος overdrive με είσοδο 125mV και συχνότητα 1000Hz.....	40
Εικόνα 24: Η κυματομορφή του κυκλώματος overdrive με είσοδο 125mV και συχνότητα 300Hz.....	41
Εικόνα 25: Η κυματομορφή του κυκλώματος overdrive με ρυθμιστικό volume στο 0, είσοδο 125mV και συχνότητα 1000Hz	41
Εικόνα 26: Η κυματομορφή του κυκλώματος overdrive με ρυθμιστικό volume στο max, είσοδο 125mV και συχνότητα 1000Hz	42
Εικόνα 27: Η δίοδος 1N60	45
Εικόνα 28: Το τρανζίστορ MPSA18	45
Εικόνα 29: Το ολοκληρωμένο JRC4558.....	46
Εικόνα 30: Αρχικό στάδιο κατασκευής PCB κυκλώματος του overdrive στο λογισμικό kicad	47
Εικόνα 31: Το PCB κύκλωμα του overdrive στο λογισμικό kicad	48
Εικόνα 32: Συνδεσμολογία των λαμπών εκφωτισμού	49
Εικόνα 36: Η ολοκληρωμένη κατασκευή του overdrive πεντάλ από την μπροστινή όψη	53
Εικόνα 37: Η ολοκληρωμένη κατασκευή του overdrive πεντάλ από την πίσω όψη	54
Εικόνα 38: Η κυματομορφή της εισόδου στον παλμογράφο	55
Εικόνα 39: Η κυματομορφή του ψαλιδισμού overdrive στον παλμογράφο	56
Εικόνα 40: Η κυματομορφή του ψαλιδισμού overdrive στον παλμογράφο	63

Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 1: Υπολογισμός της γενικής συχνοτικής απόκρισης του κυκλώματος με τα ρυθμιστικά του κυκλώματος Tone στη μέση, Volume στη μέση, Overdrive στο min.....	27
Πίνακας 2: Υπολογισμός τιμών κυκλώματος με είσοδο 125mV p.p με τα ρυθμιστικά Tone στο min, Volume στη μέση και Overdrive min	29
Πίνακας 3: Υπολογισμός τιμών κυκλώματος με είσοδο 125mV p.p με τα ρυθμιστικά Tone στο max, Volume στη μέση και Overdrive min	31
Πίνακας 4: Υπολογισμός πειραματικών τιμών εργαστηρίου με τα ρυθμιστικά του κυκλώματος tone, volume flat και overdrive στο 0	57
Πίνακας 5: Υπολογισμός πειραματικών τιμών εργαστηρίου με τα ρυθμιστικά του κυκλώματος tone min, volume στη μεσαία θέση και overdrive στο min	59
Πίνακας 6: Υπολογισμός πειραματικών τιμών εργαστηρίου με τα ρυθμιστικά του κυκλώματος tone max, volume στη μεσαία θέση και overdrive στο min	61

Περιεχόμενα Διαγραμμάτων

Γραφική Παράσταση 1: Γενική συχνοτική απόκριση του κυκλώματος	28
Γραφική Παράσταση 2: Συχνοτική απόκριση για tone στο min	30
Γραφική Παράσταση 3: Συχνοτική απόκριση για tone στο max	32
Γραφική Παράσταση 4: Σύγκριση συχνοτικών αποκρίσεων	33
Γραφική Παράσταση 5: Γενική συχνοτική απόκριση	58
Γραφική Παράσταση 6: Συχνοτική απόκριση για tone min.....	60
Γραφική Παράσταση 7: Συχνοτική απόκριση για tone στο max	62
Γραφική Παράσταση 8: Σύγκριση των γενικών συχνοτικών αποκρίσεων	65
Γραφική Παράσταση 9: Σύγκριση συχνοτικών αποκρίσεων όταν το tone είναι στο min	66
Γραφική Παράσταση 10: Σύγκριση συχνοτικών αποκρίσεων tone max	67

Περίληψη

Στην συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία, παρουσιάζεται ουσιαστικά η κατασκευή ενός overdrive πεντάλ κιθάρας.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια γενική παρουσίαση της ιστορίας του πεντάλ καθώς και των χαρακτηριστικών της λειτουργίας του.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται η θεωρητική επεξήγηση όλων των βαθμίδων του κυκλώματος και η AC/DC ανάλυση των βαθμίδων εισόδου και εξόδου.

Στο τρίτο κεφάλαιο προβάλλεται η εξομοίωση του κυκλώματος που έγινε στο λογισμικό LTSpice και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των τιμών βάση του λογισμικού.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, αναλύεται ο τρόπος κατασκευής του πεντάλ, όπως και τα εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν, η διαδικασία κατασκευής της πλακέτας κτλ.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται ο πειραματικός έλεγχος που έγινε στο κύκλωμα στο εργαστήριο του τεχνολογικού ιδρύματος και επεξηγούνται οι πειραματικές τιμές των αποτελεσμάτων.

Στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο συγκρίνονται οι δυο ειδών τιμές, οι πειραματικές που εκπονηθήκαν στο εργαστήριο και εκείνες της εξομοίωσης του λογισμικού LTSpice, οπότε και οδηγούμαστε στα συμπεράσματα μας, εάν δηλαδή η κατασκευή μας πλησιάζει το επιθυμητό αποτέλεσμα ή όχι.

ABSTRACT

The subject of the present thesis is the construction of an overdrive guitar pedal.

The first chapter gives a general overview of the history of the guitar pedal and its technical characteristics.

The second chapter provides the theoretical background and explanation of the circuit gradients, as well as the AC/DC analysis of the input and output gradients.

Using a dedicated software, entitled LTSpice, a circuit simulation was executed and its results are given in the third chapter while in the fourth one an analysis of the pedal construction process is given, i.e. equipment used, the board construction process and so on.

Furthermore experiments testing the circuit efficiency were conducted in the technical institute's laboratory. Results and illustrations of these experiments are given in the fifth chapter of the present thesis.

Finally, in the last chapter a discussion follows whether the experimental results are close to the simulation results, and therefore whether the constructed pedal, is matching the desirable result or not.

1.1 Ελεγχόμενη παραμόρφωση ακουστικών σημάτων (overdrive και distortion)

Η λειτουργία της μονάδας εφέ που θα εξεταστεί σ' αυτήν την εργασία βασίζεται στην παραμόρφωση του πλάτους ενός ακουστικού σήματος. Αυτή συνήθως προκαλείται από εφαρμογή σήματος μεγάλου πλάτους σε κύκλωμα και οδηγεί το κύκλωμα πέρα από το διαθέσιμο όριο τάσης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να «ψαλιδίζεται» (clipping) η κυματομορφή είτε στην θετική ημιπερίοδο είτε στην αρνητική είτε και στις δύο. Συνήθως το φαινόμενο της παραμόρφωσης είναι ένα φαινόμενο το οποίο πρέπει συνήθως να αποφεύγουμε κατά την σχεδίαση και την λειτουργία όλων των ακουστικών κυκλωμάτων. Παρόλα αυτά, για πολλούς μουσικούς και κυρίως για τους κιθαρίστες αυτό το φαινόμενο αποτελεί τμήμα των εργαλείων τους έτσι ώστε να παράγουν ήχους συγκεκριμένης χροιάς όπου η παραμόρφωση είναι επιθυμητή. Είναι αξιοσημείωτο ότι ένα φαινόμενο το οποίο πρέπει να φροντίζουμε να εξαλειφθεί σχεδόν σε όλες τις εφαρμογές των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων, αναπαράγεται σκόπιμα για μουσικούς σκοπούς. Ο τρόπος με τον οποίο υπερφορτώνεται το κύκλωμα, προκαλώντας παραμόρφωση του ηχητικού αποτελέσματος, είναι γνωστός με διάφορα ονόματα όπως fuzz, overdrive ή απλά distortion και αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα της χροιάς του ήχου. Στο σχήμα 5 παρακάτω φαίνεται καθαρά η έννοια του «ψαλιδισμού».

Αξίζει σ' αυτό το σημείο να αναφέρουμε ότι το κυριότερο μουσικό όργανο στο οποίο χρησιμοποιείται μια τέτοια μονάδα εφέ είναι η ηλεκτρική κιθάρα (και ίσως κάποιες φορές η ηλεκτρακουστική κιθάρα και το μπάσσο). Το συχνοτικό φάσμα της ηλεκτρικής κιθάρας κυμαίνεται μεταξύ 82Hz και 2KHz, ενώ οι σημαντικές αρμονικές συχνότητες της φτάνουν μέχρι και τα 12 KHz. Είναι λοιπόν ζωτικής σημασίας η μονάδα εφέ που θα κατασκευάσουμε να μπορεί να αποδίδει αυτό το συχνοτικό εύρος 82Hz - 12KHz.

1.2 Διαφορά μεταξύ overdrive και distortion

Τα πεντάλ distortion και overdrive, καμιά φορά αναφέρονται και ως πεντάλ κέρδους. Η διαφορά μεταξύ του κυκλώματος overdrive με το κύκλωμα του distortion είναι ότι το overdrive χρησιμοποιεί «μαλακό» ψαλίδισμα (soft clipping), ενώ το distortion «σκληρό» ψαλίδισμα (hard clipping) (βλ. εικόνα 5 παρακάτω). Το soft clipping προσδιορίζεται στο εμπόριο ως overdrive, όπου το κέρδος είναι

αντιστρόφως ανάλογο προς την στάθμη του σήματος εισόδου, ενώ το hard clipping στο εμπόριο είναι γνωστό ως distortion.

1.3 Ιστορική αναδρομή

Το πιο δημοφιλές πεντάλ κιθάρας με εφέ τύπου overdrive είναι εκείνο της εταιρίας Ibanez, γνωστό ως Ibanez Tube Screamer. Το πεντάλ έχει έναν χαρακτηριστικό ήχο μεσαίας ενίσχυσης και είναι δημοφιλής στους κιθαρίστες των blues. Το θρυλικό αυτό πεντάλ έχει χρησιμοποιηθεί από γνωστούς κιθαρίστες όπως ο Stevie Ray Vaughan και τον Noel Gallagher και χάρις στο πεντάλ, δημιούργησαν υπογραφή στον ήχο τους.

Το πρώτο Tube Screamer ήταν το πράσινο TS-808 Pro Overdrive, το οποίο δημιουργήθηκε στα τέλη της δεκαετίας του '70. Είχε προηγηθεί το πορτοκαλί Overdrive και το πράσινο Overdrive II, όπου ήταν σε στενά περιβλήματα χωρίς κάλυμα της μπαταρίας. Έπειτα, βγήκε το κοκκινωπό Overdrive II, του οποίου το κάλυμα έμοιαζε πολύ με εκείνο του TS-808. Στην οικογένεια των overdrive πεντάλ, ανήκει και εκείνο του OD-855, με το ελαφρύ πράσινο χρώμα, το οποίο είχε και εκείνο παρόμοιο σχεδόν κάλυμα με του 808. Το TS-808 και η γενιά του έχουν μικρά τετράγωνα κουμπιά αφής on/off. Την περίοδο του 1979, κυρίως στην αμερικάνικη αγορά, βγήκαν κάποια TS-808 με στενότερο κάλυμα, τα οποία είχαν μια πλάκα βάσης που ξεβίδωνε για να αλλαχτεί η μπαταρία όπως περίπου ένα πεντάλ τύπου MXR. Το μοντέλο με το στενό κάλυμα είχε διαφορετικό κύκλωμα με μεγαλύτερη παραμόρφωση. Χρησιμοποιούσε δύο ολοκληρωμένα 1458 και είναι η πρώτη έκδοση της τεχνολογία διπλής ορ-ενίσχυσης (dual op-amp). Επίσης, ο ρυθμιστής LEVEL σε αυτά φέρει επισήμανση BALANCE και η εξωτερική 9V υποδοχή ρεύματος είναι δίπλα στην υποδοχή εισόδου. Ακολούθησε δηλαδή την ίδια λογική, όπως στα προηγούμενα Overdrive και Overdrive II πεντάλ, τα οποία χρησιμοποιούσαν stop διακόπτες.

Τα τελευταία TS-808, έχουν το λογότυπο της εταιρίας Ibanez και δεν υπάρχει σημαντική διαφορά, αν και κάποια από αυτά περιέχουν ολοκληρωμένα RC4558P της εταιρίας Malaysian Texas Instruments και όχι τα ιαπωνικά JRC4558 που χρησιμοποιούνται συνήθως. Επίσης, κάποια από τα τελευταία TS-808, έχουν επίσης ένα παξιμάδι το οποίο κρατάει το τροφοδοτικό στην υποδοχή, ενώ τα παλιότερα έχουν ένα φινιρίσμα προσαρμογέα βύσματος και δεν έχουν παξιμάδι.



Εικόνα 1: Το Overdrive Pro TS-808 της Ibanez

1.4 TS9

Από το 1982 έως το 1985, τα πεντάλ Ibanez ανακατασκευάστηκαν και δημιουργήθηκε η 9^η σειρά. Το πιο δημοφιλές αυτής της σειράς ήταν το TS-9 Tube Screamer, το οποίο είναι σχεδόν ίδιο εσωτερικά με το TS-808. Εξωτερικά ο διακόπτης on/off είναι πιο μεγάλος και γεμίζει σχεδόν το 1/3 του εφέ. Η βασική διαφορά του κυκλώματος του TS-9 είναι στο τμήμα της εξόδου. Αυτή η διαφορά είχε σαν αποτέλεσμα το Tube Screamer να είναι λίγο πιο «φωτεινό» και λιγότερο «λείο». Ο Edge των U2 χρησιμοποιεί ένα TS-9 για τους περισσότερους από τους ήχους overdrive. Τα νεότερα TS-9 δημιουργήθηκαν με φαινομενικά τυχαία ολοκληρωμένα, αντί του JRC-4558, που αναφέρεται στα ηλεκτρονικά διαγράμματα. Κάποια από αυτά δεν ακούγονται τόσο καλά, όπως για παράδειγμα το ολοκληρωμένο JRC 2043DD.



Εικόνα 2: Το Overdrive Tube Screamer TS-9 της Ibanez

1.5 *STL και TS10*

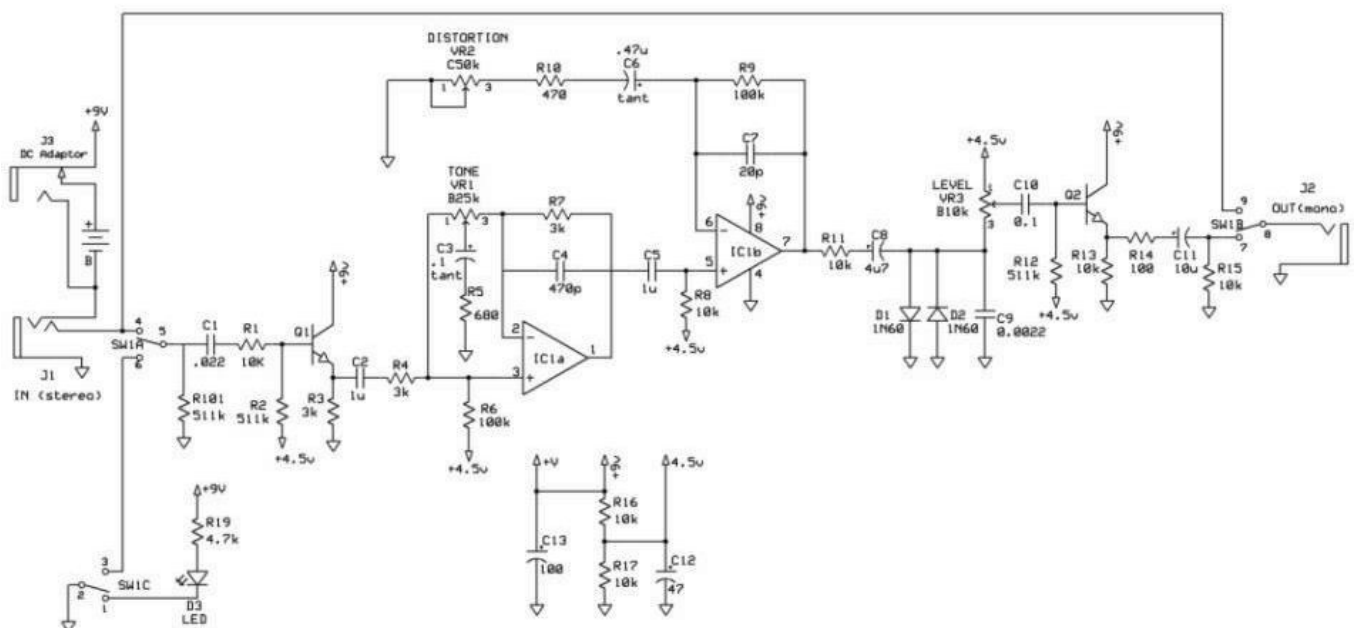
Όταν η 9^η σειρά διακόπηκε, δημιουργήθηκαν τα πεντάλ με την ονομασία MASTER ή L. Αυτές η σειρές δημιουργήθηκαν μόνο το 1985. Εμπειρίχαν το μοντέλο Super Tube STL, το οποίο είναι τεσσάρων κουμπιών Tube Screamer. Το 1986 παρουσιάστηκε η 10^η σειρά, που συμπεριλάμβανε το TS-10 Tube Screamer. Σε σύγκριση με ένα TS-808, το TS-10 έχει περισσότερες αλλαγές στο κύκλωμα από ότι είχε το TS-9. Το 1988 με 1989, σταμάτησε η 10^η σειρά, αλλά κάποια TS-10 πεντάλ δημιουργήθηκαν στην Ταιβάν και χρησιμοποίησαν το ολοκληρωμένο MC4558. Όλα τα TS-10 χρησιμοποιούσαν φθηνές υποδοχές και pot.



Εικόνα 3: Το Overdrive Tube Screamer STL και TS-10 της Ibanez

2 Θεωρητική Ανάλυση του κυκλώματος

Στην αρχή αυτού του κεφαλαίου θα γίνει μια εισαγωγική θεωρητική ανάλυση της λειτουργίας του pedal. Έπειτα το κύκλωμα θα χωριστεί σε βαθμίδες, στις οποίες θα γίνει λεπτομερής περιγραφή της ηλεκτρονικής λειτουργίας του με σκοπό την πλήρη κατανόηση της. Στην Εικόνα 4 παρουσιάζεται το κύκλωμα.

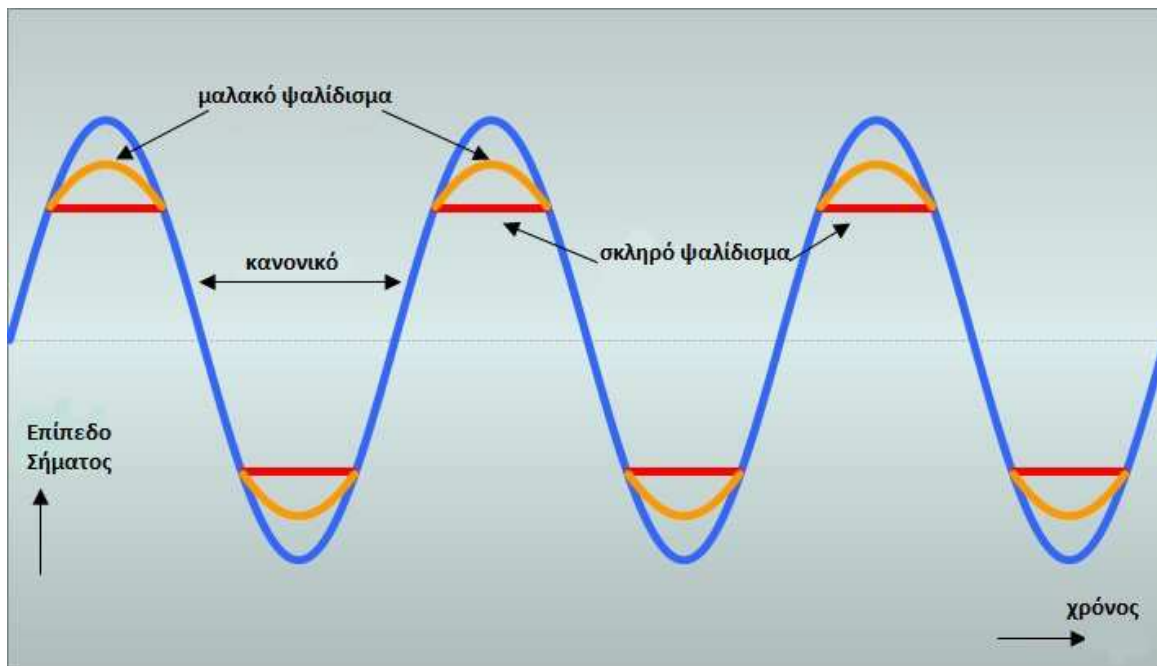


Εικόνα 4: Το κύκλωμα OD855 μονάδας εφέ Overdrive της Ibanez

2.1 Overdrive και παραμόρφωση

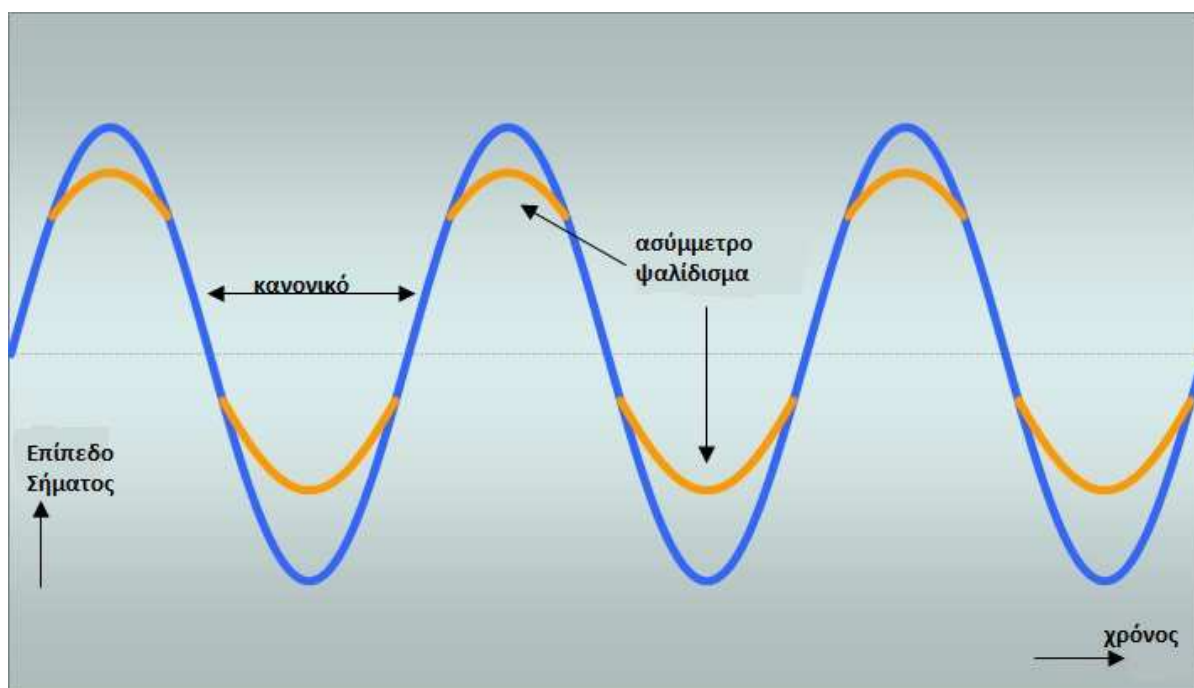
Τα εφέ overdrive και παραμόρφωσης δημιουργήθηκαν από τα πολλά fuzz σχέδια κυκλωμάτων της δεκαετίας του 60. Μια ποικιλία μεθόδων που παραμορφώνει ένα σήμα κιθάρας και διατίθεται στο εμπόριο, είναι γνωστή με την γενική περιγραφή fuzz. Σήμερα, τα εφέ overdrive συνήθως

παρομοιάζονται με ένα μαλακό ψαλίδισμα, όπου το κέρδος μειώνεται πέρα από το σημείο αποκοπής, δίνοντας στον ήχο μια ελαφρώς «βρώμικη» χροιά. Η παραμόρφωση (distortion) προσδίδει στον ήχο μια περισσότερο «βρώμικη» χροιά τέτοια που συνήθως χρησιμοποιείται στην ροκ.



Εικόνα 5: Διάγραμμα overdrive επιπέδου σήματος σε σχέση με τον χρόνο

Μια κοινή διακύμανση ονομάζεται ασύμμετρο ψαλίδισμα, όπου η μία πλευρά της κυματομορφής ψαλιδίζεται περισσότερο από την άλλη. Αυτό δίνει στην τελική κυματομορφή έναν ελαφρά διαφορετικό ήχο, αλλά ανεξάρτητα από την μέθοδο που χρησιμοποιείται, όσο περισσότερο overdrive τόσο περισσότερο ίδια ακούγονται.

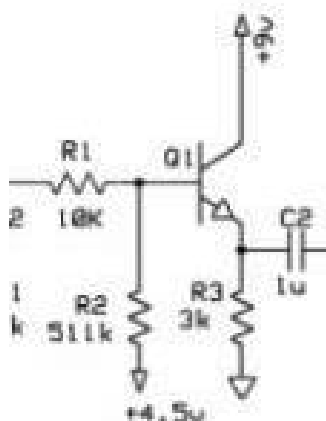


Εικόνα 6: Διακύμανση ασύμμετρου ψαλιδίσματος σε εφέ overdrive

2.2 Βαθμίδα πρώτη: Είσοδος Buffer

Η τάση των 9V στην είσοδο του κυκλώματος εισέρχεται στον διαιρέτη τάσης και διαμορφώνεται στα 4.5V. Το σήμα έπειτα εισέρχεται στην πρώτη βαθμίδα η οποία είναι εκείνη της εισόδου buffer. Το στάδιο της εισόδου είναι ένας απλός ακόλουθος εκπομπού. Το τρανζίστορ του κυκλώματος (Q1) είναι το MPSA18, με υψηλό κέρδος και χαμηλό θόρυβο. Χρησιμοποιείται για να παρέχει κέρδος 1 και μια υψηλή σύνθετη αντίσταση εισόδου. Η βάση του είναι συνδεδεμένη με την κοινή πηγή πόλωσης των 4,5V, μέσω μιας αντίστασης 511K. Η σύνθετη αντίσταση εισόδου του ακόλουθου εκπομπού είναι ισοδύναμη με την αντίσταση εισόδου πόλωσης σε παραλληλισμό με την αντίσταση εισόδου του ακόλουθου εκπομπού. Σε αυτή τη περίπτωση, η αντίσταση του εκπομπού είναι 10K, και το τυπικό κέρδος του τρανζίστορ MPSA18 είναι 300. Επομένως, η αντίσταση πόλωσης 511K μετράει για σχεδόν όλα τα σήματα φόρτωσης στην είσοδο. Αυτό το στάδιο εισόδου είναι πάντα συνδεδεμένο με το σήμα εισόδου. Η βαθμίδα εισόδου buffer (απομονωτής) παρουσιάζεται στην Εικόνα 7. Ονομάζεται έτσι καθ' ότι η λειτουργία του είναι να προσαρμόσει τις αντιστάσεις εισόδου-εξόδου μεταξύ κυκλωμάτων χωρίς την απώλεια σήματος. Ο ρόλος είναι συζευκτικός και δεν έχουμε κέρδος τάσης.

Γενικότερα, τα buffer, γνωστά και ως απομονωτές έχοντας υψηλή αντίσταση εισόδου, διευκολύνουν το έργο από το στάδιο της εξόδου της πηγής, όπου δεν έχει το απαιτούμενο ρεύμα ώστε να οδηγήσει στην επόμενη ακουστική βαθμίδα. Με λίγα λόγια, ο σκοπός της βαθμίδας εισόδου είναι να δώσει μια υψηλή αντίσταση στη κιθάρα και μια χαμηλή σύνθετη αντίσταση στο υπόλοιπο κυκλώμα. Στην πράξη όμως, η αντίσταση εισόδου της δεν είναι τόσο υψηλή όσο θα μπορούσε να είναι λόγω της αντίστασης 511K, η οποία κατέχει την είσοδο του πυκνωτή C1 σε 0V έτσι ώστε να αποφύγει την παραμόρφωση όταν το πεντάλ ποδιού βρίσκεται σε λειτουργία.



Εικόνα 7: Είσοδος Buffer του κυκλώματος

2.2.1 Ανάλυση της βαθμίδας εισόδου

Θα γίνει ανάλυση στο Dc συνεχές και στο Ac εναλλασσόμενο ρεύμα, για να καταλάβουμε σε βάθος την πόλωση του transistor και το πώς πετυχαίνεται τόσο μεγάλη αντίσταση εισόδου και μικρή αντίσταση εξόδου.

2.2.2 DC ανάλυση κυκλώματος βαθμίδας εισόδου

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_E}$$

(σχέση 1)

Από τη σχέση 1 μπορούμε να βρούμε το ρεύμα που διαρρέει τη βάση. Η τάση μεταξύ της βάσης και του εκπομπού είναι περίπου 0,7 Volt, για transistor πυριτίου.

Όπου το β είναι η ενίσχυση ρεύματος, είναι σταθερό για κάθε τρανζίστορ και παίρνει τιμές μεταξύ 100 και 300. Στη περίπτωση μας η τιμή του είναι 300 όπως έχει προαναφερθεί στη προηγούμενη ενότητα. Άρα αφού είναι γνωστό πως η τάση μεταξύ της βάσης και του εκπομπού είναι 0,7V για τρανζίστορ πυριτίου από την σχέση 1 ισχύει:

$$I_B = \frac{4,5 V - 0,7V}{511K + (300 + 1)3K} = 2.68 \mu A$$

Η τάση στη βάση του τρανζίστορ V_B δίνεται από την σχέση 2:

$$V_B = V_{BB} - I_B R_B$$

(σχέση 2)

Η τάση V_{BB} είναι τα 4,5 Volt που εφαρμόζονται στην αντίσταση R_B . Η V_{RB} είναι η πτώση τάσης λόγω της R_B , Οπότε: το V_B ισούται με 3,54V.

Η τάση του εκπομπού δίνεται από την σχέση:

$$V_E = V_B - V_{BE}$$

(σχέση 3)

Άρα η τάση στον εκπομπού θα είναι 3,249V

Στη συνέχεια από την σχέση 4 που μας δίνει το ρεύμα εκπομπού ισχύει ότι:

$$I_E = \frac{V_E}{R_E}$$

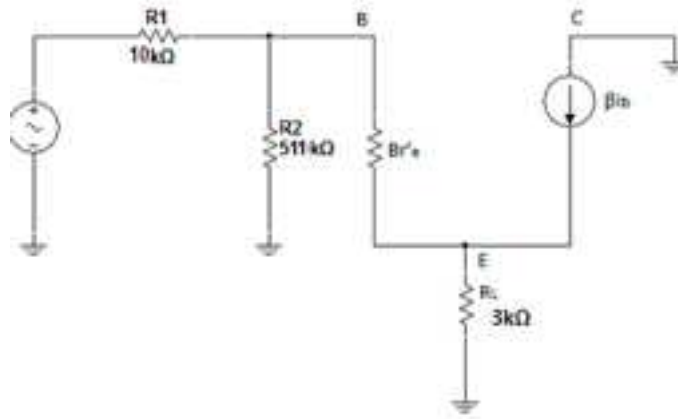
(σχέση 4)

Οπότε το ρεύμα του εκπομπού είναι $I_E = 1,08 mA$

2.2.3 AC ανάλυση κυκλώματος βαθμίδας εισόδου

Για να αναλύσουμε τα χαρακτηριστικά του A.C. σήματος του κυκλώματος αυτού, πρέπει να σχεδιάσουμε και να εξετάσουμε το ισοδύναμο κύκλωμα στις ενδιάμεσες συχνότητες, δηλαδή στις συχνότητες όπου οι διάφορες χωρητικότητες μπορούν να θεωρηθούν αμελητέες.

Το ισοδύναμο κύκλωμα της βαθμίδας εισόδου παρουσιάζεται παρακάτω:



Εικόνα 8: Ισοδύναμο κύκλωμα βαθμίδας εισόδου buffer

Ο λόγος που το ρεύμα βάσης είναι πολύ μικρότερο από το ρεύμα εκπομπού είναι το AC κέρδος που εμφανίζεται. Κάθε αντίσταση στον εκπομπού εμφανίζεται στη βάση β φορές μεγαλύτερη και άρα ισχύει η παρακάτω σχέση:

$$r_{ac} = \beta r_e$$

(σχέση 5)

Η AC αντίσταση της επαφής εκπομπού δίνεται από την σχέση 6:

$$r_e = \frac{25mV}{I_E}$$

(σχέση 6)

Η σχέση που μας δίνει την σύνθετη αντίσταση εισόδου της βάσης είναι:

$$Z_{in(Base)} = \beta(r_L + r_e)$$

(σχέση 7)

Άρα από την σχέση 6 η τιμή της αντίστασης επαφής του εκπομπού θα είναι 23,15Ω

Και από την σχέση 7, η σύνθετη αντίσταση εισόδου της βάσης θα είναι 907 KΩ

Η τιμή της σύνθετης αντίστασης εισόδου της βαθμίδας υπολογίζεται από την σχέση 8:

$$Z_{in} = R1 + R2 // Z_{in}$$

(σχέση 8)

Οπότε η τιμή της σύνθετης αντίστασης εισόδου της βαθμίδας ισούται με 337 kΩ.

Η σύνθετη αντίσταση εξόδου τώρα υπολογίζεται από την σχέση 9 η οποία φαίνεται παρακάτω:

$$Z_{out} = r_e + \frac{R_2}{\beta} // R_L$$

(σχέση 9)

Άρα η σύνθετη αντίσταση εξόδου ισούται με 24,23 ΚΩ

Από τις παραπάνω σχέσεις είναι πλέον εύκολο να υπολογίσουμε το κέρδος τάσης του κυκλώματος, το οποίο υπολογίζεται από την σχέση 10:

$$A = \frac{R_L}{R_L + r_e}$$

(σχέση 10)

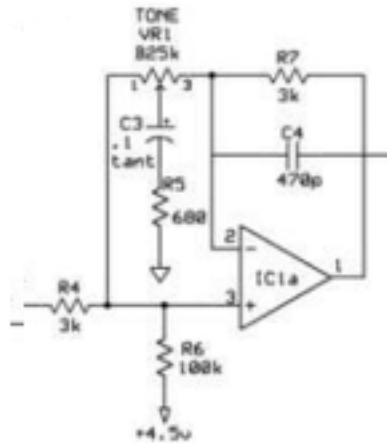
Οπότε το κέρδος τάσης θα ισούται με $A = 0,99$

2.3 Βαθμίδα δεύτερη: έλεγχος τόνου

Σε αυτό το στάδιο του κυκλώματος, έγινε η χρήση του ολοκληρωμένου JRC4558, που πρόκειται για ένα διπλό γενικής χρήσης τελεστικό ενισχυτή. Το ολοκληρωμένο JRC4558 έχει κοινή είσοδο τροφοδοσίας, το οποίο παρέχει προστασία βραχυκύκλωσης και εσωτερική συχνότητα.

Η αντίσταση VR1, η οποία βρίσκεται στην μη αναστρέφουσα είσοδο της πλευράς του ολοκληρωμένου IC1a μαζί με τον πυκνωτή C3 (αλλά και την αντίσταση R4) είναι ουσιαστικά το ρυθμιστικό tone της βαθμίδας, το οποίο δρα στην ουσία σαν ένα παθητικό συχνοτικό φίλτρο RC με μεταβλητή συχνότητα αποκοπής. Η μεταβολή αυτή προκύπτει από το γεγονός ότι η συχνότητα αποκοπής ενός RC φίλτρου δίνεται από την (σχέση 11) : $f_c = 1/(2\pi RC)$. Άρα αφού έχουμε μεταβλητή αντίσταση (ποτενσιόμετρο) συνεπάγεται ότι θα έχουμε και μεταβλητή συχνότητα αποκοπής. Η R στην περίπτωσή μας είναι το άθροισμα των $R_4 = 3K$, και $VR_1 = 25K$.

Παίρνοντας δύο ακραίες τιμές του R_{tone} (0 και max) βρίσκουμε ότι οι δύο οριακές συχνότητες αποκοπής θα είναι $F_{cmin} = 560Hz$ (για $R_{tone} = max$) και $F_{cmax} = 5,3KHz$ (για $R_{tone} = min$). Όταν έχω μεγάλη τιμή του ρυθμιστικού tone ($R_{tone} = 0$), ο ήχος που ακούω είναι πιο οξύς, ενώ για μικρή τιμή του ρυθμιστικού tone ($R_{tone} = max$) ο ήχος είναι πιο απαλός (πιο μπάσος). Όπως καταλαβαίνουμε, το tone επηρεάζει την κυματομορφή που παίρνουμε στην έξοδο και ως προς το πλάτος και ως προς συχνότητα. Αυτό φαίνεται και στις εικόνες που παρουσιάζονται στο πειραματικό μέρος της εργασίας.



Εικόνα 9: Βαθμίδα δεύτερη:έλεγχος τόνου

2.4 Βαθμίδα τρίτη : Στάδιο ψαλιδίσματος

Η επόμενη και πιο σημαντική βαθμίδα του κυκλώματος είναι το στάδιο ψαλιδισμού (overdrive). Το στάδιο αποκοπής είναι υπεύθυνο για το χαρακτηριστικό ήχο του κυκλώματος υπερδοήγησης.

Η είσοδος φιλτράρεται διαμέσω ενός συχνοτικού φίλτρου που αποτελείται από τον πυκνωτή C5 και την αντιστάση R8 και το οποίο αποκόπτει τις χαμηλές συχνότητες. Το σήμα στη συνέχεια οδηγείται στον δεύτερο τελεστικό ενισχυτή του ολοκληρωμένου JRC4558 που χρησιμοποιείται ως ένας ενισχυτής υψηλής απολαβής. Το κύκλωμα φιλτράρει συγκεκριμένες συχνότητες λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι η σύνθετη αντίσταση του συνδιασμού του βαθυπερατού φίλτρου RC (αντίσταση-πυκνωτή) είναι αντιστρόφως ανάλογη με τη συχνότητα του σήματός του όπως δίνεται από τη σχέση 11:

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_c C}$$

Στο DC ο πυκνωτής είναι ανοιχτό κύκλωμα. Στο AC η αντίσταση του

ελαττώνεται όσο η συχνότητα αυξάνεται. Στις πολύ ψηλές συχνότητες ο πυκνωτής δρα ως βραχυκύκλωμα και για όποια απολαβή, ευθύνεται αποκλειστικά η αντίσταση.

Η αντίσταση του πυκνωτή είναι αμελητέα σε σχέση με αυτή της αντίστασης. Με

την 470 Ω αντίσταση και τον 0,47 μF πυκνωτή σύμφωνα με τη (σχέση 11) η

συχνότητα υπολογίζεται στα 719 Hz. Σ' αυτή τη συχνότητα η χωρητική αντίσταση

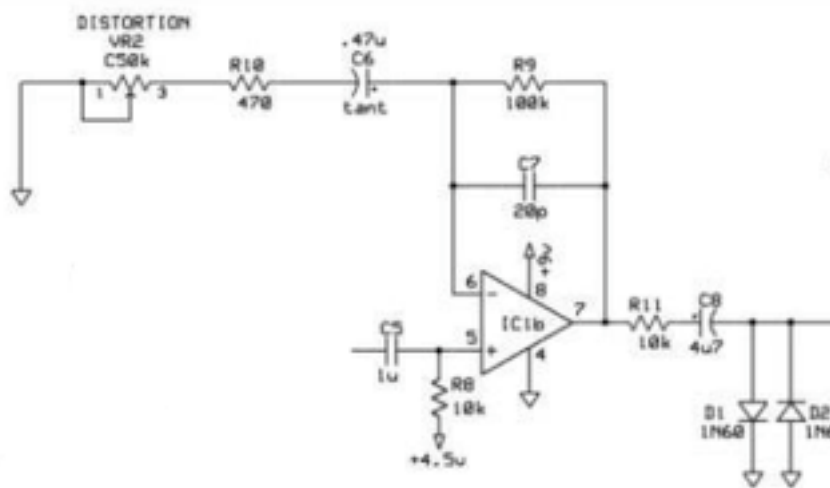
του πυκνωτή γίνεται ίση με την αντίσταση 470 Ω. Έτσι μόνον οι νότες και οι αρμονικές πάνω

από αυτή τη συχνότητα δέχονται την πλήρη παραμόρφωση και οτιδήποτε κάτω από αυτή τη συχνότητα παίρνει λιγότερο gain και overdrive.

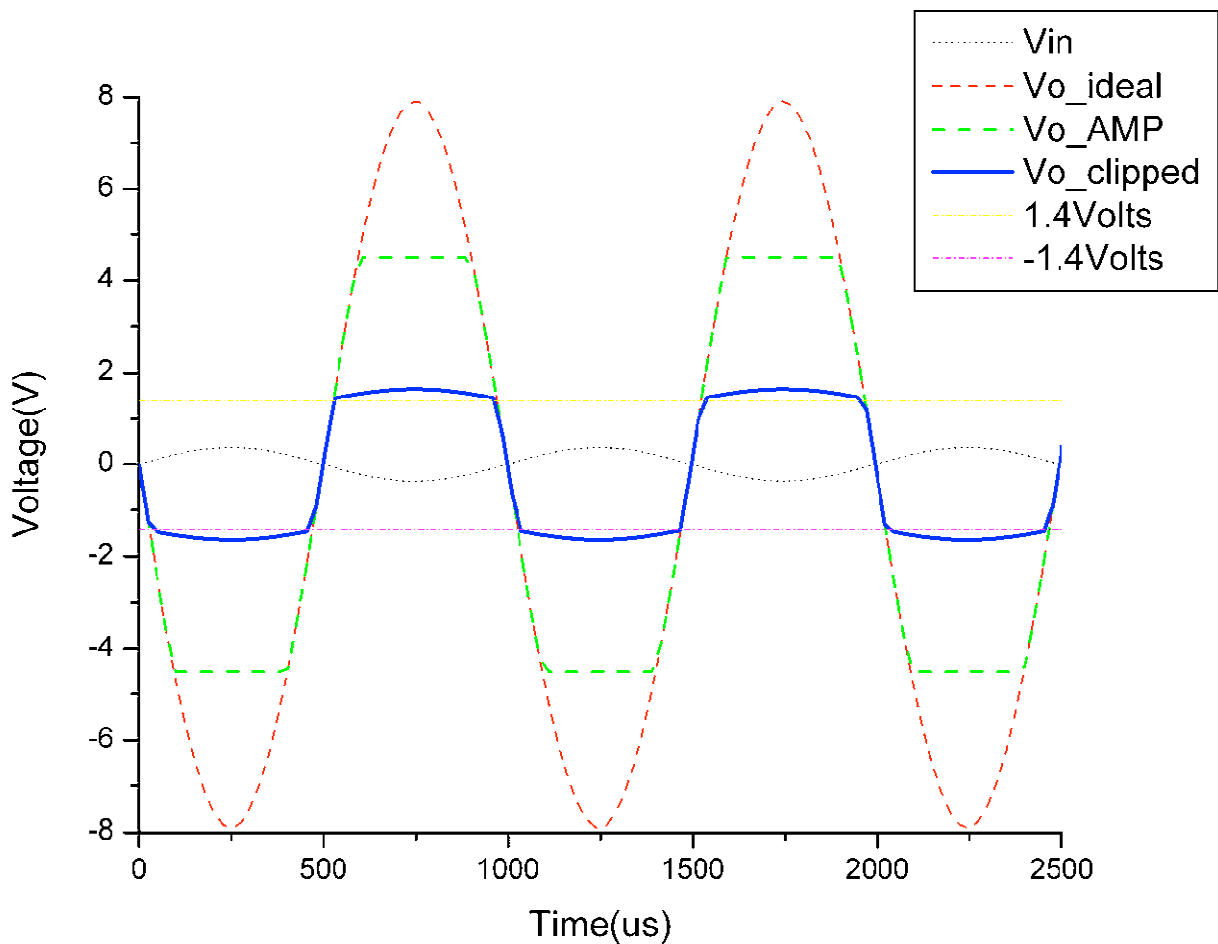
Ο ψαλιδισμός συμβαίνει όταν η τάση στα άκρα των διόδων είναι μεγαλύτερη από 0,5 V με 0,6 V. Όταν συμβαίνει αυτό η διόδος ενεργοποιείται και αναγκάζει την τάση στα άκρα της να παραμείνει σε μία σταθερή τιμή των 0,6 V περίπου.

Με αυτόν τον τρόπο η υπερδοήγηση του σήματος μας λαμβάνει χώρα πάνω από ορισμένες τάσεις. Και δεδομένου ότι υπάρχουν δύο διόδοι που στρέφονται σε αντίθετες κατευθύνσεις, το ψαλίδισμα εμφανίζεται και στις δύο πλευρές του ημιτονοειδούς κύματος (δηλαδή και στις δύο πολικότητες, θετική όσο και αρνητική).

Ο πυκνωτής 20 pF καθώς δέχεται το μεταβαλλόμενο σήμα φορτίζεται και εκφορτίζεται καθώς το σήμα μεταβάλλεται. Το γεγονός αυτό μαλακώνει τον απότομο ψαλιδισμό όταν οι διόδοι ενεργοποιούνται και απενεργοποιούνται αντίστοιχα, γι' αυτό και στο overdrive υπάρχει αυτό που λέμε μαλακό ψαλίδισμα σε σχέση με το distortion που παρουσιάζει απότομο και τραχύ ψαλιδισμό.



Εικόνα 10: Βαθμίδα δεύτερη: Στάδιο ψαλιδίσματος

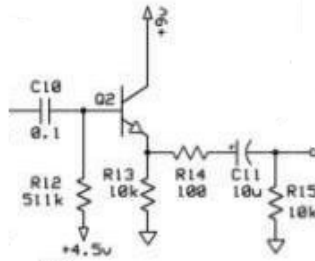


Εικόνα 11: Γραφική απεικόνιση του ψαλιδίσματος

Στη συνέχεια οι δίοδοι το σήμα το τροφοδοτούν στη βάση του τρανζίστορ Q2, της επόμενης βαθμίδας εξόδου. Πριν εισέλθει το σήμα στην βάση του τρανζίστορ Q2 περνάει από μια μεταβλητή αντίσταση που ρυθμίζει την γενική ένταση του σήματος μετά την διαμόρφωση του από τις προηγούμενες βαθμίδες, που στην ουσία είναι το συνολικό ρυθμιστικό Gain της κατασκευής μας. Το τρανζίστορ Q2 είναι και εκείνο ένας ακόλουθος εκπομπού, ο οποίος παρέχει μια σχετικά χαμηλή αντίσταση εξόδου.

2.5 Βαθμίδα τρίτη: Έξοδος Buffer

Όπως αναφέρθηκε και στη προηγούμενη ενότητα, η βαθμίδα της εξόδου είναι πάλι ένας ακόλουθος εκπομπού με αντίσταση εκπομπού της τάξης των 10K, πολωμένη από την πηγή των 4,5V. Το τρανζίστορ που χρησιμοποιήθηκε εδώ είναι πάλι το MPSA18, του οποίου η χρήση έγινε και στο buffer της εισόδου και ισχύουν τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά.



Εικόνα 12: Έξοδος buffer του κυκλώματος

2.5.1 DC ανάλυση κυκλώματος βαθμίδας εξόδου

Στην ενότητα 2.5.1 εξετάσαμε το κύκλωμα της βαθμίδας εισόδου. Σε αυτή την ενότητα θα γίνει η ίδια ακριβώς ανάλυση της βαθμίδας εξόδου.

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_E}$$

Τώρα θα υπολογίσουμε το ρεύμα της βάσης από την σχέση 1:

$$I_B = \frac{4,5V - 0,7V}{511K + (300 + 1)10K} = 1,079 \mu A$$

Η τάση στη βάση του τρανζίστορ δίνεται από την σχέση 2:

$$V_B = V_{BB} - I_B R_B$$

Αντικαθιστώντας όπου $V_{BB} = 4,5V$ τα οποία εισέρχονται στην αντίσταση R_B ισχύει ότι η σχέση 2 ισούται με 3,95V.

Η τάση του εκπομπού δίνεται από την σχέση 3:

$$V_E = V_B - V_{BE}$$

Άρα η τάση στον εκπομπό θα είναι 3,249V

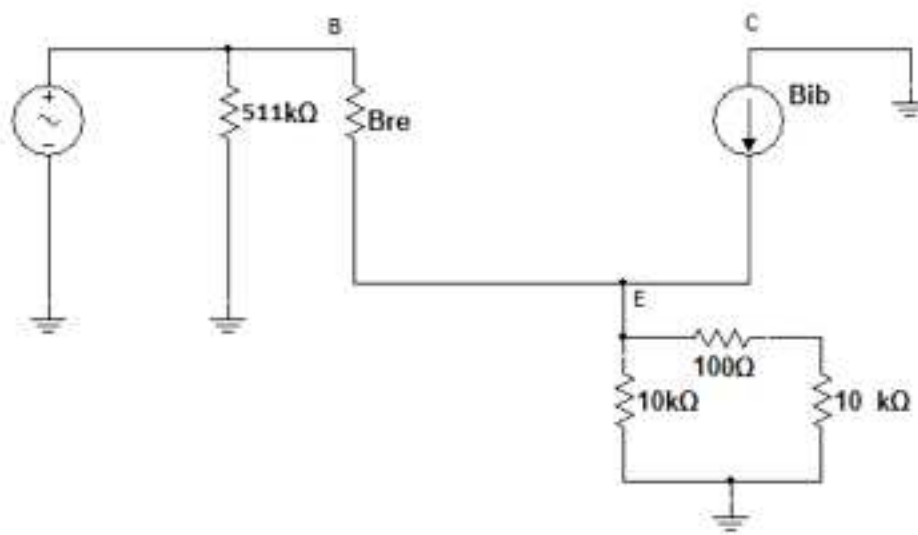
Από την σχέση 4:

$$I_E = \frac{V_E}{R_E}$$

Οπότε το ρεύμα του εκπομπού είναι $I_E = 0,32 mA$

2.5.2 AC ανάλυση κυκλώματος βαθμίδας εξόδου

Η διαδικασία που ακολουθήσαμε είναι ίδια με εκείνη της ενότητας 2.5.3, δηλαδή της AC ανάλυσης της βαθμίδας εισόδου και ισχύουν οι ίδιες σχέσεις. Το ισοδύναμο κύκλωμα της βαθμίδας εξόδου παρουσιάζεται στη παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 13: Ισοδύναμο κύκλωμα buffer εξόδου

Οπότε,

Και εδώ ισχύει ότι κάθε αντίσταση στον εκπομπό εμφανίζεται στη βάση β φορές μεγαλύτερη και άρα ισχύει η σχέση 9, δηλαδή:

$$r_{ac} = \beta r_e$$

Η AC αντίσταση της επαφής εκπομπού δίνεται από την σχέση 6:

$$r_e = \frac{25mV}{I_E}$$

Άρα από την σχέση 6 η τιμή της αντίστασης επαφής εκπομπού θα είναι 78Ω

Η σχέση 7 μας δίνει την σύνθετη αντίσταση εισόδου της βάσης:

$$Z_{in}(Base) = \beta(r_L + r_e)$$

Αλλά για τον υπολογισμό της σύνθετης αντίστασης της εισόδου θα πρέπει να υπολογίσουμε το συνολικό R_L , το οποίο δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$R_L = R_{13} + R_{14} // R_{15}$$

Άρα στη περίπτωση μας $R_L = 9,1 \text{ K}\Omega$

Και από την σχέση 7, η σύνθετη αντίσταση εισόδου της βάσης θα είναι $1,529 \text{ M}\Omega$

Η τιμή της σύνθετης αντίστασης εισόδου της βαθμίδας υπολογίζεται από την σχέση 8:

$$Z_{in} = R_1 + R_2 // Z_{in}$$

Οπότε η τιμή της σύνθετης αντίστασης εισόδου της βαθμίδας ισούται με $389 \text{ K}\Omega$.

Η σύνθετη αντίσταση εξόδου τώρα υπολογίζεται από την σχέση 9 η οποία φαίνεται παρακάτω:

$$Z_{out} = r_e + \frac{R_2}{\beta} // R_L$$

Άρα η σύνθετη αντίσταση εξόδου ισούται με 1609Ω

Το κέρδος τάσης του κυκλώματος υπολογίζεται από την σχέση 10:

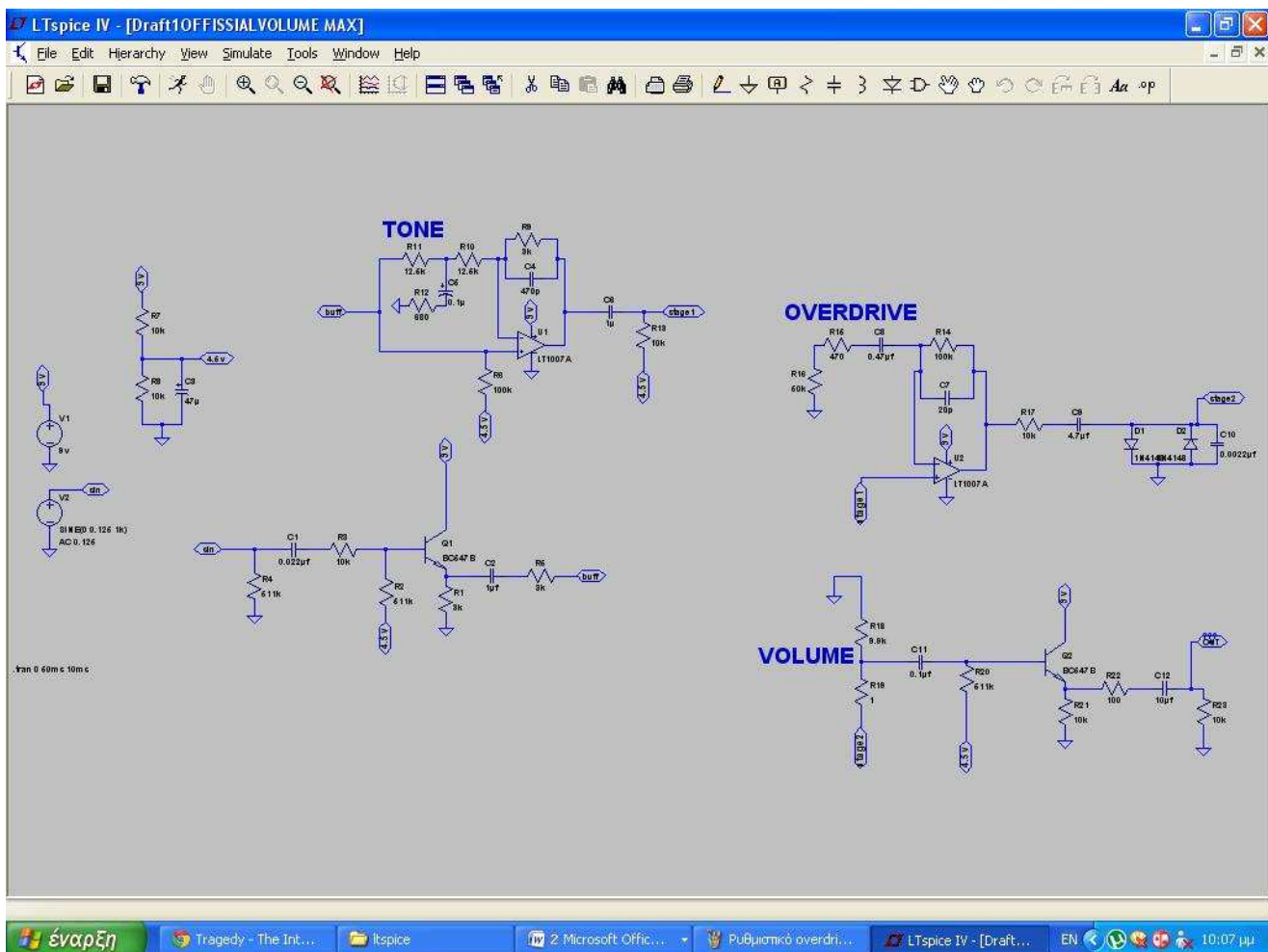
$$A = \frac{R_L}{R_L + r_e}$$

Οπότε το κέρδος τάσης θα ισούται με $A = 0,99$.

3 Εξομοίωση του κυκλώματος στο λογισμικό

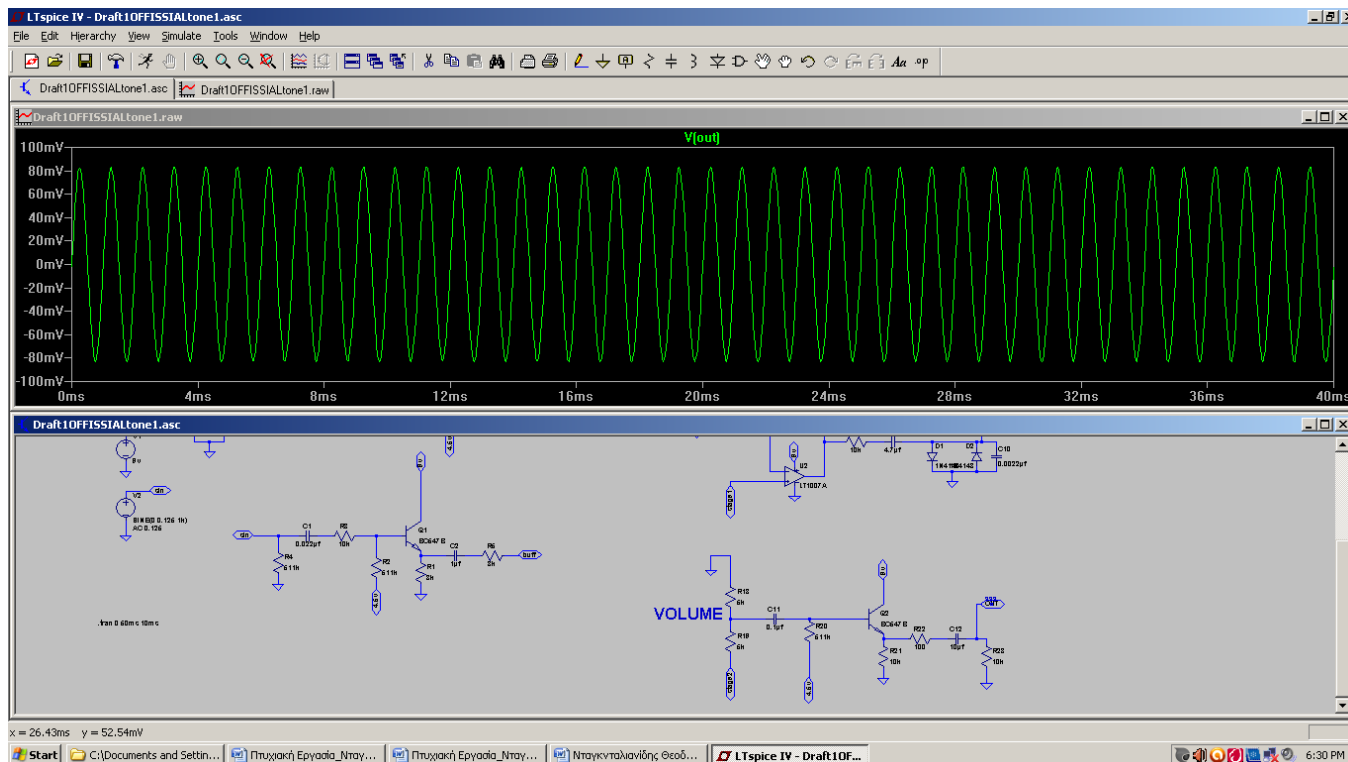
Η εφαρμογή που χρησιμοποιήθηκε για την εξομοίωση του κυκλώματος overdrive είναι το LTspice. Πρόκειται για μια δωρεάν εφαρμογή λογισμικού προσομοίωσης ηλεκτρονικών κυκλωμάτων, κατασκευασμένο από την εταιρία Linear Technology. Το LTspice παρέχει το σχεδιαστικό μέρος ενός κυκλώματος και την προβολή της κυματομορφής.

Το σχέδιο του κυκλώματος παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 14: Το κύκλωμα της κατασκευής overdrive, σχεδιασμένο στο λογισμικό LTspice

Αρχικά πραγματοποιήθηκε έλεγχος για την γενική συχνοτική απόκριση με τα ρυθμιστικά του κυκλώματος tone μεσαία θέση, volume μεσαία θέση καθώς και overdrive στο min. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στις παρακάτω εικόνες, καθώς και στις μετρήσεις που έγιναν.



Εικόνα 15: Το κύκλωμα του Overdrive με τα ρυθμιστικά Tone στη μεσαία θέση, Volume μεσαία θέση και Overdrive στο min στα 100Hz.

Στον πίνακα 1 που ακολουθεί φαίνονται οι μετρήσεις από τον έλεγχο της κυματομορφής του κυκλώματος overdrive στο λογισμικό LTspice με τα ρυθμιστικά tone στη μεσαία θέση, volume στη μεσαία θέση και overdrive στη min θέση.

Ο υπολογισμός των dB, έγινε σύμφωνα με την σχέση:

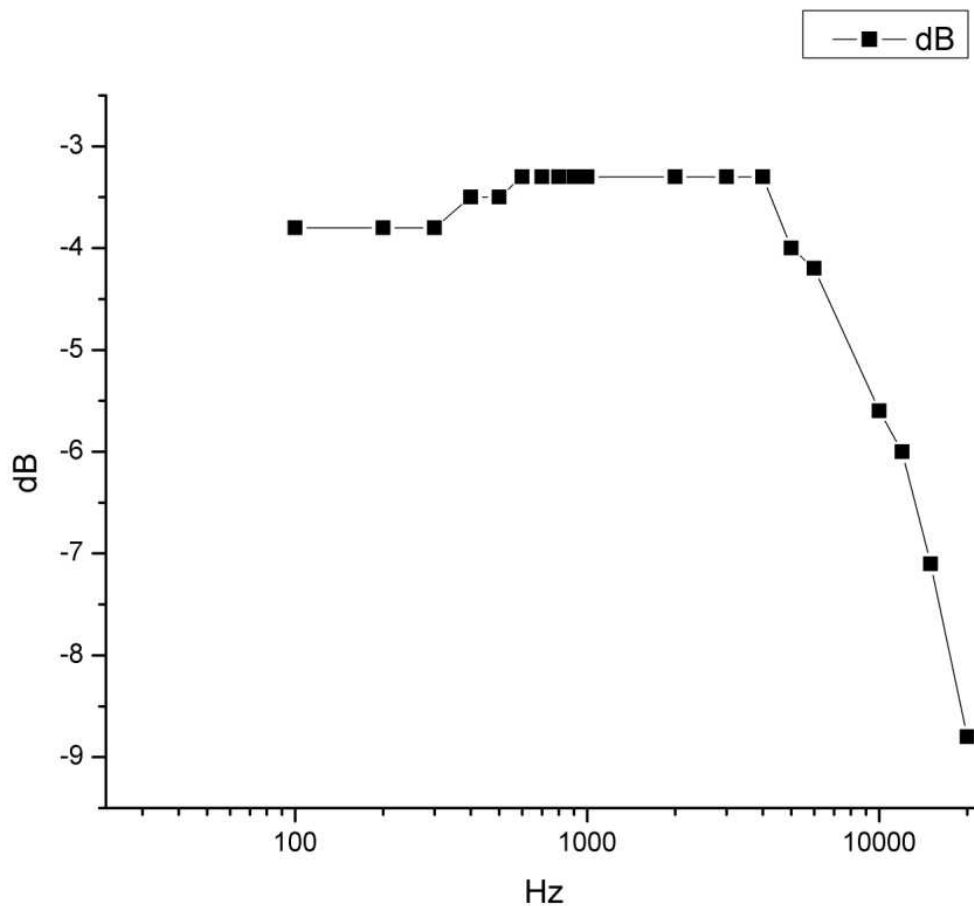
$$20\log\left(\frac{V_{out}}{V_{in}}\right)$$

Το σήμα εισόδου ήταν σταθερό στα 125mV p.p για συχνότητες από 100-20.000 Hz.

F (Hz)	Vin (mV)	Vout (mV)	dB
100	125	80	-3,8
200	125	80	-3,8
300	125	80	-3,8
400	125	83	-3,5
500	125	83	-3,5
600	125	85	-3,3
700	125	85	-3,3
800	125	85	-3,3
900	125	85	-3,3
1000	125	85	-3,3
2000	125	85	-3,3
3000	125	85	-3,3
4000	125	85	-3,3
5000	125	78	-4
6000	125	77	-4,2
10000	125	65	-5,6
12000	125	62	-6
15000	125	55	-7,1
20000	125	45	-8,8

Πίνακας 1: Υπολογισμός της γενικής συχνοτικής απόκρισης του κυκλώματος με τα ρυθμιστικά του κυκλώματος Tone στη μέση, Volume στη μέση, Overdrive στο min

Σε αυτό το σημείο παρουσιάζεται το γράφημα με άξονες $x = \text{Hz}$, $y = \text{dB}$, βάση του πίνακα 1



Γραφική Παράσταση 1: Γενική συχνοτική απόκριση του κυκλώματος

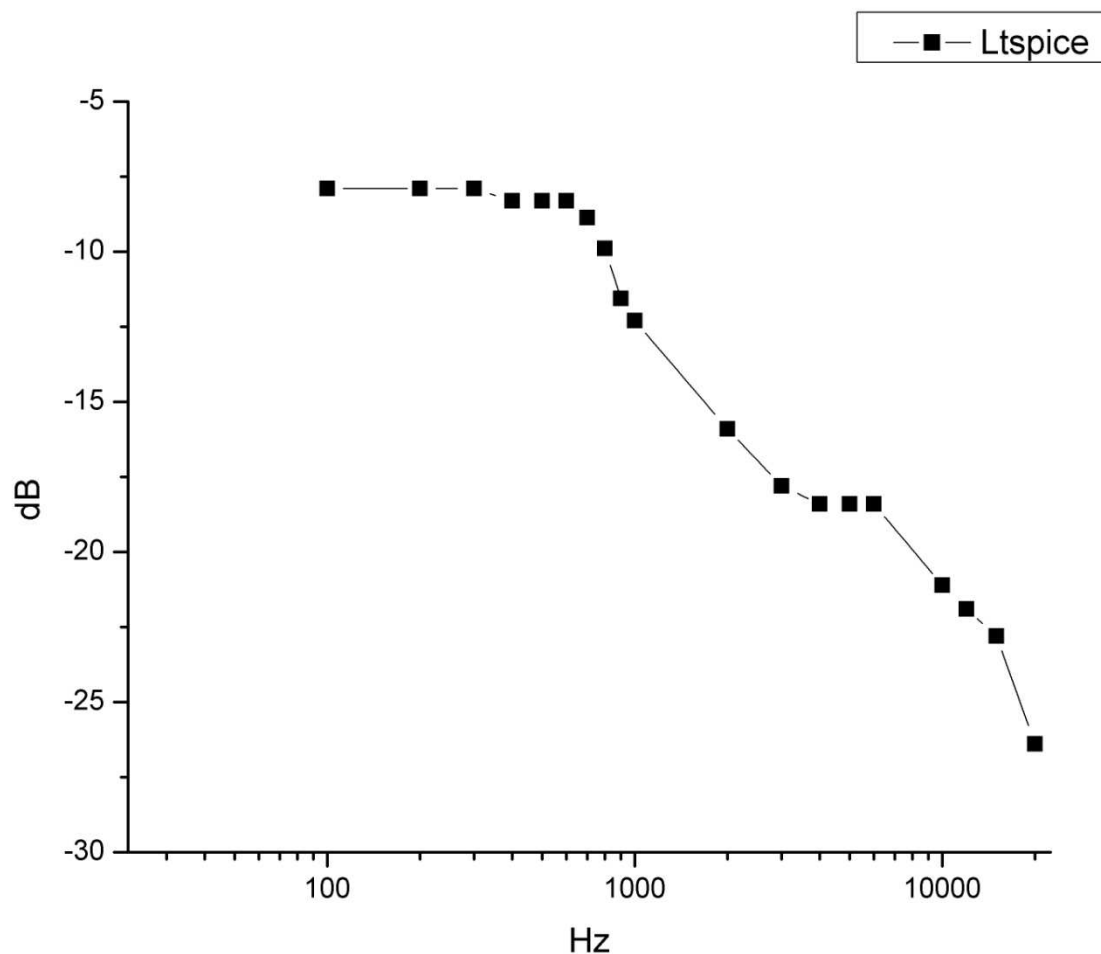
Με την βοήθεια του γραφήματος παρατηρούμε ότι η απολαβή (σε dB) παραμένει ίδια ανάμεσα στις συχνότητες 600 έως 4000Hz (το λεγόμενο και ως «πλατώ» της συχνοτικής απόκρισης) και δίνοντας σήμα μεγαλύτερης συχνότητας από τη γεννήτρια μειώνεται αισθητά. Βλέπουμε μια απότομη μείωση μετά τα 4000 Hz, διότι η τιμή της αντίστασης εισόδου τις βαθμίδας tone βρίσκεται στη μεσαία τιμή της, με αποτέλεσμα να μην επιτρέπει σε όλο το σήμα να εισέλθει, κόβοντας έτσι κατά 3dB τις χαμηλές συχνότητες και κατά 5 με 6dB τις υψηλές. Η υψηλή συχνότητα αποκοπής (δηλαδή η συχνότητα στην οποία η απολαβή πέφτει κατά -3 dB από τη σταθερή τιμή του «πλατώ») βρίσκεται περίπου στα 13.000 Hz.

Στον πίνακα 2 φαίνονται οι μετρήσεις από τον έλεγχο της κυματομορφής του κυκλώματος overdrive με τα ρυθμιστικά tone στο min volume στη μέση και overdrive στο min, στο λογισμικό LTspice.

Πίνακας 2: Υπολογισμός τιμών κυκλώματος με είσοδο 125mV p.p με τα ρυθμιστικά Tone στο min, Volume στη μέση και Overdrive min

F (Hz)	Vin (mV)	Vout (mV)	dB
100	125	50	-7.9
200	125	50	-7.9
300	125	50	-7.9
400	125	48	-8.3
500	125	48	-8.3
600	125	48	-8,3
700	125	45	-8.87
800	125	40	-9.89
900	125	33	-11.56
1000	125	30	-12.3
2000	125	20	-15.9
3000	125	16	-17.8
4000	125	15	-18.4
5000	125	15	-18,4
6000	125	15	-18,4
10000	125	11	-21.1
12000	125	10	-21.9
15000	125	9	-22.8
20000	125	6	-26.4

Σε αυτό το σημείο παρουσιάζεται το γράφημα με άξονες $x = \text{Hz}$, $y = \text{dB}$, βάση του πίνακα 2.



Γραφική Παράσταση 2: Συχνοτική απόκριση για tone στο min

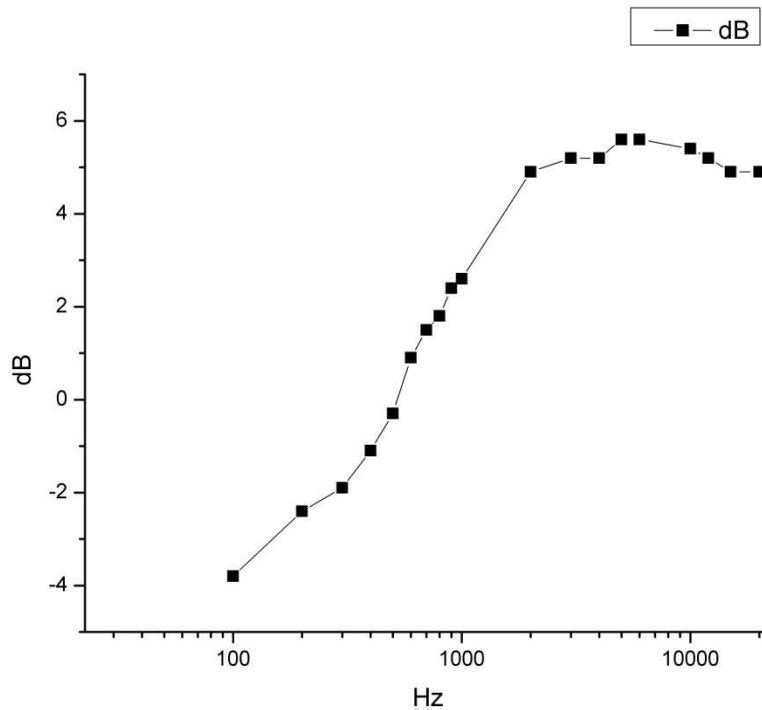
Από το παραπάνω γράφημα, είναι εύκολο να κατανοήσουμε την μείωση της απολαβής (dB) καθώς η συχνότητα αυξάνεται. Παρατηρούμε ότι το «πλατώ» (δηλ. η σταθερή τιμή της απολαβής) βρίσκεται περίπου στα -7,9 dB και εκτείνεται ανάμεσα στις συχνότητες 100 και περίπου 700Hz. Η συχνότητα αποκοπής f_c βρίσκεται περίπου στα 900 Hz. Βλέπουμε επίσης ότι οι υψηλές συχνότητες έχουν μεγάλη μείωση διότι η αντίσταση του ποτενσιόμετρου είναι στη μεγαλύτερη της τιμή όταν το ρυθμιστικό tone βρίσκεται στη min θέση, με αποτέλεσμα να μην τονίζονται καθόλου οι υψηλές συχνότητες επειδή το σήμα μας δεν μπαίνει στη βαθμίδα ελέγχου του τόνου.

Έπειτα στον πίνακα 3 παρουσιάζονται οι μετρήσεις από τον έλεγχο της κυματομορφής του κυκλώματος overdrive με τα ρυθμιστικά tone στο max volume στη μέση και overdrive στο min , στο λογισμικό LTspice.

Πίνακας 3: Υπολογισμός τιμών κυκλώματος με είσοδο 125mV p.p με τα ρυθμιστικά Tone στο max, Volume στη μέση και Overdrive min

F (Hz)	Vin (mV)	Vout (mV)	dB
100	125	80	-3,8
200	125	94	-2,4
300	125	100	-1,9
400	125	110	-1,1
500	125	120	-0,3
600	125	140	0,9
700	125	150	1,5
800	125	155	1,8
900	125	165	2,4
1000	125	170	2,6
2000	125	220	4,9
3000	125	230	5,2
4000	125	230	5,2
5000	125	240	5,6
6000	125	240	5,6
10000	125	235	5,4
12000	125	230	5,2
15000	125	220	4,9
20000	125	220	4,9

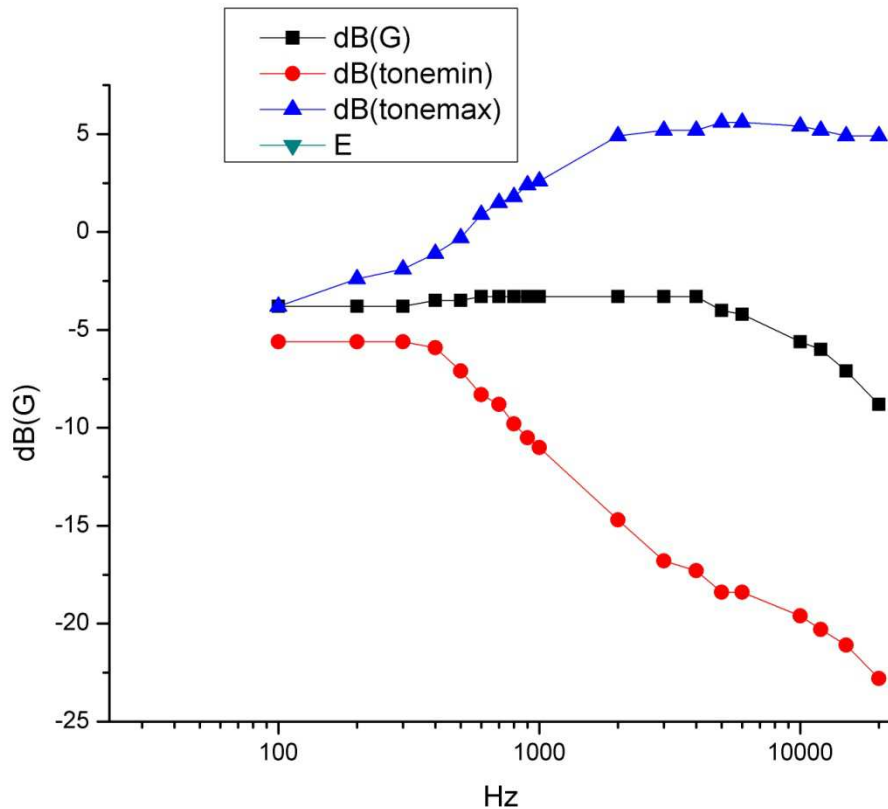
Σε αυτό το σημείο παρουσιάζεται το γράφημα με άξονες $x = \text{Hz}$, $y = \text{dB}$, βάση του πίνακα 3



Γραφική Παράσταση 3: Συχνотική απόκριση για tone στο max

Συγκρίνοντας τα δύο προηγούμενα γραφήματα, παρατηρούμε ότι σε αυτή την κατάσταση των ρυθμιστικών του κυκλώματος overdrive, αυξάνοντας την συχνότητα της γεννήτριας η απολαβή (σε dB) έχει μια αύξουσα κατεύθυνση, μια συμπεριφορά δηλαδή που θυμίζει υψηλοπερατό φίλτρο. Η σταθεροποίηση της απολαβής («πλατώ») συμβαίνει περίπου στα 2 KHz με τιμή περίπου 5 dB. Παρατηρούμε βέβαια μια ελαφριά μείωση της απολαβής περίπου στα 7.000 Hz η οποία όμως θεωρείται μέσα στα πλαίσια της πειραματικής απόκλισης. Η συχνότητα αποκοπής είναι περίπου 400Hz. Σε αυτή τη κατάσταση του ρυθμιστικού μας που η αντίσταση εισόδου της βαθμίδας ελέγχου του τόνου θα είναι πολύ μικρή, το σήμα μας θα εισερχεται στη βαθμίδα και θα ενισχύονται κυρίως οι υψηλές συχνότητες.

Τέλος παρουσιάζεται η σύγκριση των τριών γραφημάτων που αποτυπώνεται στο παρακάτω γράφημα με άξονες $x = \text{Hz}$, $y = \text{dB}$



Γραφική Παράσταση 4: Σύγκριση συχνοτικών αποκρίσεων

Η μαύρη γραμμή αντιστοιχεί στο πρώτο γράφημα (*γραφική 1*) του κυκλώματος, με τα ρυθμιστικά *tone* και *volume* στη μεσαία θέση και *overdrive* στο *min*, μας δείχνει τη γενική συχνοτική απόκριση. Η κόκκινη γραμμή αντιστοιχεί στο δεύτερο γράφημα (*γραφική 2*) με τα ρυθμιστικά *tone* στο *min*, *volume* στη μέση και *overdrive* στο *min*, μας δείχνει την συχνοτική απόκριση όταν το ρυθμιστικό *tone* είναι στη θέση *min*. Τέλος, η μπλέ γραμμή αντιστοιχεί στο τελευταίο γράφημα (*γραφική 3*) όπου βλέπουμε ότι το σήμα μας ενισχύεται σε αντίθεση με τις δυο προηγούμενες καταστάσεις, διότι η αντίσταση εισόδου τις βαθμίδας είναι πολύ μικρή και επιτρέπει στο σήμα να εισέλθει με αποτέλεσμα να τονιστούν (αυξηθούν) κατά βάση οι υψηλές συχνότητες.

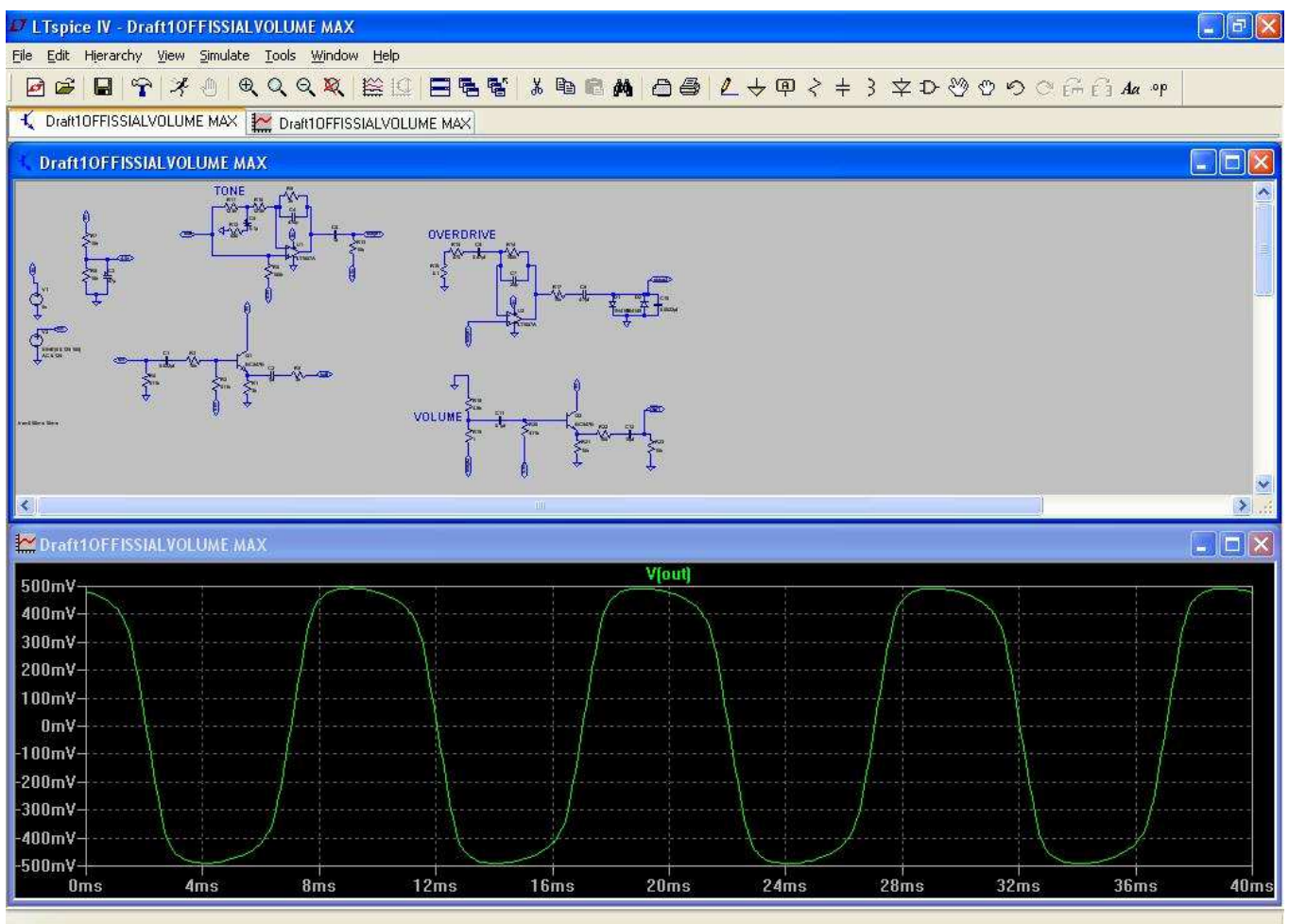
Το κύκλωμα επίσης ελέγχθηκε στο λογισμικό LTspice στις παρακάτω καταστάσεις του:

- Στην *maximum* θέση του ρυθμιστικού *overdrive* με είσοδο 125mV p.p και συχνότητα 300Hz, με τα ρυθμιστικά *Tone* και *Volume* σταθερά στη μεσαία θέση.
- Στην *maximum* θέση του ρυθμιστικού *overdrive* με είσοδο 125mV p.p και συχνότητα 1KHz, με τα ρυθμιστικά *Tone* και *Volume* σταθερά στη μεσαία θέση.

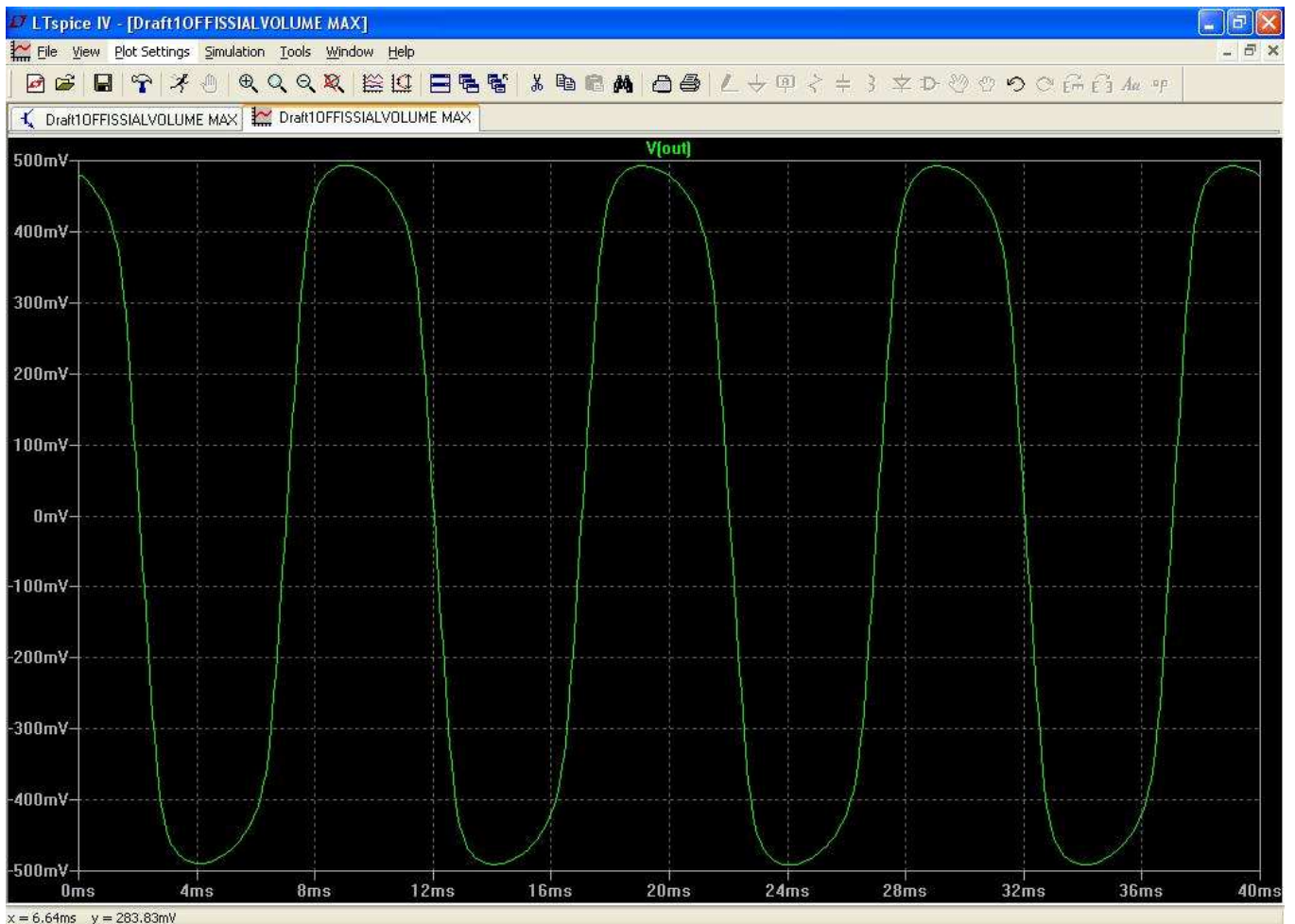
- Στην μεσαία θέση του ρυθμιστικού overdrive με είσοδο 125mV p.p και συχνότητα 300Hz, με τα ρυθμιστικά Tone και Volume σταθερά στη μεσαία θέση.
- Στην μεσαία θέση του ρυθμιστικού overdrive με είσοδο 125mV p.p και συχνότητα 1KHz, με τα ρυθμιστικά Tone και Volume σταθερά στη μεσαία θέση.

3.1 Εξέταση συμπεριφοράς ρυθμιστικού overdrive στη MAX θέση με είσοδο 125mV p.p και συχνότητα 300Hz

Στον έλεγχο που πραγματοποιήθηκε στην maximum θέση του ρυθμιστικού overdrive, έγινε με είσοδο 125mV και συχνότητα 300Hz. Σε αυτό το σημείο το κύκλωμα ξεκινάει να ψαλιδίζει. Ο ελαφρός αυτός ψαλιδισμός (soft clipping) φαίνεται στις εικόνες που εμφανίζονται παρακάτω όπου παρατηρούμε την κυματομορφή εξόδου του κυκλώματος στο λογισμικό LTspice.



Εικόνα 16: Το κύκλωμα overdrive με είσοδο 125mV και συχνότητα 300Hz σχεδιασμένο στο λογισμικό LTspice

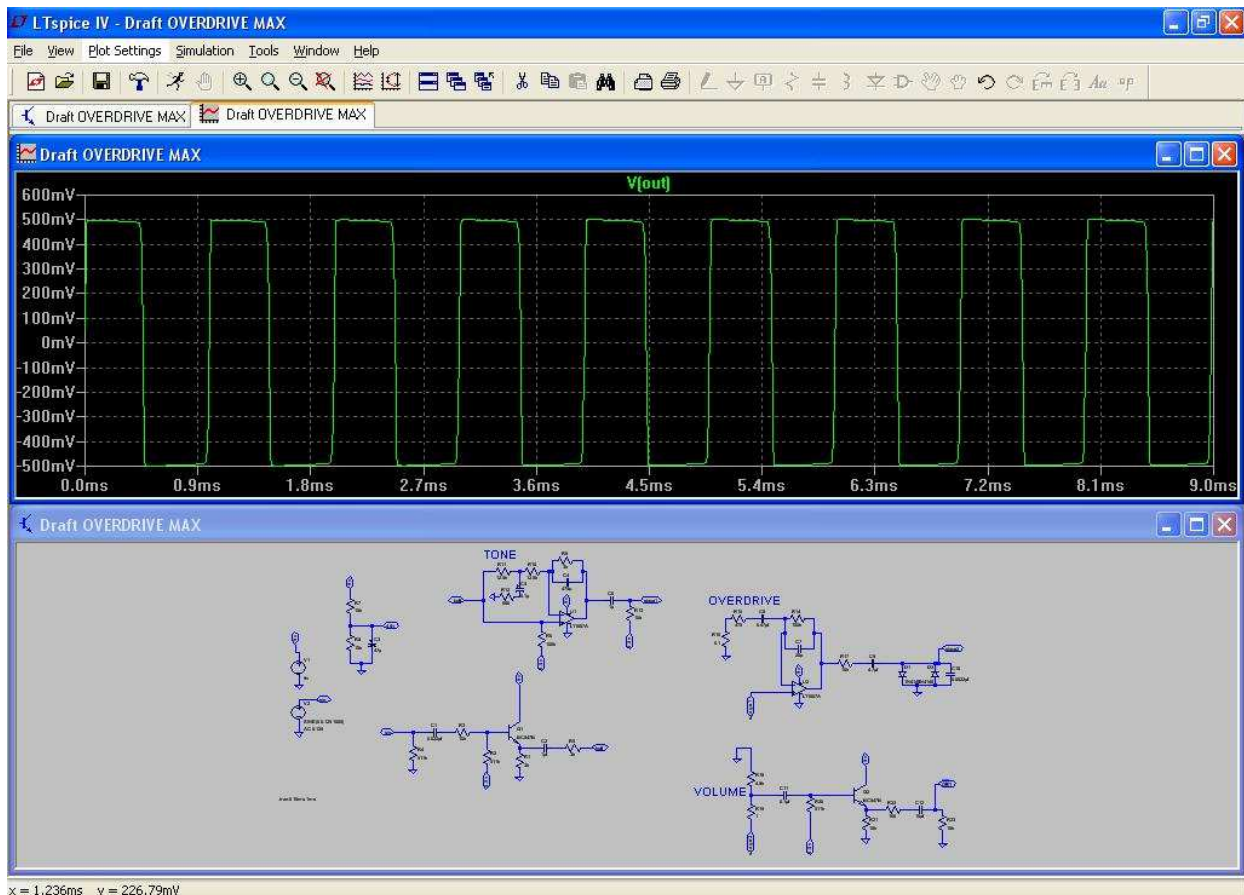


Εικόνα 17: Η κυματομορφή του κυκλώματος overdrive με είσοδο 125mV και συχνότητα 300Hz

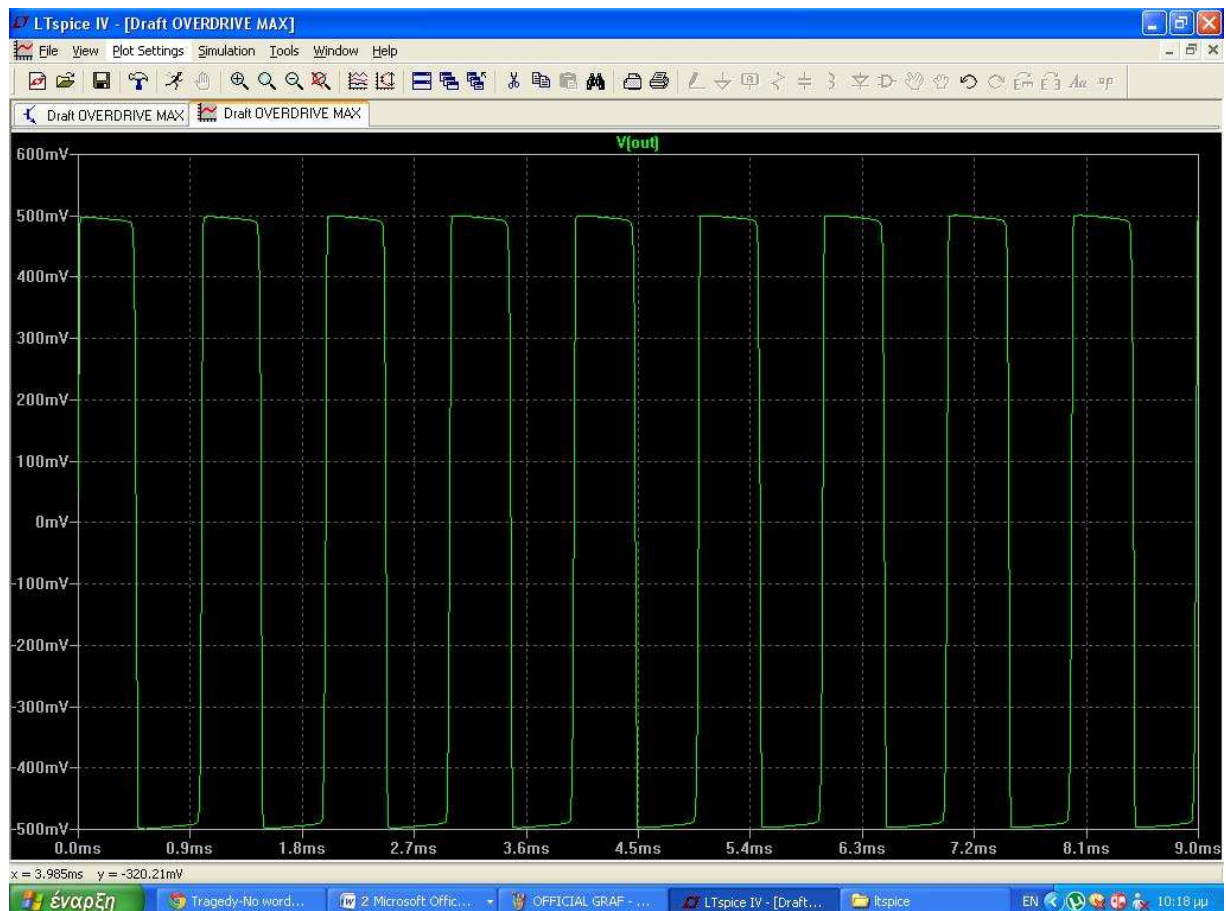
Από την Εικόνα 17, παρατηρούμε ότι η έξοδος είναι 500 mV p.p και πως το κύκλωμα είναι στην φάση ψαλιδισμού.

3.2 Εξέταση συμπεριφοράς ρυθμιστικού overdrive στη MAX με είσοδο 125mV p.p και συχνότητα 1000Hz

Στον έλεγχο που πραγματοποιήθηκε στην maximum θέση του ρυθμιστικού overdrive, έγινε με είσοδο 125mV και συχνότητα 1000Hz. Σε αυτό το σημείο παρατηρείται εντονότερα ο ψαλιδισμός του κυκλώματος, αφού βλέπουμε πως η κυματομορφή εξόδου τείνει περισσότερο προς τετραγωνικό παλμό παρά προς ημιτονικό. Στις εικόνες που εμφανίζονται παρακάτω παρατηρούμε την κυματομορφή εξόδου του κυκλώματος στο λογισμικό LTspice.



Εικόνα 18: Η κυματομορφή του κυκλώματος overdrive με είσοδο 125mV και συχνότητα 1000Hz



Εικόνα 19: Η κυματομορφή του κυκλώματος overdrive με είσοδο 125mV και συχνότητα 1000Hz

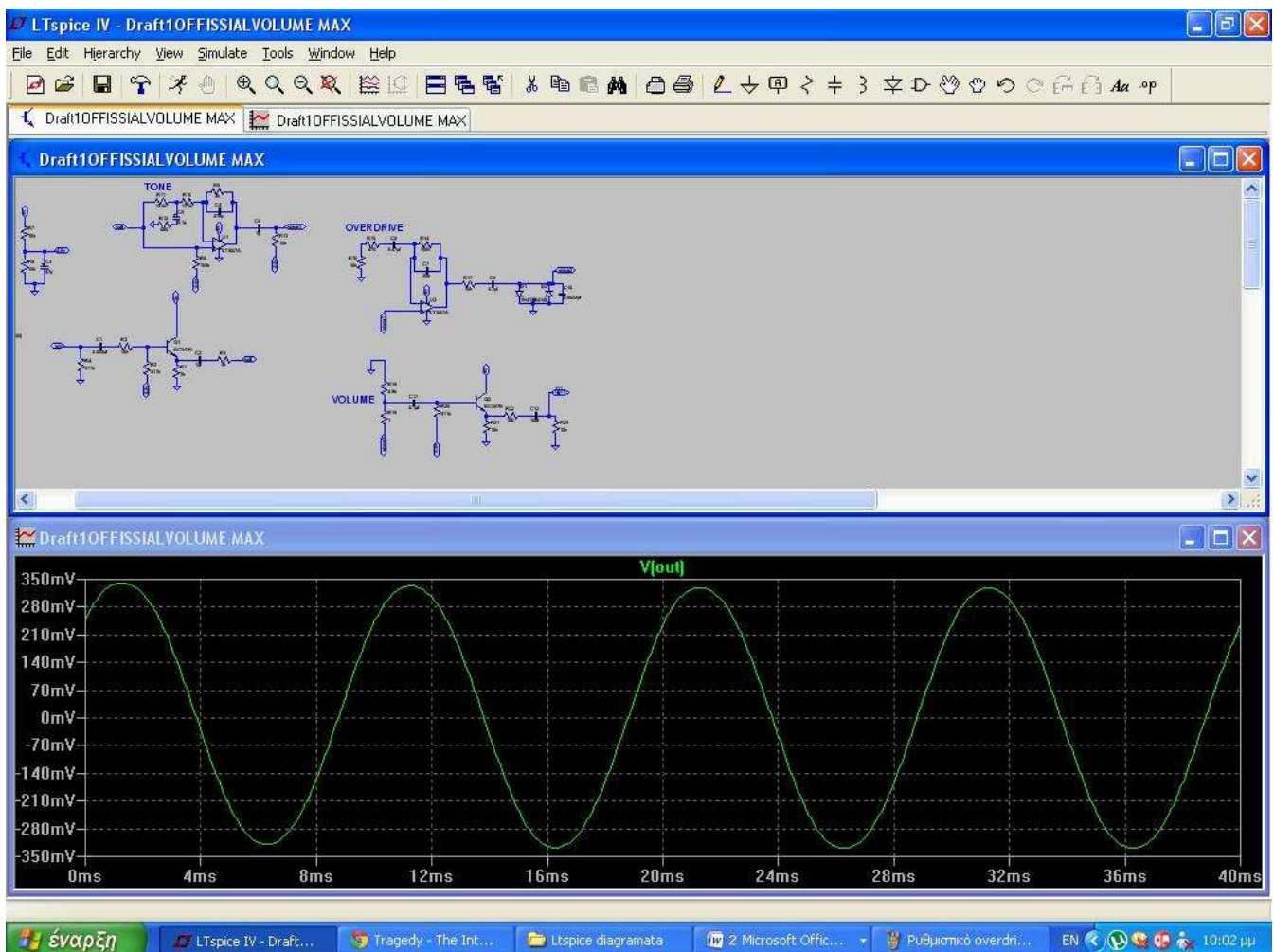
Από την Εικόνα 19, παρατηρούμε ότι η έξοδος είναι 500 mV p.p και πως το κύκλωμα είναι στην φάση ψαλιδισμού.

Επίσης το κύκλωμα ελέγχθηκε στο λογισμικό LTspice στις παρακάτω καταστάσεις του:

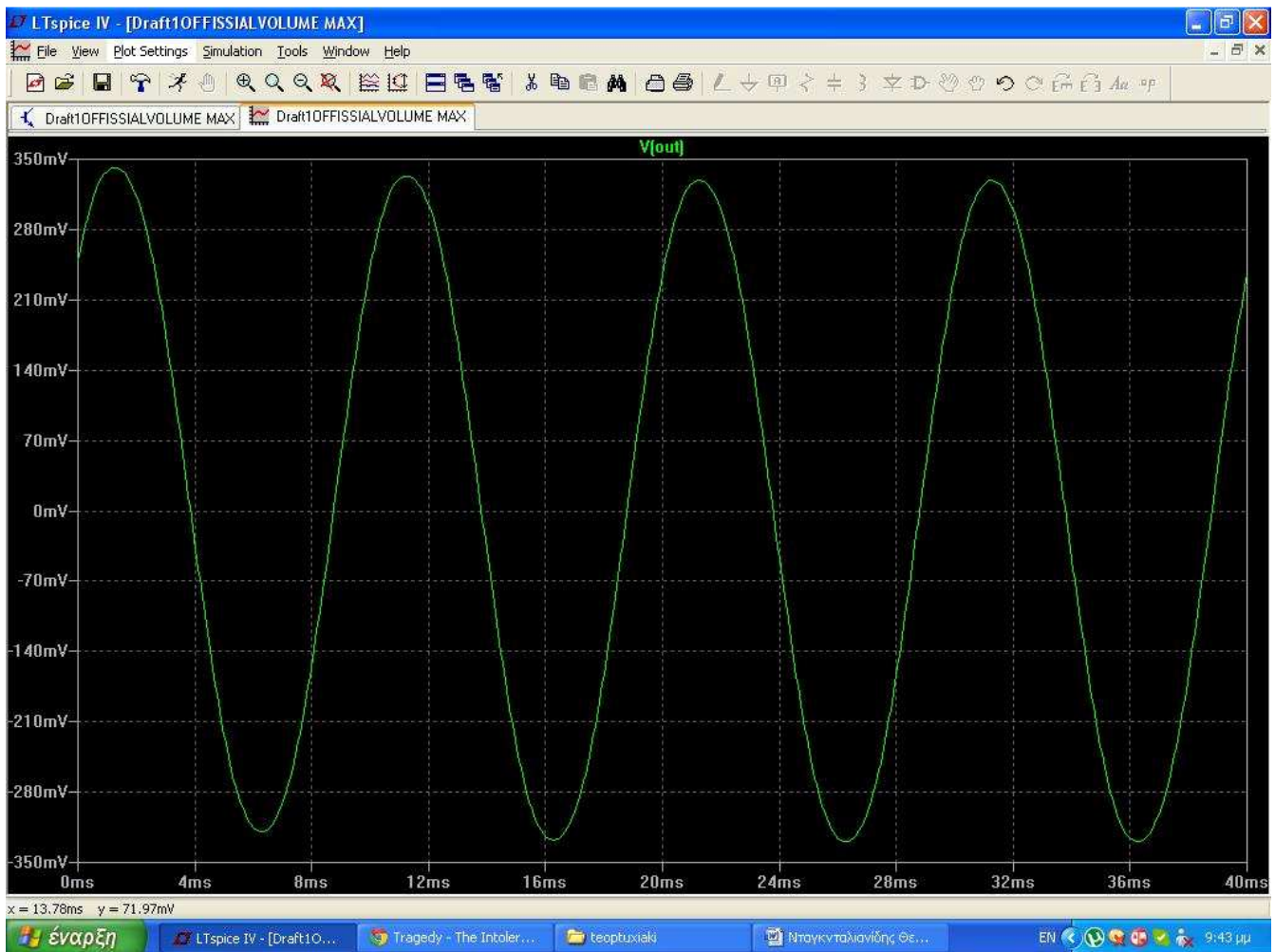
- Στην μεσαία θέση του ρυθμιστικού overdrive με είσοδο 125mV p.p και συχνότητα 300Hz
- Στην μεσαία θέση του ρυθμιστικού overdrive με είσοδο 125mV p.p και συχνότητα 1KHz

3.3 Εξέταση συμπεριφοράς ρυθμιστικού overdrive στη μεσαία θέση με είσοδο 125mV p.p και συχνότητα 300Hz

Στον έλεγχο που πραγματοποιήθηκε στη μεσαία θέση του ρυθμιστικού overdrive, έγινε με είσοδο 125mV και συχνότητα 300Hz. Σε αυτό το σημείο το κύκλωμα δεν ψαλιδίζει. Στις εικόνες που εμφανίζονται παρακάτω παρατηρούμε την κυματομορφή εξόδου του κυκλώματος στο λογισμικό LTspice.



Εικόνα 20: Η κυματομορφή του κυκλώματος overdrive με είσοδο 125mV και συχνότητα 300Hz

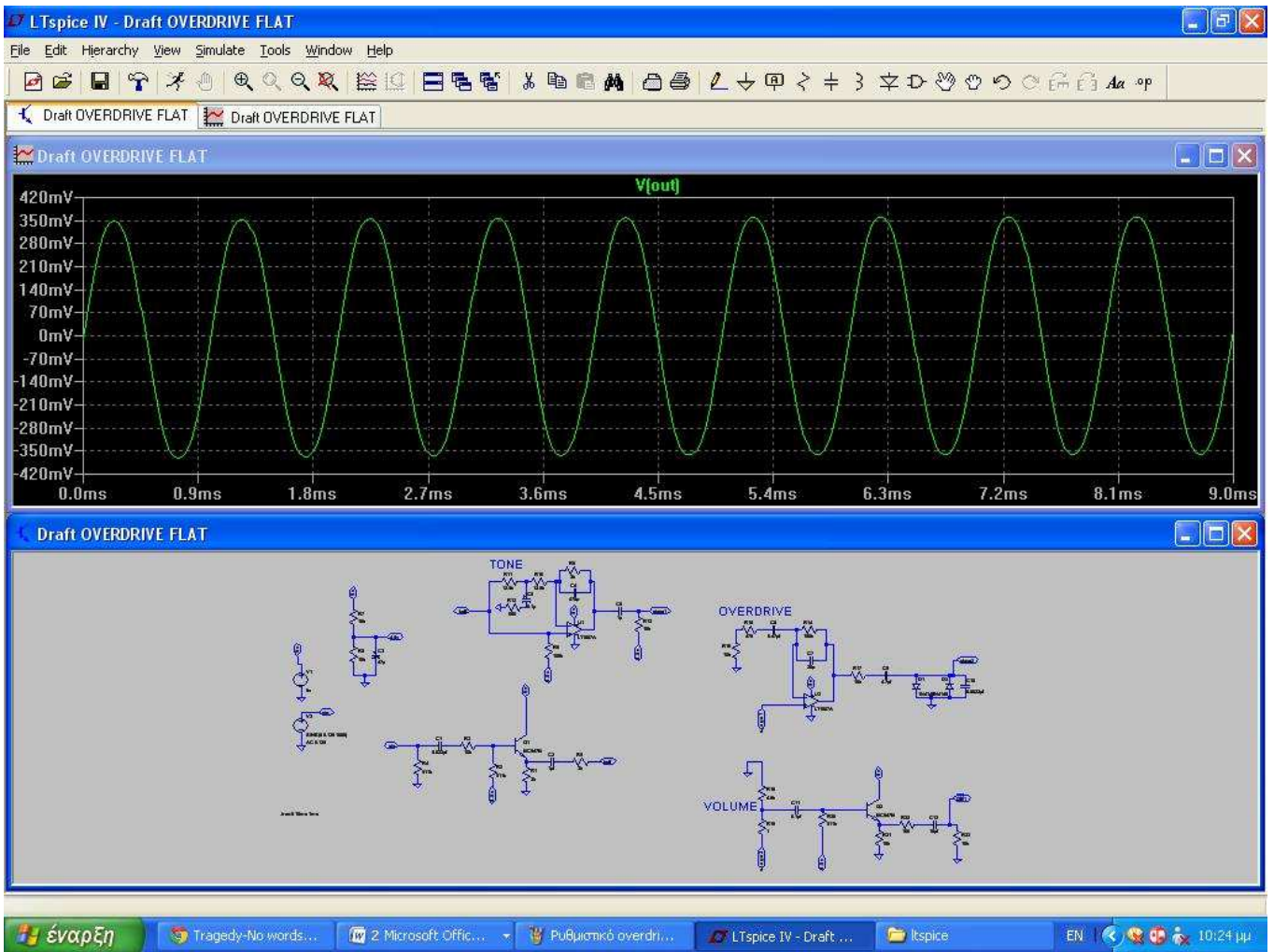


Εικόνα 21: Η κυματομορφή του κυκλώματος overdrive με είσοδο 125mV και συχνότητα 300Hz

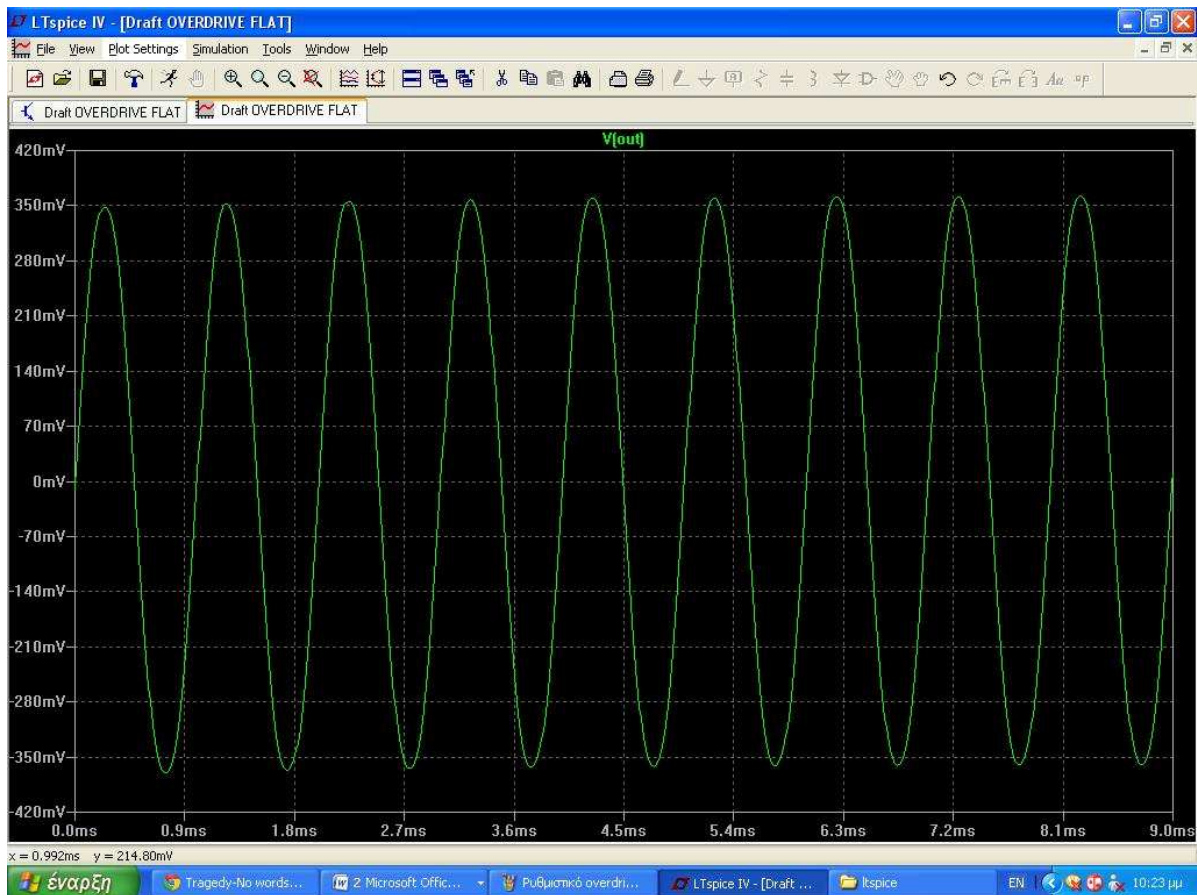
Από την Εικόνα 21, παρατηρούμε ότι η έξοδος είναι 350 mV p.p και πως το κύκλωμα δεν είναι στην φάση ψαλιδισμού.

3.4 Εξέταση συμπεριφοράς ροθμιστικού overdrive στη μεσαία θέση με είσοδο 125mV p.p και συχνότητα 1000Hz

Στον έλεγχο που πραγματοποιήθηκε στη μεσαία θέση του ρυθμιστικού overdrive, έγινε με είσοδο 125mV και συχνότητα 1000Hz. Σε αυτό το σημείο βλέπουμε επίσης οτι το κύκλωμα δεν ψαλιδίζει ακόμα. Στις εικόνες που εμφανίζονται παρακάτω παρατηρούμε την κυματομορφή εξόδου του κυκλώματος στο λογισμικό LTspice.



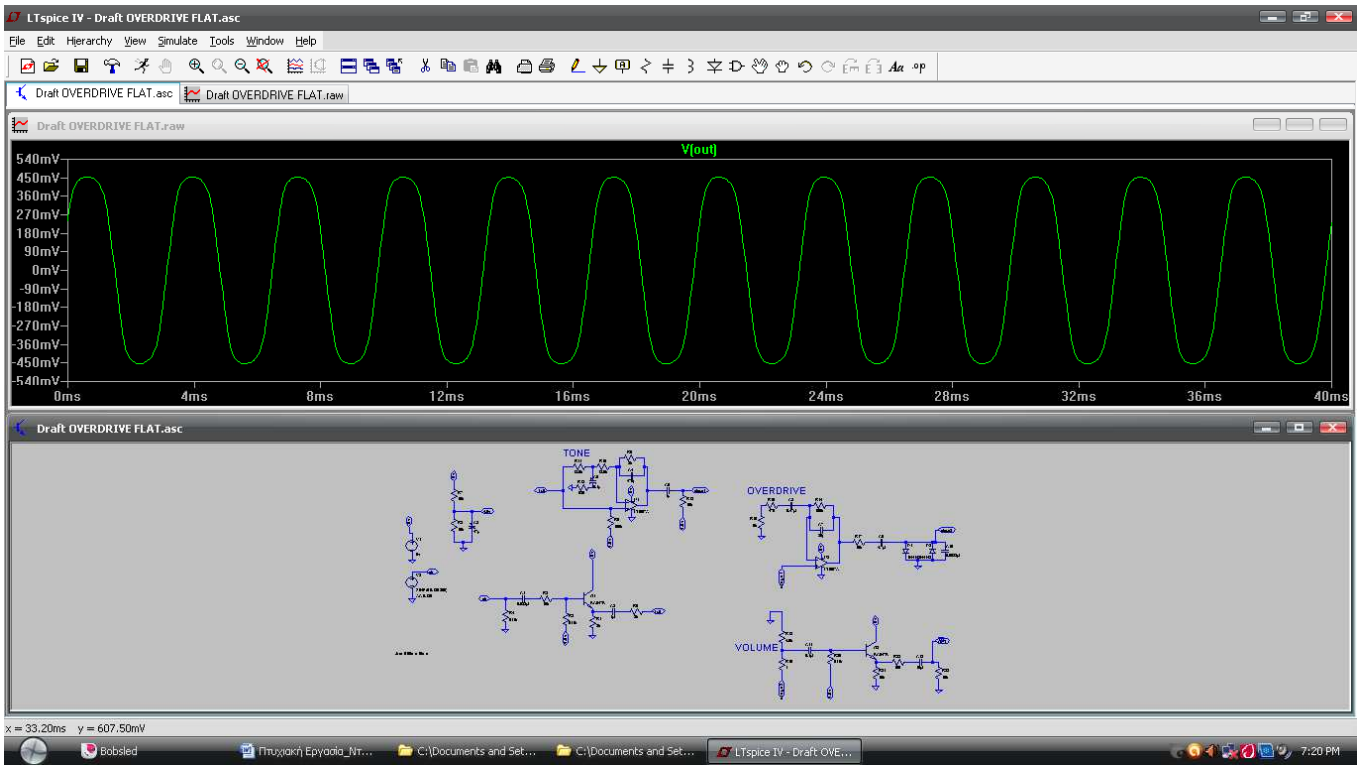
Εικόνα 22: Η κυματομορφή του κυκλώματος overdrive με είσοδο 125mV και συχνότητα 1000Hz



Εικόνα 23: Η κυματομορφή του κυκλώματος overdrive με είσοδο 125mV και συχνότητα 1000Hz

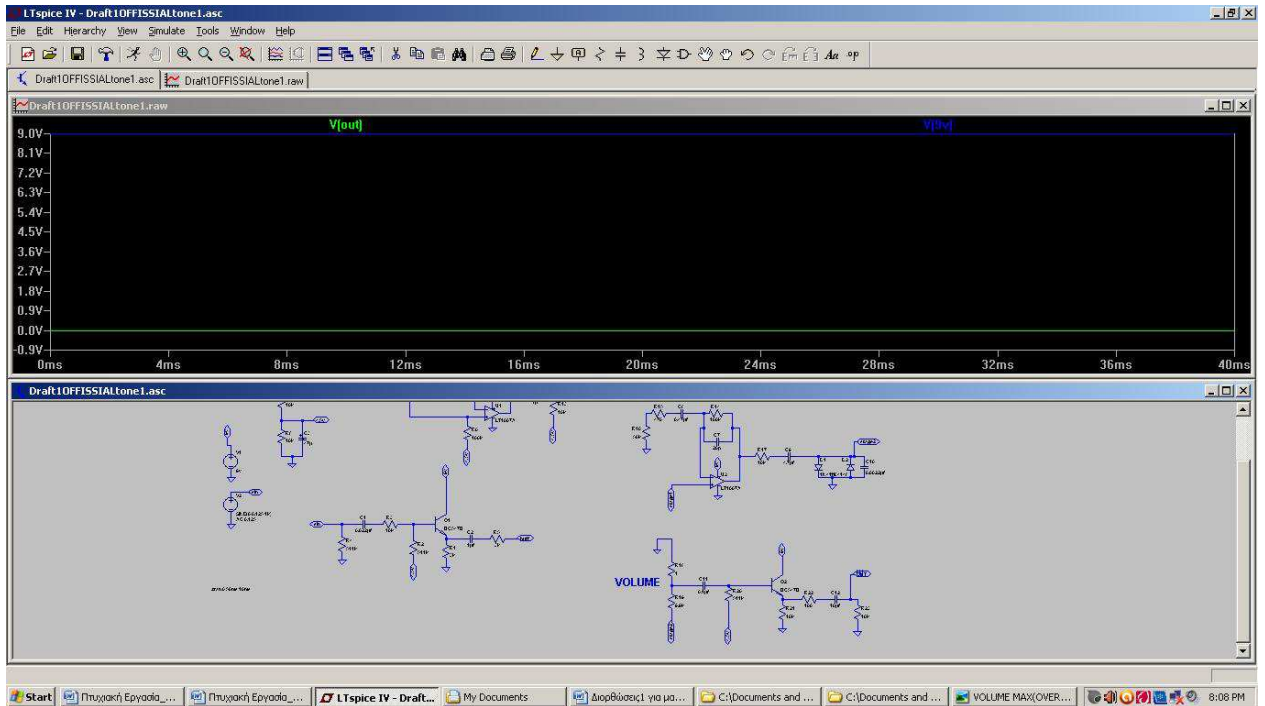
Από την εικόνα 23, παρατηρούμε ότι η έξοδος είναι 350 mV p.p και πως το κύκλωμα δεν είναι στην φάση ψαλιδισμού.

Απ'ότι παρατηρούμε απο τις εικόνες 23 ,21,19 και 17 το συμπέρασμα που βγάζουμε σχετικά με την υπεροδήγηση του κυκλώματος μας, είναι ότι και για τις δύο συχνότητες 300Hz και 1KHZ το σημείο αναφοράς για το ψαλιδισμό είναι 500mV. Παρατηρήσαμε συγκεκριμένα στην εξομοίωση του κυκλώματος στο λογισμικό οτι το σήμα μας αρχίζει να ψαλιδίζει μετά τα 450mV, όταν το ρυθμιστικό του overdrive(ποτενσιόμετρο) ξεπεράσει τη μεσαία θέση προς μέγιστη, αφού μειώνεται έτσι η αντίσταση εισόδου αφήνοντας το σήμα να εισέλθει και να ψαλιδιστεί.Με αυτόν τον τρόπο καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η κατασκευή μας στο λογισμικό έχει την ίδια συμπεριφορά με τη θεωρητική προσέγγιση,δηλαδή ότι το σήμα μας αρχίζει να ψαλιδίζει περίπου στα 0,5V(500mV). Το γεγονός αυτο μπορούμε να το διαπιστώσουμε στην εικόνα 24 παρακάτω.

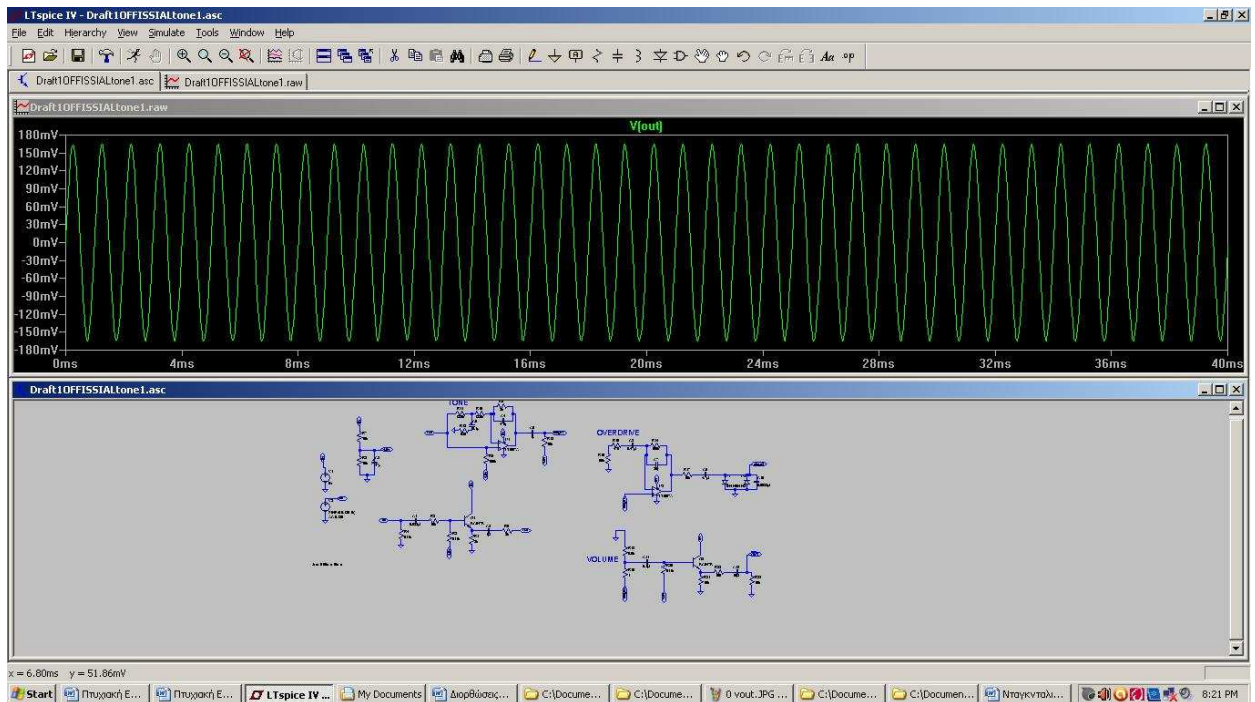


Εικόνα 24: Η κυματομορφή του κυκλώματος overdrive με είσοδο 125mV και συχνότητα 300Hz

3.5 Εξέταση συμπεριφοράς ρυθμιστικού volume μια φορά στη min θέση και μια φορά στη max με είσοδο 125mV p-p και συχνότητα 1000Hz



Εικόνα 25: Η κυματομορφή του κυκλώματος overdrive με ρυθμιστικό volume στο 0, είσοδο 125mV και συχνότητα 1000Hz



Εικόνα 26: Η κυματομορφή του κυκλώματος overdrive με ρυθμιστικό volume στο max, είσοδο 125mV και συχνότητα 1000Hz

Απ'ότι παρατηρούμε από την εικόνα 25 προφανώς το συμπέρασμα μας είναι οτι θα έχουμε μηδενική τάση, διότι το ρυθμιστικό volume, που είναι το κύριο ρυθμιστικό εξόδου(Gain) είναι στη θέση min, ενώ με ρυθμιστικό volume στη θέση max, που φαίνεται στην εικόνα 26, θα έχουμε περίπου $V_{out}=170mV$, με τα ρυθμιστικά tone στη μέση και το overdrive στη θέση min.

4 Υλοποίηση της κατασκευής

Σε αυτό το κεφάλαιο, θα γίνει η ανάλυση καθώς και η παρουσίαση της κατασκευής του κυκλώματος overdrive. Αρχικά θα αναφερθούν τα υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν και θα παρουσιαστούν τα χαρακτηριστικά τους. Στη συνέχεια θα γίνει η επεξήγηση της κατασκευής της πλακέτας, της σχεδίασης του τυπωμένου κυκλώματος, η αποτύπωση της μακέτας στη πλακέτα, η διαδικασία της αποχάλκωσης της και τέλος η συνδεσμολογία των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων καθώς και η καλωδίωση τους.

4.1 Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν

Για την κατασκευή του κυκλώματος, χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω ηλεκτρονικά εξαρτήματα:

Αντιστάσεις:

1 - 100ohm

1 - 470ohm

1 - 680ohm

3 - 3k

1 - 4k7

7 - 10k

2 - 100k

3 - 511k

Πυκνωτές:

1 - 20pf

1 - 470pf

1 - 2.2nf

1 - 22nf

1 - 100nf

1 - 0.1μf

1 - 0.47μf

2 - 1μf

1 - 4.7μf

1 - 10μf

1 - 47μf

1 - 100μf

Δίοδοι

2 - 1N60

Τρανζίστορ:

2 - MPSA18

Ολοκληρωμένα:

1 - JRC4558

1 - Υποδοχή 8 pin

Ποτενσιόμετρα:

1 - B10k γραμμικό (ΕΠΙΠΕΔΟ)

1 - B25k γραμμικό (ΤΟΝΟΣ)

1 - C50k (DRIVE)

Υπόλοιπος Εξοπλισμός:

1 - Κουτί

1 - 3PDT διακόπτης ποδιού

1 - υποδοχή AC μετασχηματιστή

1 - ¼ '' mono jack

1 - ¼ '' stereo jack

1 - κόκκινο LED

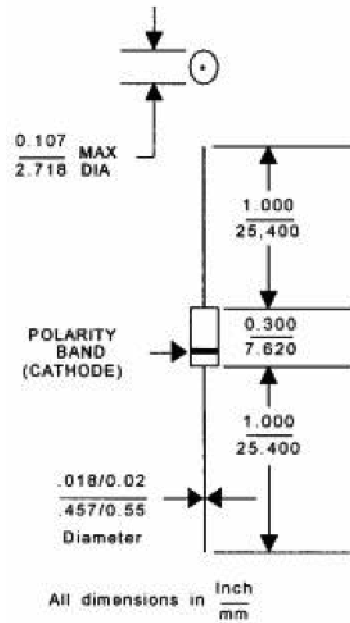
1 - μπαταρία

4 – bumpers

hook-up καλώδιο

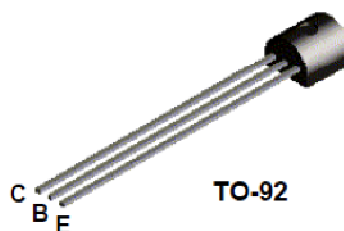
4.2 Χαρακτηριστικά ηλεκτρονικών εξαρτημάτων

Στο κύκλωμα χρειάστηκαν 2 δίοδοι 1N60, η οποίες είναι φτιαγμένες από γερμάνιο. Λειτουργούν σε θερμοκρασίες από -55 έως 70 °C και έχουν θερμοκρασία αποθήκευσης από -55 έως 100°C. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο τρόπος λειτουργίας και τα χαρακτηριστικά της.



Εικόνα 27: Η δίοδος 1N60

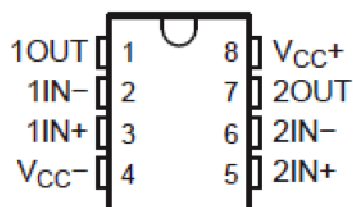
Τα τρανζίστορ που χρησιμοποιήθηκαν για τα buffer της εισόδου και της εξόδου ήταν δύο MPSA18. Τα συγκεκριμένα τρανζίστορ είναι σχεδιασμένα για μειωμένο θόρυβο, υψηλό κέρδος και για εφαρμογές με ρεύμα συλλέκτη της τάξης των 1μΑ έως 50 mA. Στην Εικόνα 14 φαίνονται ποιοι ακροδέκτες αντιστοιχούν στην βάση, τον εκπομπό και τον συλλέκτη του τρανζίστορ.



Εικόνα 28: Το τρανζίστορ MPSA18

Τέλος, το ολοκληρωμένο που χρησιμοποιήθηκε στο κύκλωμα είναι το JRC4558, όπου πρόκειται για δύο γενικής χρήσης τελεστικούς ενισχυτές. Έχουν κοινή τροφοδοσία και κοινή γείωση, και αποτελεί ένα ιδανικό ολοκληρωμένο για εφαρμογές ακόλουθου τάσης. Στο ολοκληρωμένο επίσης εμπεριέχεται ένα κύκλωμα προστασίας από βραχυκύκλωμα. Στον παρακάτω πίνακα αναλύονται οι λειτουργίες των pins του 4558.

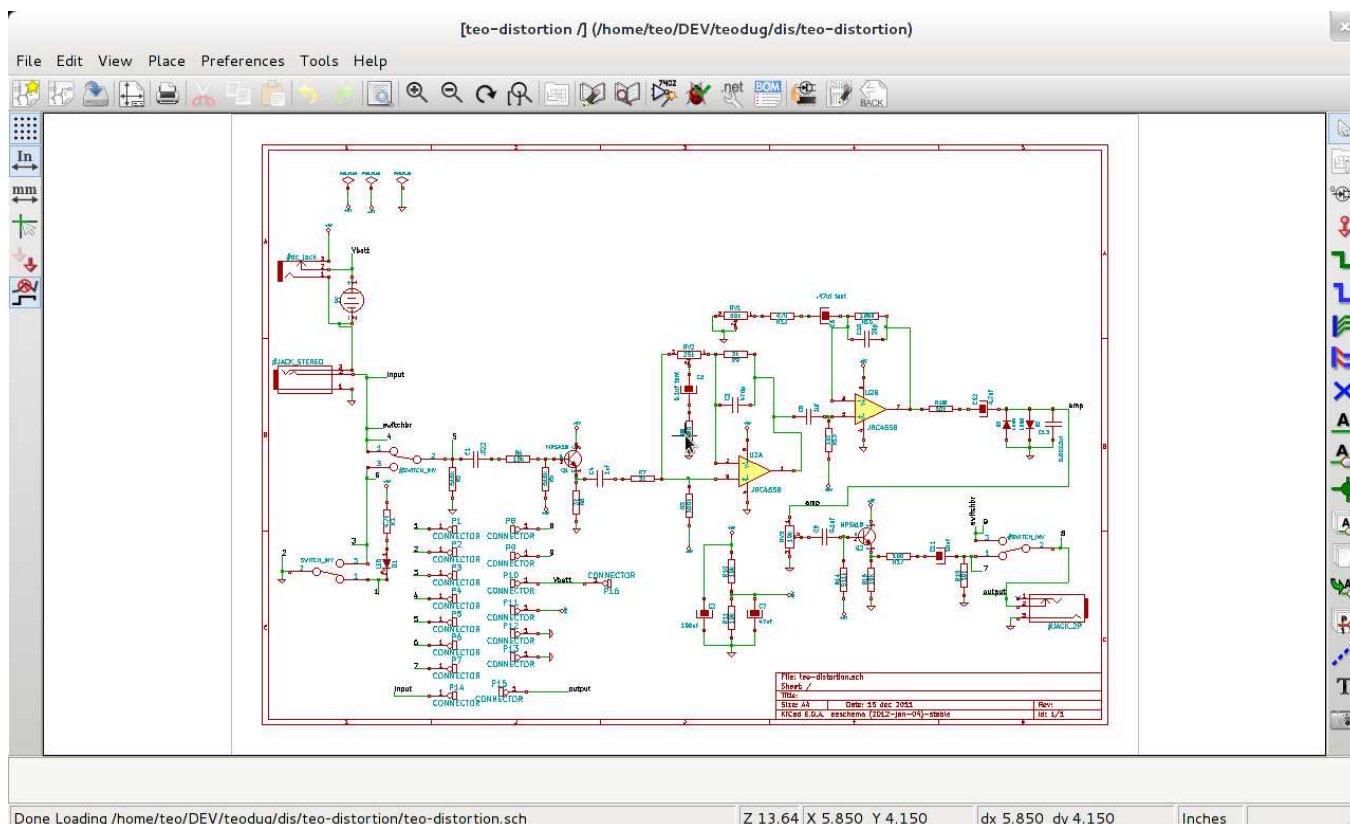
Pin	Λειτουργία
1	Έξοδος τελεστικού ενισχυτή 1
2	Είσοδος (-) τελεστικού ενισχυτή 1
3	Είσοδος (+) τελεστικού ενισχυτή 1
4	Γείωση
5	Είσοδος (+) τελεστικού ενισχυτή 2
6	Είσοδος (-) τελεστικού ενισχυτή 2
7	Έξοδος τελεστικού ενισχυτή 2
8	Τροφοδοσία



Εικόνα 29: Το ολοκληρωμένο JRC4558

4.3 Κατασκευή της πλακέτας

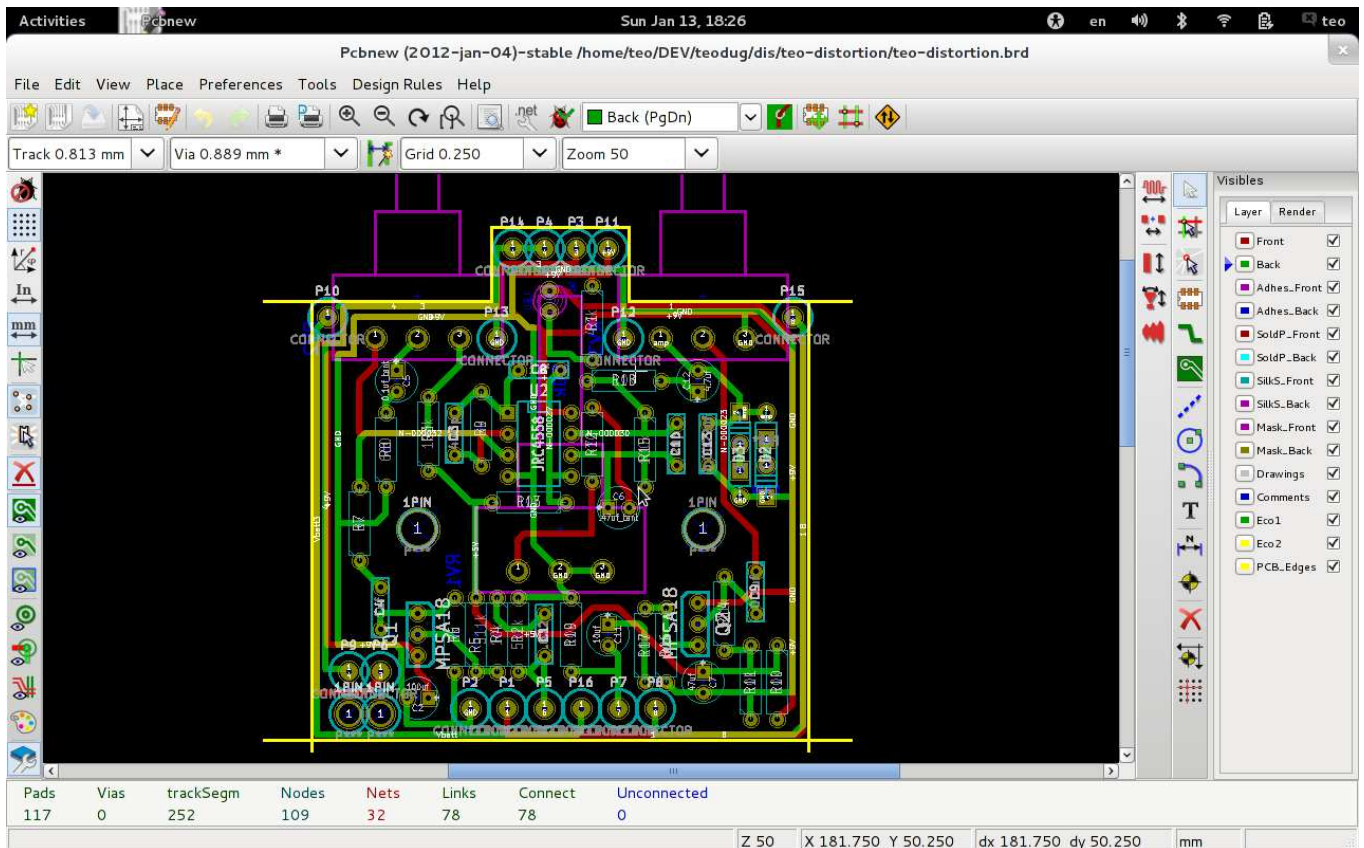
Πριν προχωρήσουμε στην κατασκευή της πλακέτας, θα πρέπει πρώτα να σχεδιάσουμε το τυπωμένο κύκλωμα της συσκευής μας. Συνήθως, η δημιουργία του κυκλώματος γίνεται με τη βοήθεια κατάλληλου προγράμματος στον ηλεκτρονικό υπολογιστή.



Εικόνα 30: Αρχικό στάδιο κατασκευής PCB κυκλώματος του overdrive στο λογισμικό kicad

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό kicad.

Στο συγκεκριμένο πρόγραμμα αρχικά υλοποιήθηκε ο σχεδιασμός του κυκλώματος overdrive τοποθετώντας και συνδέοντας τα εξαρτήματα ένα προς ένα. Στη συνέχεια ελέγχουμε εάν το κύκλωμα που υλοποιήσαμε στο kicad είναι ακριβώς ίδιο με το προς μελέτη κύκλωμα και επιλέγουμε να αποτυπωθεί σε PCB σχέδιο που βλέπουμε παρακάτω.



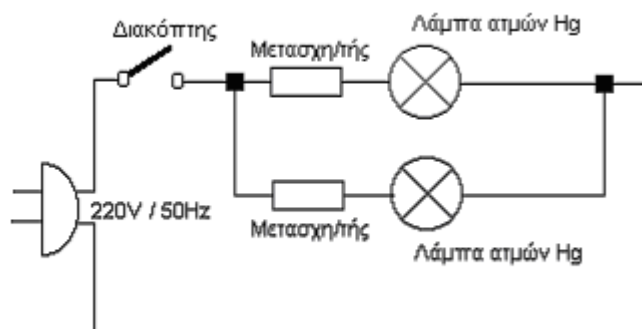
Εικόνα 31: Το PCB κύκλωμα του overdrive στο λογισμικό kicad

Αφού ολοκληρωθεί και ελεγχθεί το σχέδιο, στη συνέχεια προχωράμε στην εκτύπωση πάνω στην διαφάνεια. Η εκτύπωση μπορεί να γίνει με εκτυπωτή inject ή laser.

Στην παρούσα εργασία, όλες οι εκτυπώσεις έγιναν με εκτυπωτές inject, εξαιτίας του υψηλού κόστους των αντίστοιχων laser.

Το επόμενο βήμα είναι η συσκευή εκφωτισμού πλακετών. Λόγω εξοικονόμησης χρημάτων κατασκευάστηκε μια παρόμοια συσκευή με απλά εξαρτήματα. Οι επιδόσεις της συσκευής δεν μπορούν να συγκριθούν με του εμπορίου, ωστόσο το αποτέλεσμα είναι αρκετά ικανοποιητικό.

Για την κατασκευή μιας τέτοιας συσκευής χρειάζεται μια κατάλληλη λάμπα. Στη συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιήθηκαν λάμπες ατμών υδραργύρου 250Watt, η οποίες τοποθετήθηκαν σε κατάλληλο κουτί και στην κατάλληλη απόσταση μεταξύ τους. Οι λάμπες συνδέθηκαν σε σειρά με τον μετασχηματιστή τους και στη συνέχεια σε σειρά με διακόπτη. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η συνδεσμολογία τους.



Εικόνα 32: Συνδεσμολογία των λαμπών εκφωτισμού

Ο χρόνος εκφώτισης της πλακέτας ήταν περίπου 7 λεπτά.

Στη συνέχεια, ακολουθήθηκε το βήμα της αποχάλκωσης. Αποχάλκωση γενικότερα ονομάζουμε την διαδικασία απομάκρυνσης του χαλκού. Στον οποίο δεν υπάρχει πλέον επίστρωση από φωτοευαίσθητη ουσία. Τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσουμε για να επιτελέσουμε τον σκοπό μας είναι σε γενικές γραμμές τα παρακάτω:

1. Σε μια πλαστική λεκάνη ρίχνουμε λίγο διάλυμα τριχλωριούχου σιδήρου.
2. Τοποθετούμε την πλακέτα μέσα στην λεκάνη με την πλευρά του χαλκού προς τα πάνω. Μόλις το κάνουμε αυτό, σε ελάχιστο χρόνο θα πρέπει να δούμε όλο τον χαλκό, που πρόκειται να αφαιρεθεί να αποκτά ένα ροζέ χρώμα, ενώ ο υπόλοιπος χαλκός να διατηρεί το χρυσαφένιο του χρώμα. Κανονικά ο χαλκός που πρέπει να έχει αυτό το χρώμα, θα πρέπει να είναι εκείνος ο οποίος θα αποτελέσει τους μελλοντικούς δρόμους της πλακέτας. Σε περίπτωση που εμείς, όμως, δούμε μερικά σημεία πάνω στην πλακέτα, να έχουν, ενώ δεν θα έπρεπε, χρυσαφένιο χρώμα, τότε είναι πιθανό, να μην απομακρύνθηκε ολόκληρη η <<καμμένη>> ουσία ή να μην φωτίστηκε καλά η πλακέτα. Στην πρώτη περίπτωση μπορούμε πολύ εύκολα να διορθώσουμε το σφάλμα, καθαρίζοντας την πλακέτα πάλι με το διάλυμα της καυστικής σόδας. Στην δεύτερη περίπτωση, βρισκόμαστε σε δύσκολη θέση. Η μόνη λύση που έχουμε να τοποθετήσουμε για λίγο χρονικό διάστημα την πλακέτα στην συσκευή εκφώτισης, χωρίς τη διαφάνεια με το σχέδιο, και μετά να συνεχίσουμε την αποχάλκωση. Αν το πρόβλημα δεν λυθεί, τότε θα πρέπει να ξανακατασκευάσουμε μια καινούργια πλακέτα.
3. Ανακινούμε την λεκάνη με τέτοιο τρόπο ώστε το διάλυμα να περιλούζει ομοιόμορφα την επιφάνεια της πλακέτας, σχηματίζοντας ένα λεπτό στρώμα υγρού πάνω της. Τα αποτελέσματα θα είναι καλύτερα και ταχύτερα αν η πλακέτα τοποθετηθεί υπό κλίση 45 μοιρών. Καθώς ανακινούμε την λεκάνη θα πρέπει κάθε φορά να φροντίζουμε η επιφάνεια του χαλκού να έρχεται σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Αν παραλείψουμε να το κάνουμε αυτό, τότε η όλη διαδικασία θα πάρει πάρα πολύ χρόνο. Ο συνήθης χρόνος αποχάλκωσης κυμαίνεται μεταξύ 15-30 λεπτά.

Το αμέσως επόμενο βήμα είναι ο πολύ καλός καθαρισμός της επιφάνειας της πλακέτας. Εκείνο που μας ενδιαφέρει κυρίως είναι να καθαρίσει ο χαλκός από την φωτοευαίσθητη ουσία, που τον καλύπτει. Η

ουσία αυτή, εκτός από το ότι θα σταθεί εμπόδιο κατά το γάνωμα, κάνει και το χαλκό μη αγωγίμο, αφού δρα σαν μονωτής μεταξύ των κολλημένων εξαρτημάτων και τις επιφάνειες του χαλκού.

Ο καθαρισμός της πλακέτας από την φωτοευαίσθητη ουσία γίνεται με οινόπνευμα και ένα μαλακό πανί.

Στη συνέχεια ακολουθεί το πολύ σημαντικό βήμα του γανώματος της πλακέτας.

Σε αυτή την διαδικασία, τοποθετούμε πάνω στην επιφάνεια των χαλκοδιαδρομών, ένα λεπτό στρώμα από κασσίτερο. Η διαδικασία αυτή έχει ως μοναδικό σκοπό την προστασία του χαλκού από την οξείδωση. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται η ποσότητα του κασσίτερου κατά το γάνωμα.

Τέλος, αφού γανώσουμε όλη την επιφάνεια του χαλκού, με όσο το δυνατόν ομοιόμορφο τρόπο, μπορούμε να προχωρήσουμε στο τρύπημα της πλακέτας και στην κόλληση των εξαρτημάτων.

Σε αυτό το βήμα, ανοίγουμε τρύπες στην πλακέτα, έτσι ώστε να μπορέσουμε να κολλήσουμε τα εξαρτήματα. Τα σημεία που θα ανοίξουμε τις τρύπες, θα έπρεπε να είχε προβλεφθεί το σημείο όπου θα γινόταν το τρύπημα από την κατασκευή του σχεδίου της πλακέτας.

4.4 Κόλληση των εξαρτημάτων

Αφού η επεξεργασία της πλακέτας τελείωσε, μπορούμε πλέον να προχωρήσουμε στην διαδικασία της κόλλησης των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων με το ηλεκτρονικό κολλητήρι και τον κασσίτερο (καλάι). Τα βήματα που ακολουθήθηκαν ήταν συγκεκριμένα. Αναλυτικότερα,

Βήμα 1^ο: Σε αυτό το βήμα έγινε η κόλληση των 1N60 διόδων. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται στην σωστή τοποθέτηση της κατάλληλης φοράς της διόδου.

Βήμα 2^ο: Σε αυτό το βήμα κολλήθηκαν οι αντιστάσεις του κυκλώματος. Οι αντιστάσεις δεν έχουν πολικότητα, οπότε δεν έχει σημασία από ποια πλευρά θα της τοποθετήσεις. Εδώ απαιτείται γνώση της χρωματολογίας των αντιστάσεων για την αποφυγή κάποιου λάθους.

Βήμα 3^ο: Σε αυτό το βήμα έγινε η επικόλληση της υποδοχής του ολοκληρωμένου. Το ολοκληρωμένο δεν κολλιέται ποτέ από μόνο του λόγω της πιθανής υπερθέρμανσης του και κατά συνέπεια αχρηστίας του. Προσοχή χρειάζεται στην φορά της τοποθέτησης της υποδοχής.

Βήμα 4^ο: Εδώ έγινε η επικόλληση των τρανζίστορ. Σε αυτό το βήμα απαιτείται η μελέτη των datasheet των τρανζίστορ έτσι ώστε να προσανατολιστούν σωστά στη πλακέτα η βάση, ο εκπομπός και ο συλλέκτης του.

Βήμα 5^ο: Σε αυτό το βήμα έγινε η επικόλληση των κεραμικών πυκνωτών, όπου δεν έχουν πολικότητα και δεν έχει σημασία η φορά τοποθέτησης τους.

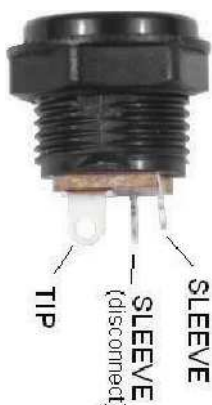
Βήμα 6^ο: Σε αυτό το βήμα έγινε η κόλληση των πυκνωτών τανταλίου. Οι πυκνωτές αυτοί έχουν πολικότητα και γι' αυτόν τον λόγο χρειάστηκε ιδιαίτερη προσοχή και καθοδήγηση από το ηλεκτρονικό σχέδιο του κυκλώματος.

Βήμα 7^ο: Εδώ, έγινε η κόλληση των ηλεκτρολυτικών πυκνωτών αλουμινίου. Όπως και στο προηγούμενο βήμα, χρειάστηκε ιδιαίτερη προσοχή και καθοδήγηση από το σχέδιο του κυκλώματος λόγω της πολικότητας των πυκνωτών.

Βήμα 8^ο: Σε αυτό το σημείο, έγινε η κόλληση του κουμπώματος της μπαταρίας. Αναλυτικότερα, τα δύο άκρα των καλωδίων του κουμπώματος χρώματος κόκκινου και μαύρου, κολλήθηκαν με τα 9V είσοδο του κυκλώματος. Το κόκκινο καλώδιο στο θετικό του κυκλώματος και το μαύρο καλώδιο στον αρνητικό του. Η μπαταρία τοποθετείται ως συμπληρωματική τροφοδοσία στη περίπτωση μη παροχής ρεύματος.

Βήμα 9^ο: Σε αυτό το βήμα έγινε η κόλληση τεσσάρων καλωδίων με τα ξετρυπήματα της Εισόδου, της Εξόδου και των Γειώσεων.

Βήμα 10^ο: Σε αυτό το σημείο, εγκαταστάθηκε ο αντάπτορας dc. Αρχικά έγινε το κατάλληλο ξετρύπημα στο κουτί του πεντάλ και στη συνέχεια κολλήθηκαν 3 καλώδια με τις άκρες του αντάπτορα. Συγκεκριμένα, το άκρο TIP συνδέθηκε με την γείωση και τα δύο υπόλοιπα άκρα (SLEEVE) με την τροφοδοσία του κυκλώματος. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο αντάπτορας DC και τα άκρα του.



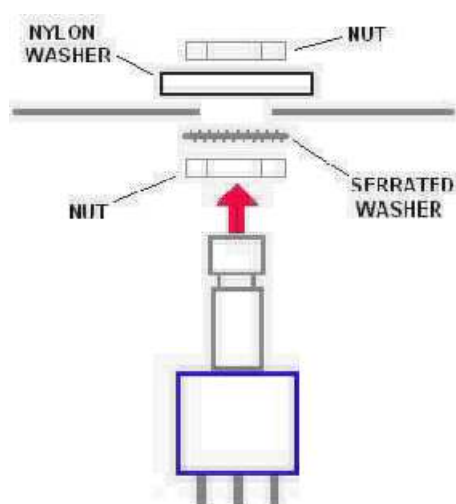
Εικόνα 33: Ο αντάπτορας DC

Βήμα 11^ο: Στη συνέχεια, αναποδογυρίσαμε την πλακέτα του κυκλώματος και τοποθετήθηκαν τα ποτενσιόμετρα B100k (ΕΠΙΠΕΔΟ), A50k (DRIVE), B25K (ΤΟΝΟΣ) καθώς και το κόκκινο LED στην κάτω πλευρά της πλακέτας. Στην τοποθέτηση του LED, απαιτείται προσοχή διότι έχει πολικότητα.

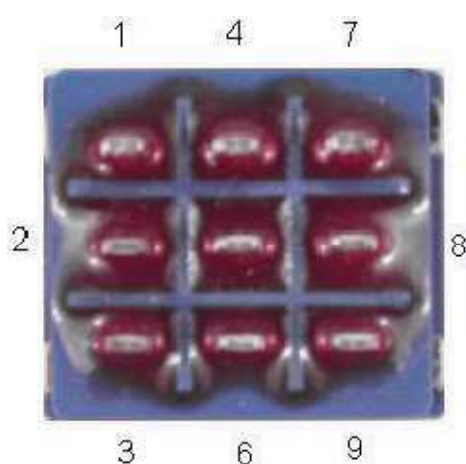
Προηγουμένως όμως, έχει γίνει διάνοιξη των κατάλληλων οπών στο κουτί για την τοποθέτηση τους. Τα ποτενσιόμετρα, διαθέτουν παξιμάδια και ροδέλες, τα οποία ασφαλίζουμε βιδώνοντας τα.

Βήμα 12^ο: Εδώ, τοποθετήθηκαν τα ¼ ''mono jack ¼ ''stereo jack στις κατάλληλες οπές που είχαν ανοιχτεί στο κουτί του πεντάλ για αυτά.

Βήμα 13^ο: Σε αυτό το βήμα έγινε η τοποθέτηση του διακόπτη ποδιού. Εδώ χρειάστηκε προσοχή στον προσανατολισμό του διακόπτη μιας και η επίπεδη επιφάνεια με την οποία έρχεται σε επαφή εγκαθίσταται με συγκεκριμένο τρόπο. Για την εγκατάσταση του διακόπτη ποδιού, χρειάστηκε να γίνει η διάνοιξη της οπής στο κουτί του πεντάλ καθώς και η σταθεροποίηση του μέσω της βίδας και του παξιμαδιού που περιλαμβάνει.



Εικόνα 34: Ο διακόπτης ποδιού

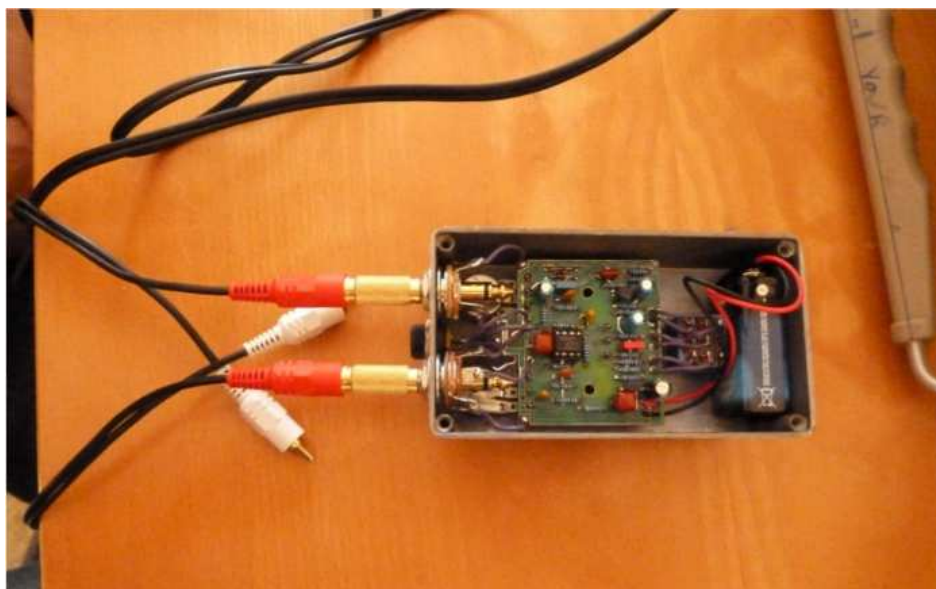


Εικόνα 35: Επιφάνεια επαφής διακόπτη ποδιού

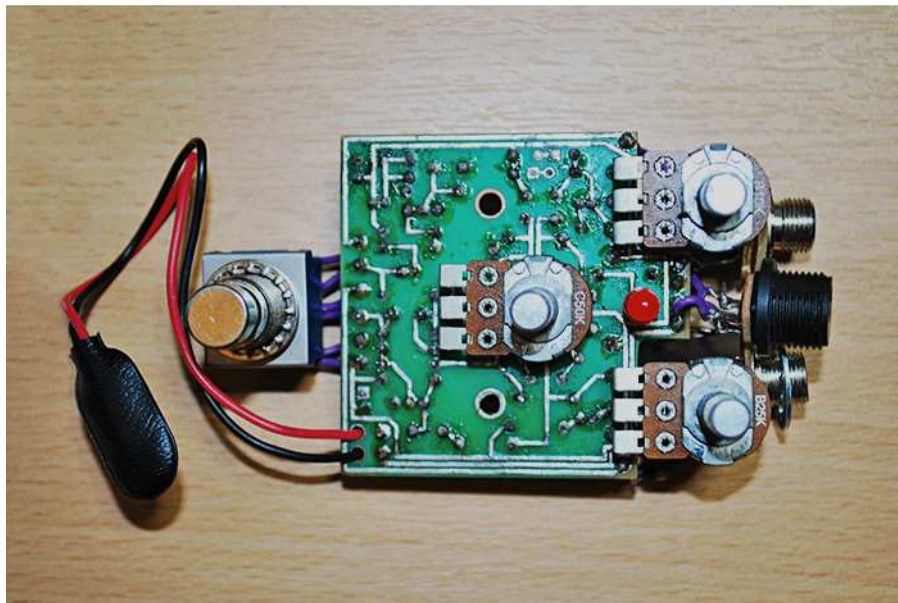
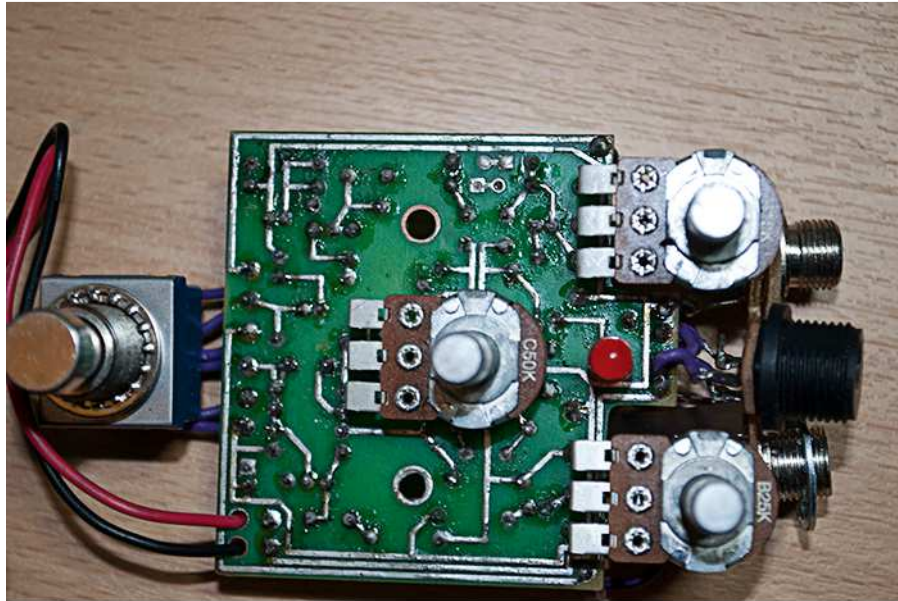
Στη συνέχεια η επίπεδη επιφάνεια που έρχεται σε επαφή ο διακόπτης ποδιού, συνδέθηκε με την κόλληση καλωδίων στην πλακέτα του κυκλώματος.

Βήμα 14^ο: Το τελευταίο βήμα που χρειάστηκε να γίνει στην κατασκευή του overdrive pedal, είναι η εγκατάσταση του ολοκληρωμένου 4558 στην θήκη του. Σε αυτό το σημείο, χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην σωστή προσαρμογή των pins στις εισόδους της θήκης καθώς και ο σωστός προσανατολισμός του ολοκληρωμένου.

Στις εικόνες που ακολουθούν, παρουσιάζεται η ολοκληρωμένη κατασκευή.



Εικόνα 36: Η ολοκληρωμένη κατασκευή του overdrive πεντάλ από την μπροστινή όψη

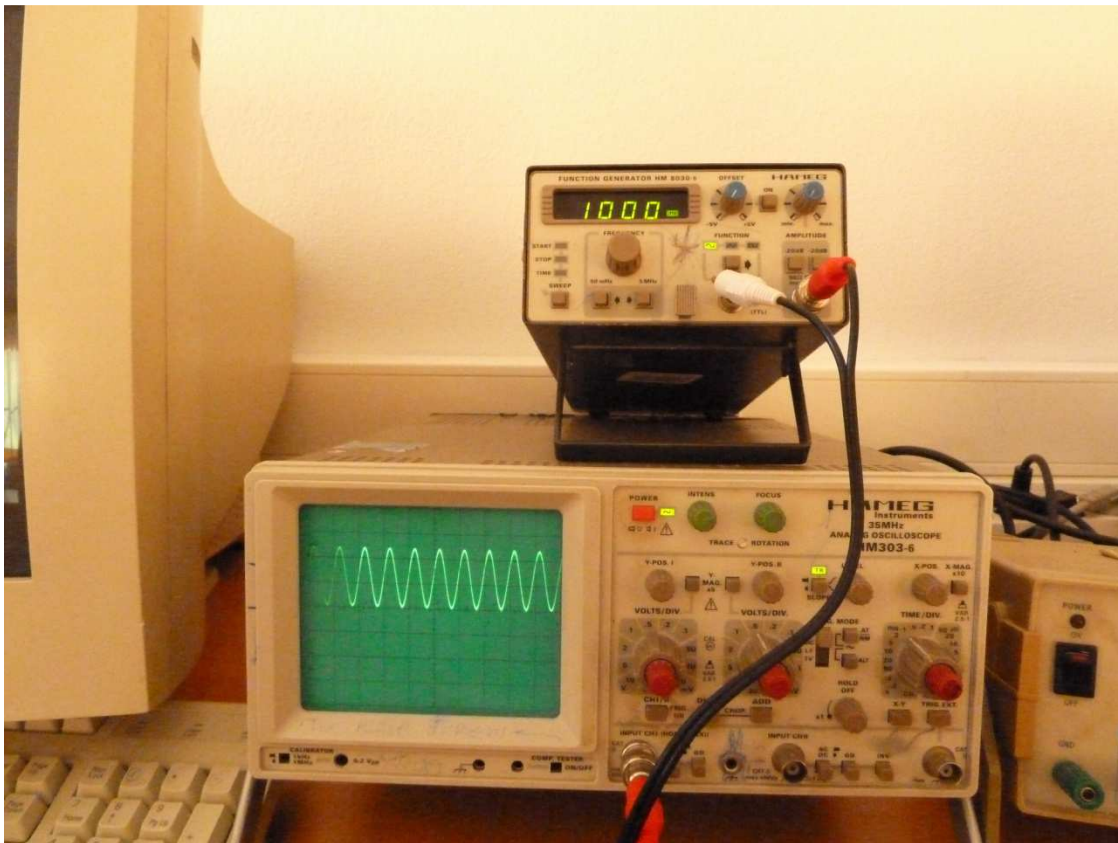


Εικόνα 37: Η ολοκληρωμένη κατασκευή του overdrive πεντάλ από την πίσω όψη

5 Πειραματικός έλεγχος κυκλώματος

Ο πειραματικός έλεγχος του κυκλώματος έγινε στο εργαστήριο του τεχνολογικού ιδρύματος.

Αρχικά έγινε η σύνδεση της εισόδου του κυκλώματος με την γεννήτρια, η οποία ρυθμίστηκε στα 1000Hz με σταθερό πλάτος 125 mV p.p. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η κυματομορφή της εισόδου στον παλμογράφο

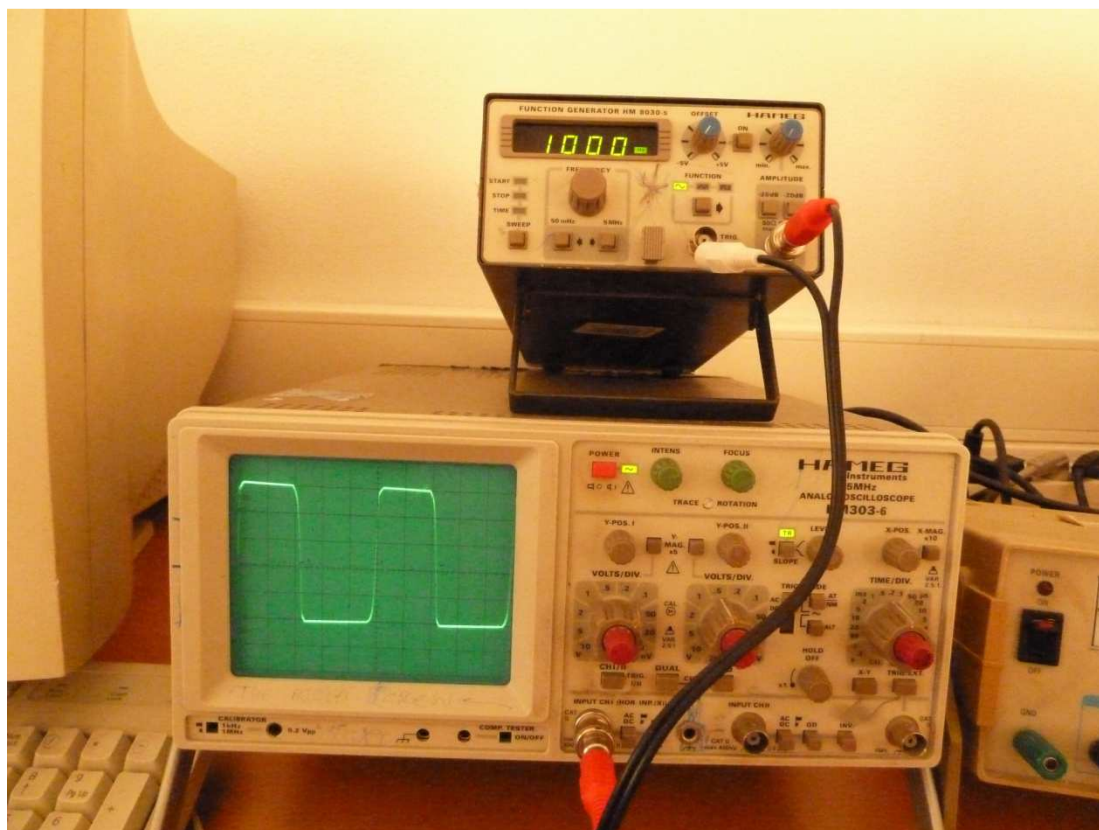


Εικόνα 38: Η κυματομορφή της εισόδου στον παλμογράφο

Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος της εξόδου bypass του κυκλώματος με την ίδια συχνότητα γεννήτριας, δηλαδή 1000Hz και με το ίδιο σταθερό πλάτος 125 mV. Το αποτέλεσμα, όπως φαίνεται στην εικόνα, ήταν θετικό. Δηλαδή η έξοδος bypass του κυκλώματος δίνει στην έξοδο ακριβώς το ίδιο σήμα που παρέχεται στην είσοδο.

Ο ίδιος έλεγχος του ρυθμιστικού Tone, που έγινε στο λογισμικό, πραγματοποιήθηκε και στο εργαστήριο, για τη γενική συχνοτική απόκριση, τη συχνοτική απόκριση, όταν το Tone βρίσκεται στη θέση min και τη συχνοτική απόκριση όταν το Tone βρίσκεται στη θέση max.

Ο επόμενος πειραματικός έλεγχος που έγινε στο κύκλωμα ήταν στον ψαλιδισμό που πραγματοποιεί το overdrive κύκλωμα. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται καθαρά ο επιθυμητός ψαλιδισμός του σήματος, ο οποίος μάλιστα είναι ιδιαίτερα έντονος δίνοντας μια σχεδόν τετραγωνική κυματομορφή στην έξοδο.



Εικόνα 39: Η κυματομορφή του ψαλιδισμού overdrive στον παλμογράφο

Ο τελευταίος πειραματικός έλεγχος που έγινε αφορά το ρυθμιστικό Volume στις ακραίες θέσεις max και min, όπως πραγματοποιήθηκε και στο λογισμικό.

5.1 Ανάλυση γενικής συχνοτικής απόκρισης του κυκλώματος κατά τον πειραματικό έλεγχο.

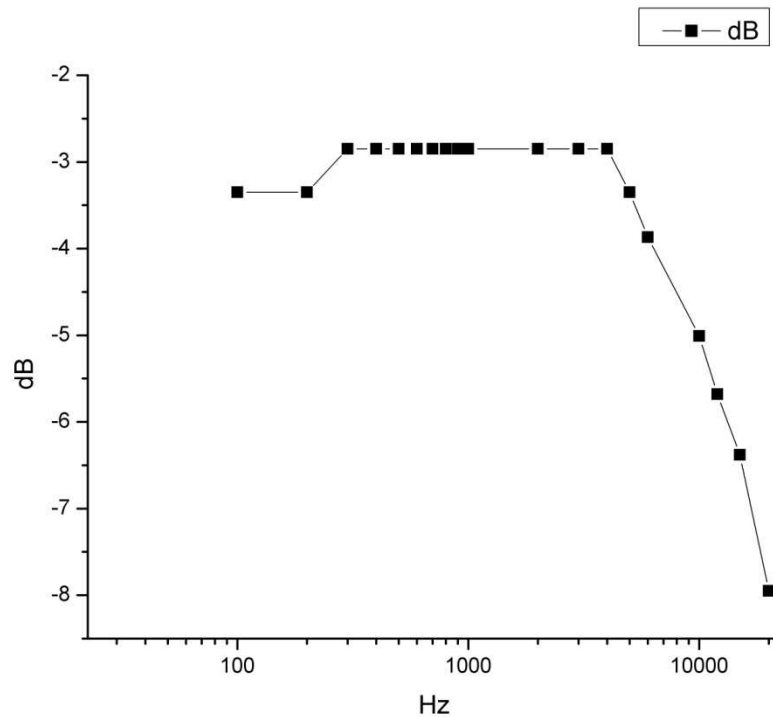
Ακολουθεί ο πίνακας με τις πειραματικές μετρήσεις για σήμα εισόδου από τη γεννήτρια στα 125mV p.p για συχνότητες από 100-20.000 Hz και με τα ρυθμιστικά του κυκλώματος tone στη μεσαία θέση, volume στη μεσαία θέση και overdrive στο min.

Η απολαβή σε dB υπολογίστηκε από την σχέση $20\log\left(\frac{V_{out}}{V_{in}}\right)$

F (Hz)	Vin (mV)	Vout (mV)	dB
100	125	85	-3.35
200	125	85	-3.35
300	125	90	-2.85
400	125	90	-2.85
500	125	90	-2.85
600	125	90	-2.85
700	125	90	-2.85
800	125	90	-2.85
900	125	90	-2.85
1000	125	90	-2.85
2000	125	90	-2.85
3000	125	90	-2.85
4000	125	90	-2.85
5000	125	85	-3.35
6000	125	80	-3.87
10000	125	70	-5.01
12000	125	65	-5.68
15000	125	60	-6.38
20000	125	50	-7.95

Πίνακας 4: Υπολογισμός πειραματικών τιμών εργαστηρίου με τα ρυθμιστικά του κυκλώματος tone, volume flat και overdrive στο 0

Το γράφημα που προκύπτει από τον Πίνακα 4 είναι το παρακάτω:



Γραφική Παράσταση 5: Γενική συχνοτική απόκριση

Καταρχάς παρατηρούμε μια συμπεριφορά χαμηλοπερατού φίλτρου με συχνότητα αποκοπής γύρω στα 12 KHz. Παρατηρούμε ότι το πλατώ της συχνοτικής απόκρισης βρίσκεται περίπου στα -3 dB και κυμαίνεται μεταξύ 300Hz και 4000Hz. Μετά τη συχνότητα των 4000Hz βλέπουμε μια αρκετά απότομη πτώση της απολαβής. Η συμπεριφορά αυτή είναι αναμενόμενη, αφού το ρυθμιστικό tone βρίσκεται στη μεσαία θέση στην οποία η λειτουργία του είναι να «κόβει» τις υψηλές συχνότητες.

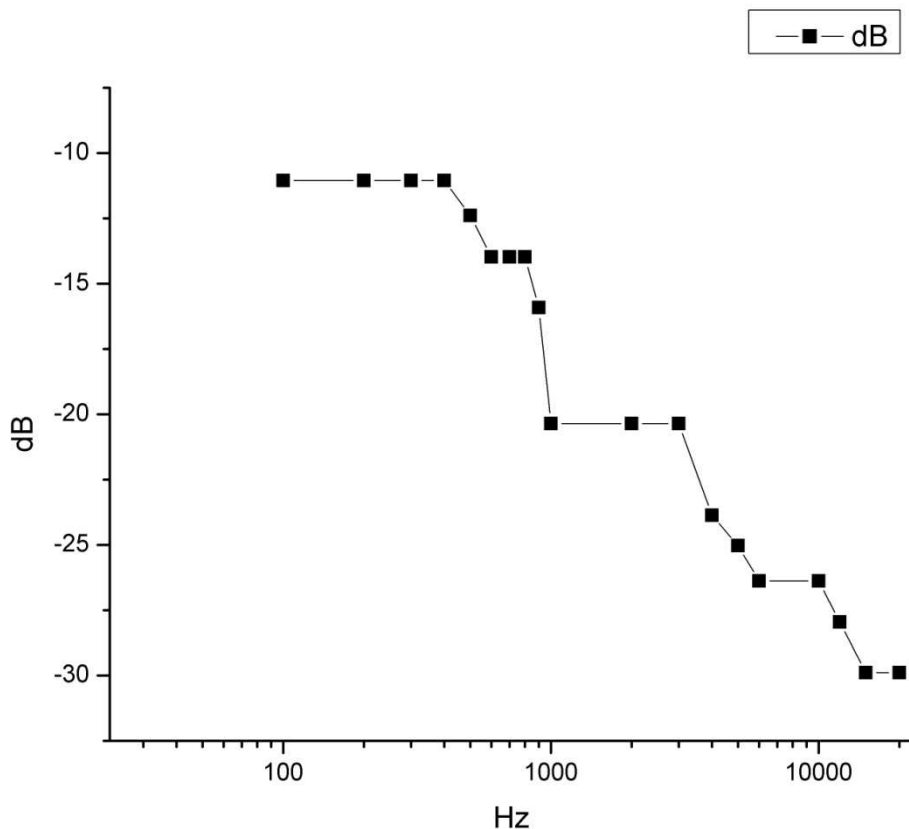
5.2 Ανάλυση συχνοτικής απόκρισης του ρυθμιστικού tone στη θέση min.

Ο έλεγχος αφορά μετρήσεις για την συχνοτική απόκριση με σήμα εισόδου από τη γεννήτρια στα 125mV p.p για συχνότητες από 100-20.000 Hz με τα ρυθμιστικά του κυκλώματος tone στο min, volume στη μεσαία θέση και overdrive στο min.

F (Hz)	Vin	Vout	dB
100	125mV	35	-11.05
200	125	35	-11.05
300	125	35	-11.05
400	125	35	-11.05
500	125	30	-12.39
600	125	25	-13.97
700	125	25	-13.97
800	125	25	-13.97
900	125	20	-15.91
1000	125	12	-20.35
2000	125	12	-20.35
3000	125	12	-20.35
4000	125	8	-23.87
5000	125	7	-25.03
6000	125	6	-26.38
10000	125	6	-26.38
12000	125	5	-27.95
15000	125	4	-29.89
20000	125	4	-29.89

Πίνακας 5: Υπολογισμός πειραματικών τιμών εργαστηρίου με τα ρυθμιστικά του κυκλώματος tone min, volume στη μεσαία θέση και overdrive στο min

Το γράφημα που προκύπτει από τον πίνακα είναι το παρακάτω:



Γραφική Παράσταση 6: Συχνοτική απόκριση για tone min

Καταρχάς παρατηρούμε κι εδώ μια καθαρή συμπεριφορά χαμηλοπερατού φίλτρου με συχνότητα αποκοπής γύρω στα 600Hz. Παρατηρούμε ότι το πλατώ της συχνοτικής απόκρισης βρίσκεται περίπου στα -11 dB και κυμαίνεται μεταξύ 100Hz και 500Hz. Μετά τη συχνότητα αποκοπής βλέπουμε μια λιγότερο απότομη πτώση της απολαβής σε σχέση με την προηγούμενη περίπτωση. Η συμπεριφορά αυτή είναι αναμενόμενη αφού το ρυθμιστικό tone βρίσκεται στη θέση min στην οποία η λειτουργία του είναι να «κόβει» τις υψηλές συχνότητες.

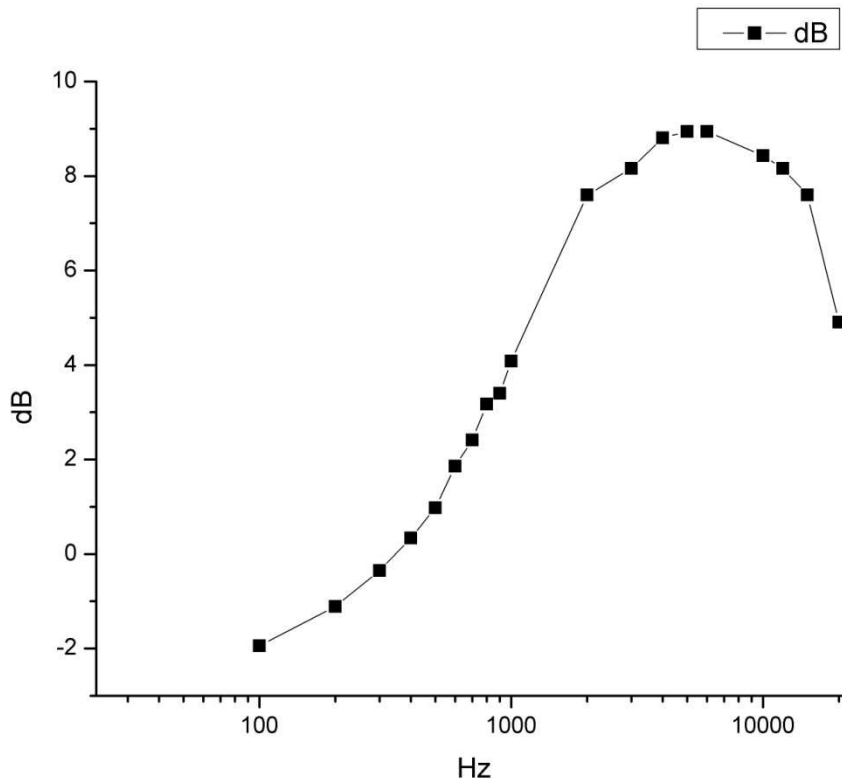
5.3 Ανάλυση συχνοτικής απόκρισης tone στη θέση max.

Ο έλεγχος αφορά μετρήσεις για την συχνοτική απόκριση με σήμα εισόδου από τη γεννήτρια στα 125mV p.p για συχνότητες από 100-20.000 Hz με τα ρυθμιστικά του κυκλώματος tone στο max, volume στη μεσαία θέση και overdrive στο min.

F (Hz)	Vin	Vout	dB
100	125mV	100mV	-1.94
200	125	110	-1.11
300	125	120	-0.35
400	125	130	0.34
500	125	140	0.98
600	125	155	1.86
700	125	165	2.41
800	125	180	3.17
900	125	185	3.40
1000	125	200	4.08
2000	125	300	7.60
3000	125	320	8.16
4000	125	345	8.81
5000	125	350	8.94
6000	125	350	8.94
10000	125	330	8.43
12000	125	320	8.16
15000	125	300	7.60
20000	125	220	4.91

Πίνακας 6: Υπολογισμός πειραματικών τιμών εργαστηρίου με τα ρυθμιστικά του κυκλώματος tone max, volume στη μεσαία θέση και overdrive στο min

Το γράφημα που προκύπτει από τον Πίνακα 6 είναι το παρακάτω:



Γραφική Παράσταση 7: Συχνотική απόκριση για tone στο max

Συγκρίνοντας τα δύο προηγούμενα γραφήματα, παρατηρούμε ότι σε αυτή την κατάσταση των ρυθμιστικών του κυκλώματος *overdrive*, αυξάνοντας την συχνότητα της γεννήτριας η απολαβή (σε dB) έχει μια αύξουσα κατεύθυνση, μια συμπεριφορά δηλαδή που θυμίζει υψηλοπερατό φίλτρο. Η σταθεροποίηση της απολαβής («πλατώ») συμβαίνει περίπου στα 2 KHz με τιμή περίπου 8 dB. Παρατηρούμε βέβαια μια ελαφριά μείωση της απολαβής περίπου στα 7.000 Hz η οποία όμως θεωρείται μέσα στα πλαίσια της πειραματικής απόκλισης. Η συχνότητα αποκοπής είναι περίπου 400Hz. Σε αυτή τη κατάσταση του ρυθμιστικού μας που η αντίσταση εισόδου της βαθμίδας ελέγχου του τόνου θα είναι πολύ μικρή, το σήμα μας θα εισερχεται στη βαθμίδα και θα ενισχύονται κυρίως οι υψηλές συχνότητες.

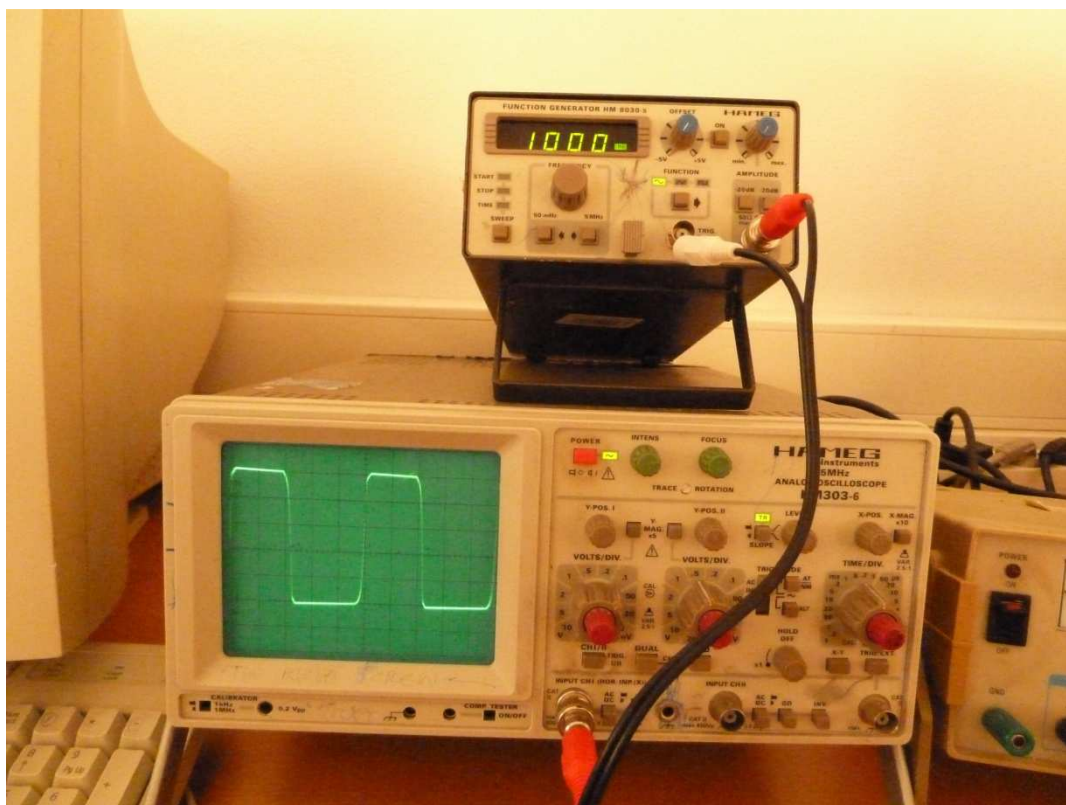
5.4 Εξέταση συμπεριφοράς ρυθμιστικού *overdrive* για δύο περιπτώσεις θέσεων (μεσαία και ακραία θέση) με είσοδο 125mV p-p και συχνότητα 1000 Hz.

Κατα τον πειραματικό έλεγχο στο εργαστήριο που πραγματοποιήθηκε για την εξέταση συμπεριφοράς του ρυθμιστικού *overdrive* για δύο περιπτώσεις θέσεων, με τα ρυθμιστικά *tone* και *volume* στη μεσαία θέση σταθερά, είχαμε τα εξής αποτελέσματα.

-Στη περίπτωση που το ρυθμιστικό ήταν στη μεσαία θέση η έξοδος του κυκλώματος έδινε $V_{out} = 360 \text{ mVp-p}$.

-Στη περίπτωση που το ρυθμιστικό ήταν στη ακραία θέση η έξοδος του κυκλώματος έδινε $V_{out} = 500 \text{ mVp-p}$.

Παρατηρήσαμε ότι το σήμα μας αρχίζει να ψαλιδίζει κοντά στα 500mV.
Το συμπέρασμα που βγάζουμε από τις μετρήσεις αυτές, είναι ότι η κατασκευή μας λειτουργεί αρκετά ικανοποιητικά διότι ο ψαλιδισμός του σήματος αρχίζει μετά τα 0,5V όπως προβλέψαμε στην θεωρητική εξήγηση της λειτουργίας της βαθμίδας ψαλιδισμού.



Εικόνα 40: Η κυματομορφή του ψαλιδισμού overdrive στον παλμογράφο

5.5 Εξέταση συμπεριφοράς ρυθμιστικού volume με είσοδο 125mV p.p και συχνότητα 1000Hz

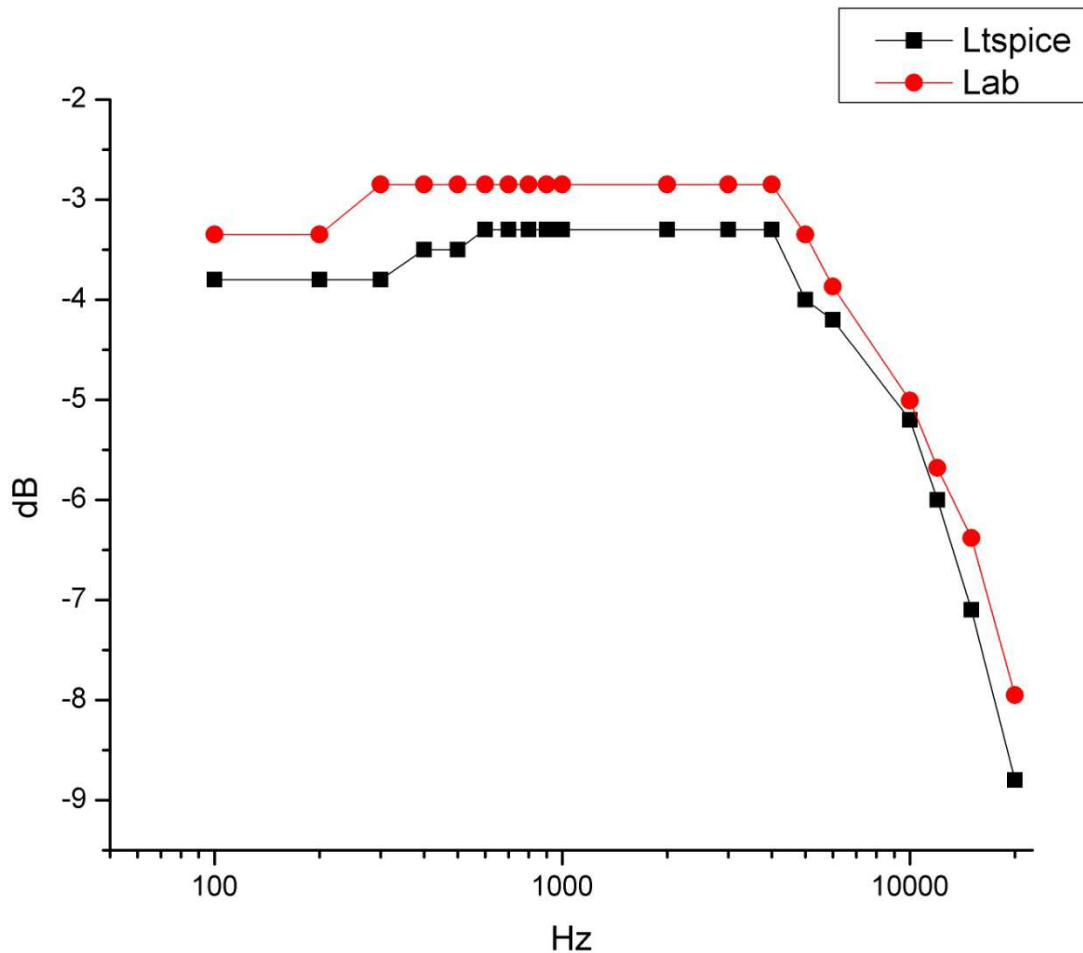
Πραγματοποιήθηκε πειραματικός έλεγχος στο εργαστήριο για την εξέταση συμπεριφοράς του ρυθμιστικού volume, μια φορά στη θέση min και μια φορά στη max, με τα ρυθμιστικά tone στη μεσαία θέση και overdrive στο min(σταθερά). Όπως είναι λογικό στην θέση min του ρυθμιστικού Volume το κύκλωμα έδωσε έξοδο 0 ενώ στη θέση max έδωσε έξοδο $V_{out}=175mV_{p-p}$.

6 Σύγκριση αποτελεσμάτων – Συμπεράσματα

Σε αυτό το κεφάλαιο, θα γίνει σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων που υπολογίστηκαν από την εξομοίωση που έγινε στο λογισμικό LTspice και των τιμών που υπολογίστηκαν στις πειραματικές μετρήσεις που έγιναν στο εργαστήριο του τμήματος μέσω του παλμογράφου. Η σύγκριση θα γίνει με την βοήθεια γραφημάτων για την περίπτωση του ρυθμιστικού **Tone**, ενώ για τα ρυθμιστικά **Overdrive** και **Volume** θα γίνει ανάλυση της συμπεριφοράς του πλάτους τους. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορούσαμε να βγάλουμε συμπεράσματα για την σωστή ή μη σωστή λειτουργία του κυκλώματος. Τα γραφήματα αυτού του κεφαλαίου, όπως και όλα τα προηγούμενα δημιουργήθηκαν με άξονα x τη συχνότητα (σε Hz) και με άξονα y την απολαβή (σε dB).

Αρχικά παραθέτουμε την σύγκριση μεταξύ των τιμών του λογισμικού LTspice και των πειραματικών τιμών για την γενική συχνотική απόκριση του κυκλώματος μας με τα ρυθμιστικά tone στη μεσαία θέση και overdrive στη θέση 0.

Στο γράφημα, το μάνυρο χρώμα συμβολίζει τις τιμές της εξομοίωσης στο λογισμικό LTspice του κυκλώματος, ενώ το κόκκινο τις πειραματικές τιμές.



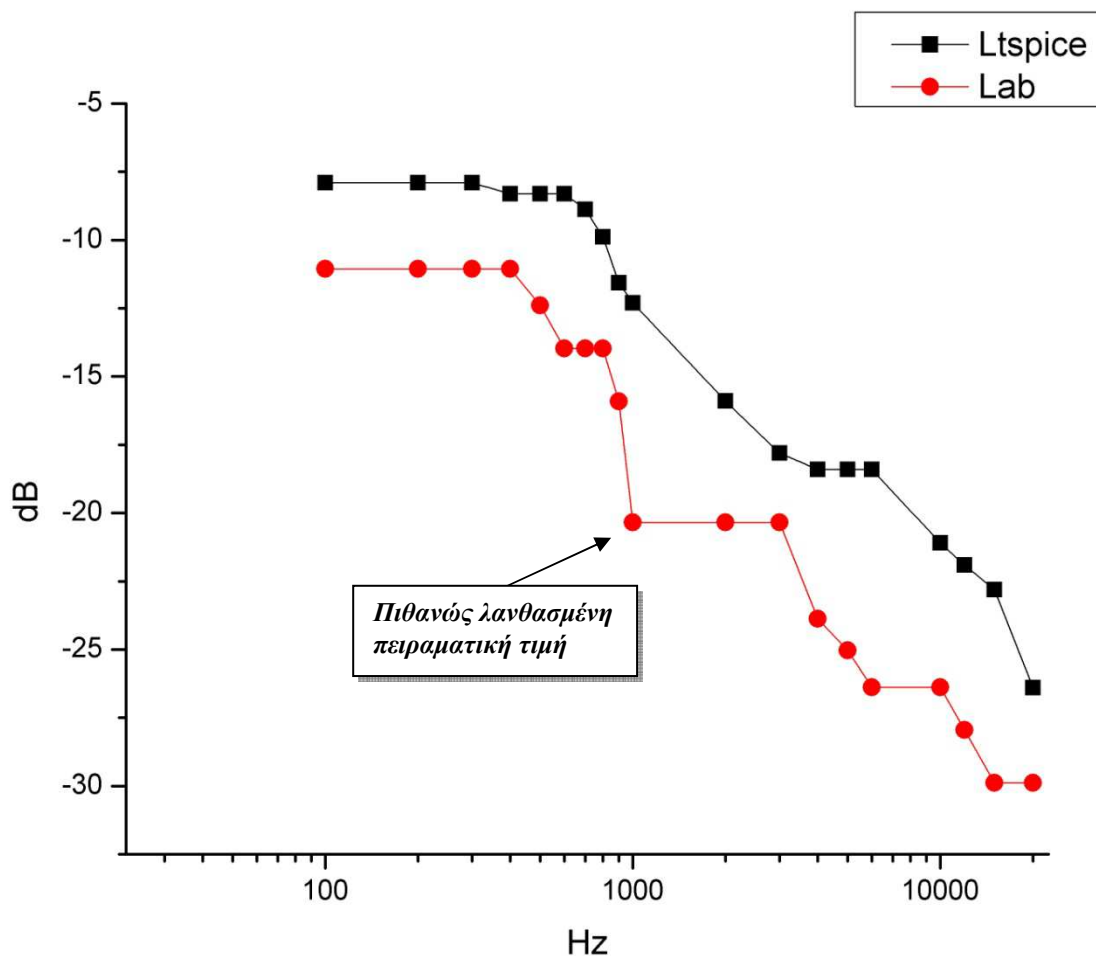
Γραφική Παράσταση 8: Σύγκριση των γενικών συχνοτικών αποκρίσεων

Είναι εμφανές στο γράφημα ότι οι τιμές διαφέρουν λίγο μεταξύ τους. Ωστόσο, παρουσιάζουν ακριβώς την ίδια συμπεριφορά στις αυξομειώσεις της απολαβής (dB). Δηλαδή, δίνοντας στη γεννήτρια 500 Hz μέχρι 4000Hz η απολαβή παρουσιάζει μια ανοδική τάση που αγγίζει περίπου τα -3dB. Ενώ δίνοντας μεγαλύτερη συχνότητα, δηλαδή 5000 Hz έως 20.000Hz, η απολαβή μειώνεται παρουσιάζοντας μια συνεχόμενη καθοδική τάση που αγγίζει περίπου τα -9dB. Να σημειώσουμε ότι η συχνοτική απόκριση είναι αρκετά ομαλή (flat) για την μεγαλύτερη περιοχή των ακουστικών συχνοτήτων που είναι χρήσιμες σε μια κιθάρα, αφού η συχνότητα αποκοπής (όπως φαίνεται στο παραπάνω γράφημα) είναι περίπου στα 13KHz. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα πως το κύκλωμα μας λειτουργεί σωστά και σύμφωνα με την αναμενόμενη συμπεριφορά του.

Στη συνέχεια οι υπόλοιπες δύο καταστάσεις του πεντάλ που πραγματοποιήθηκε έλεγχος του tone είναι:
 (A) με τα ρυθμιστικά tone στη μεσαία θέση, volume στη μεσαία θέση και overdrive στη θέση 0 και
 (B) με τα ρυθμιστικά tone στη θέση max, volume στη μεσαία θέση και overdrive στη θέση 0.

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή αυτού του κεφαλαίου, η σύγκριση θα γίνει μεταξύ των τιμών του λογισμικού LTspice και των τιμών που πήραμε στο εργαστήριο μέσω γεννήτριας και παλμογράφου.

Παρακάτω φαίνεται το γράφημα της κατάστασης του πεντάλ στην κατάσταση (A):

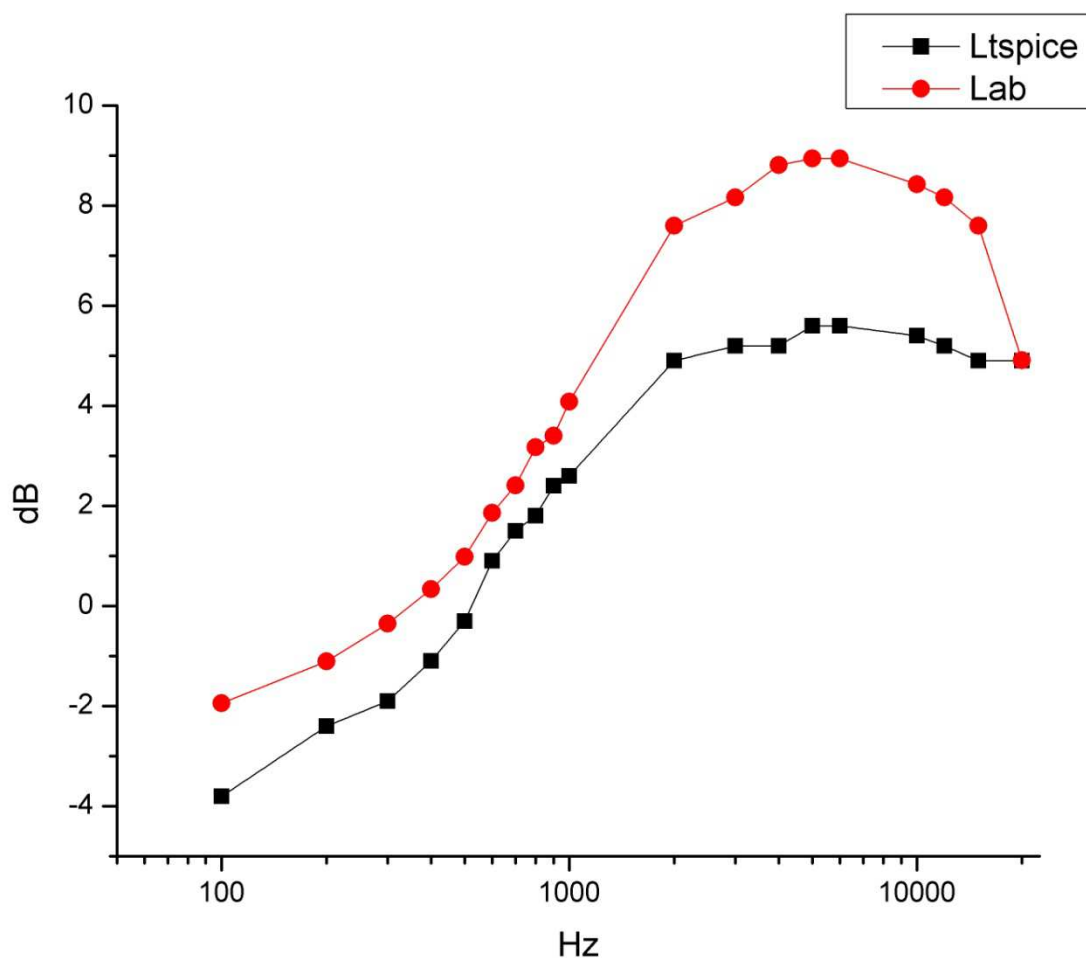


Γραφική Παράσταση 9: Σύγκριση συχνοτικών αποκρίσεων όταν το tone είναι στο min

Σε αυτό το γράφημα οι τιμές της προσομοίωσης του λογισμικού περιγράφονται με το μαύρο χρώμα και του εργαστηρίου με κόκκινο. Παρατηρούμε, καταρχάς, ότι οι εργαστηριακές τιμές έχουν μια πτώση σε σχέση με αυτές της προσομοίωσης του λογισμικού της τάξεως των 3dB. Το γεγονός αυτό δεν είναι ιδιαίτερης σημασίας, καθώς είναι στα πλαίσια της πειραματικής διαδικασίας σε ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα το οποίο έχει ρυθμιστικά ποτενσιόμετρα τα οποία αλληλοεπηρεάζονται και όλα μαζί επηρεάζουν την τελική στάθμη εξόδου. Αυτό που είναι σημαντικό είναι ότι το κύκλωμα παρουσιάζει την ίδια σχεδόν συμπεριφορά και στις δυο περιπτώσεις. Η μόνη τιμή που αποκλίνει είναι αυτή την οποία

δείχνουμε στο παραπάνω γράφημα 9, και η οποία είναι το πιθανότερο λανθασμένη πειραματική τιμή λόγω μάλλον απροσεξίας κατά τις πειραματικές μετρήσεις. Όλες οι υπόλοιπες πειραματικές τιμές ακολουθούν την ίδια συμπεριφορά με αυτές της προσομοίωσης του λογισμικού. Αυτό, μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το κύκλωμα λειτουργεί σωστά κι σε αυτή την περίπτωση. Δυστυχώς όταν έγινε η επεξεργασία των πειραματικών μετρήσεων και διαπιστώθηκε η λανθασμένη αυτή τιμή δεν ήταν εφικτό να επαναληφθούν οι πειραματικές μετρήσεις λόγω απουσίας μου από το χώρο του ΑΤΕΙ και έλλειψη πρόσβασης σε εργαστηριακό εξοπλισμό.

Τέλος, όπως προαναφέρθηκε, το τελευταίο γράφημα θα παρουσιάσει την σύγκριση των τιμών της προσομοίωσης του λογισμικού και των πειραματικών τιμών με τα ρυθμιστικά tone στη θέση max, volume στη μεσαία θέση και overdrive στη θέση 0. Το συγκριτικό γράφημα που προκύπτει είναι το παρακάτω:



Γραφική Παράσταση 10: Σύγκριση συχνοτικών αποκρίσεων tone max

Και σε αυτό γράφημα, οι τιμές της προσομοίωσης του λογισμικού απεικονίζονται με μαύρο και οι τιμές του εργαστηρίου με κόκκινο. Παρατηρούμε, καταρχάς, ότι οι εργαστηριακές τιμές έχουν μια πτώση σε σχέση με αυτές της προσομοίωσης του λογισμικού της τάξεως των 2dB για συχνότητες μέχρι τα 2000Hz και 4dB για συχνότητες πάνω από τα 2000Hz. Το γεγονός αυτό δεν τόσο σημαντικό, καθώς όπως ειπώθηκε και πριν, είναι στα πλαίσια της πειραματικής διαδικασίας σε ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα το οποίο έχει ρυθμιστικά ποτενσιόμετρα τα οποία αλληλοεπηρεάζονται και όλα μαζί επηρεάζουν την τελική στάθμη εξόδου. Αυτό που είναι σημαντικό είναι ότι το κύκλωμα παρουσιάζει την ίδια σχεδόν συμπεριφορά και στις δυο περιπτώσεις.

Στη συνέχεια θα μελετήσουμε την συμπεριφορά του ρυθμιστικού **Overdrive**.

Στο κεφάλαιο 5, στη σελίδα 62 εξετάστηκε η συμπεριφορά του ρυθμιστικού Overdrive που πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο για $V_{in}=125mV$ στο 1KHz στη μεσαία θέση και στην ακραία θέση Max. Αντίστοιχα το ίδιο πραγματοποιήθηκε στο λογισμικό LTspice με τις ίδιες προϋποθέσεις, που εξετάστηκε στο κεφάλαιο 3 και αναφέρεται στις σελίδες 35 και 36.

Για τη μεσαία θέση του ρυθμιστικού Overdrive και με τα ρυθμιστικά Volume και Tone στη μεσαία θέση, στο εργαστήριο είχαμε τιμή εξόδου $V_{out}=360mV$ ενώ του λογισμικού στη συγκεκριμένη θέση έδωσε $V_{out}=350mV$.

Για τη ακραία θέση Max του ρυθμιστικού Overdrive και με τα ρυθμιστικά Volume και Tone στη μεσαία θέση σταθερά, στο εργαστήριο είχαμε τιμή εξόδου $V_{out}=500mV$. Η ίδια ακριβώς τιμή εξόδου παρουσιάστηκε για την ίδια θέση στο λογισμικό.

Από τα παραπάνω στοιχεία είναι προφανές ότι το ρυθμιστικό λειτουργεί σωστά σε αρκετά ικανοποιητικό βαθμό διότι οι πειραματικές τιμές εξόδου είναι σχεδόν ίδιες με αυτές της εξομοίωσης του λογισμικού.

Επίσης παρατηρούμε ότι το ρυθμιστικό της υπεροδήγησης αρχίζει να ψαλιδίζει περίπου μετά τα 0,5V. Προφανώς μπορούμε να εξάγουμε συμπέρασμα ότι λειτουργεί ικανοποιητικά διότι είναι πολύ κοντά στα δεδομένα της θεωρητικής μελέτης που πραγματοποιήθηκε στο κεφάλαιο 2. Εκεί αναφέρεται ότι ο ψαλιδισμός εμφανίζεται όταν η τάση στα άκρα των διόδων είναι μεγαλύτερη από 0,5 V έως 0,6 V. Παράλληλα αυτό επιβεβαιώνεται και στη λογισμική εξομοίωση που έλαβε μέρος στο κεφάλαιο 3.

Τέλος θα αναφέρουμε τα συμπεράσματα για την συμπεριφορά του ρυθμιστικού **Volume**. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της εξομοίωσης που αναφέρονται στο κεφάλαιο 3 στη σελίδα 41 και 42 με αυτών των πειραματικών που αναφέρονται στη σελίδα 63, για την min θέση του ρυθμιστικού, οι τιμές εξόδου V_{out} για τις δύο περιπτώσεις ήταν 0, κάτι που είναι απόλυτα λογικό διότι το ρυθμιστικό του Volume ελέγχει την τελική έξοδο του σήματος.

Στη Max θέση του ρυθμιστικού Volume η πειραματική τιμή συμφωνεί σχεδόν με αυτήν εξομοίωσης. Δηλαδή για συχνότητα 1000Hz με τα ρυθμιστικά Tone στη μεσαία θέση και overdrive στην min είχαμε πειραματική τιμή εξόδου $V_{out}=175mV$ και τιμή εξόδου εξομοίωσης $V_{out}=170mV$.

Όλες οι πειραματικές τιμές ακολουθούν την ίδια συμπεριφορά με αυτές της εξομοίωσης του λογισμικού. Αυτό, μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το κύκλωμα λειτουργεί σωστά για διαφορες περιπτώσεις θέσεων των ρυθμιστικών του πενταλ Overdrive.

Τελικά συμπεράσματα και παρατηρήσεις

Κατασκευάζοντας και αναλύοντας τη μονάδα εφέ τύπου pedal , αλλά και μέσα από τη χρήση αυτής παρατηρούμε ότι αυτές οι μονάδες οφείλουν να απασχολούν τόσο τους κατασκευαστές όσο και τους μουσικούς στους οποίους απευθύνονται.

Όσον αφορά τους σχεδιαστές, συμπεραίνουμε ότι σκοπό τους αποτελεί η επίτευξη ενός επιθυμητού μουσικού ύφους για τον εκάστοτε καλλιτέχνη αλλά και η εκτέλεση μιας εύχρηστης κατασκευής. Η επίτευξη αυτών των δύο επιδιώξεων θα ορίσει το βαθμό λειτουργικότητας της κατασκευής. Ορισμένες φορές οι σχεδιαστές επιζητούν την κάλυψη μεγάλου εύρους ηχοχρωμάτων, ώστε να απευθύνονται σε μεγαλύτερο αριθμό μουσικών, καταλήγοντας ωστόσο στην δημιουργία πολύπλοκων κυκλωμάτων, αποτελούμενων από πολλά ρυθμιστικά. Συνεπώς, το προϊόν καθίσταται απρόσιτο στον μουσικό, αφού αυξάνεται η δυσκολία χειρισμού του. Σε άλλες περιπτώσεις, η κατασκευή αποκτά τόσο περιορισμένη ποικιλία από άποψη ήχου, ώστε αποτελεί πολύ εξειδικευμένη επιλογή για ένα ορισμένο είδος μουσικής.

Κατά την εκπόνηση της παρούσης πτυχιακής εργασίας, ανακαλύψαμε παρόμοιες τεχνικές. Κάποιες από αυτές είναι οι ενισχυτικές βαθμίδες, ο ψαλιδισμός (υπεροδήγηση) του πλάτους και οι βαθμίδες ελέγχου συχνοτήτων, εφόσον η συμπεριφορά μιας τέτοιας κατασκευής βασίζεται πρωταρχικά στον ψαλιδισμό και εξίσου στον έλεγχο και στην ενίσχυση συγκεκριμένων συχνοτήτων για την απόδοση του επιθυμητού ήχου της κιθάρας.

Επιπρόσθετα, συγκρίνοντας τις μετρήσεις στην εξομοίωση και στο πειραματικό μέρος, καταλάβαμε το ποσοστό αξιοπιστίας των προγραμμάτων εξομοίωσης, ιδίως του προγράμματος LTspice που χρησιμοποιήθηκε. Αφενός, καταλήξαμε ότι η σχεδίαση και προσομοίωση κυκλωμάτων μέσω αυτού αποβαίνει ιδιαίτερα βοηθητική, αφού αποκτάμε μια εικόνα, η οποία συνάδει σε μεγάλο βαθμό με το πραγματικό κύκλωμα. Αφετέρου, η χρήση του προγράμματος αποκλείει την πιθανή αντιμετώπιση επιβαρυντικών παραγόντων που συχνά εμφανίζονται σε πραγματικές συνθήκες, όπως είναι χαρακτηριστικά ο θόρυβος, ο προερχόμενος από κακές κολλήσεις, ελαττωματικές συνδέσεις και γενικά πρόχειρη κατασκευή καθώς και άλλες εξωγενείς επιδράσεις.

Εν κατακλείδι, με την πραγμάτωση της παρούσης εργασίας και την απόκτηση στοιχειώδους εμπειρίας και γνώσης και λαμβάνοντας υπόψιν ότι οι μονάδες εφέ χρησιμοποιούνται πολύ συχνά στις μέρες μας για τα περισσότερα είδη μουσικής, καθίσταται πλέον αναγκαία η εμβάθυνση στον τομέα αυτό από έναν σπουδαστή Μουσικής Τεχνολογίας και αργότερα επαγγελματία του χώρου, και αυτό γιατί,

έχοντας γνώση των μηχανισμών από τους οποίους αποτελείται μια τέτοια μονάδα και σε συνδυασμό με γνώσεις ακουστικής και ηχοληψίας, γίνεται εφικτή η αποτροπή σημαντικών προβλημάτων.

7 Βιβλιογραφία – Πηγές

- [1] Malvino A., «*Ηλεκτρονική*», 2006, εκδόσεις Τζίολα, Θεσσαλονίκη
- [2] Sedra A., Smith K., «*Μικροηλεκτρονικά Κυκλώματα, Α' τόμος*», 1994, εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα
- [3] Millman J., Grabel A., «*Μικροηλεκτρονική, Τόμος Β'*», 1991, εκδόσεις Τζίολα, Θεσσαλονίκη
- [4] Τούλογλου Σ. «*Ηλεκτρικές Μετρήσεις σε κυκλώματα συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος*», 2004, εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα.
- [5] «*Ηλεκτρονικό σχέδιο II*», Ευρωπαϊκές Τεχνολογικές Εκδόσεις, 1997.
- [6] Πακτίτης Σ. «*Τελεστικοί ενισχυτές και γραμμικά ολοκληρωμένα κυκλώματα*», εκδόσεις ΙΩΝ, 2005, Αθήνα.

[7] Ιστοσελίδα: <http://www2.gibson.com/News-Lifestyle/Features/en-us/effects-explained-overdrive.aspx> τελευταία επίσκεψη 10/02/2013

[8] Ιστοσελίδα: http://www.geofex.com/article_folders/TStech/tsxfram.htm τελευταία επίσκεψη 10/02/2013

Ιστοσελίδα: <http://www.gmarts.org/index.php?go=221 - Ovd> τελευταία επίσκεψη 10/02/2013

8 Datasheets



**INTERNATIONAL
SEMICONDUCTOR, Inc.**

GERMANIUM GLASS DIODES

**1N34A
to
1N3773**

MAXIMUM RATINGS *

Operating Temperature: -55 °C to +70 °C
Storage Temperature: -55 °C to +100 °C

* ELECTRICAL CHARACTERISTICS @ 25 C, unless otherwise specified

JEDEC TYPE NUMBERS	PEAK INVERSE VOLTAGE	MAXIMUM FORWARD VOLTAGE			MAXIMUM REVERSE LEAKAGE		REVERSE RECOVERY TIME
		PIV	V_f	I_f	V_{rr}	I_{rr}	
		Volts	Volts	mA	Volts	μ A	
1N34A	80	1.0	5	50	30	-	
1N558	180	1.0	5	150	500	-	
1N60	50	1.0	5	20	40	-	
1N87	22.5	0.3	0.1	1.5	30	-	
1N98A	80	1.0	40	50	100	-	
1N100A	80	1.0	40	50	50	-	
1N270	100	1.0	200	50	100	-	
1N275	100	1.0	40	50	100	300	
1N277	125	1.0	100	50	250	-	
1N278	80	1.0	20	50	125 (1)	-	
1N527	10	0.3	1	10	50	-	
1N695	20	1.0	100	10	2	300	
1N695A	25	0.5	10	10	2	300	
1N949	50	0.38	10	10	10	-	
1N995	15	0.5	10	6	10	6	
1N996	25	1.0	40	15	15	300	
1N3466	40	0.5	200	30	15	-	
1N3467	15	0.8	20	10	15	2	
1N3489	35	1.0	800	20	15	-	
1N3666	80	1.0	200	20	10	300	
1N3773	25	0.5	15	3	4	40	

* JEDEC Registered Data.

(1) $T_c = -75^\circ\text{C}$

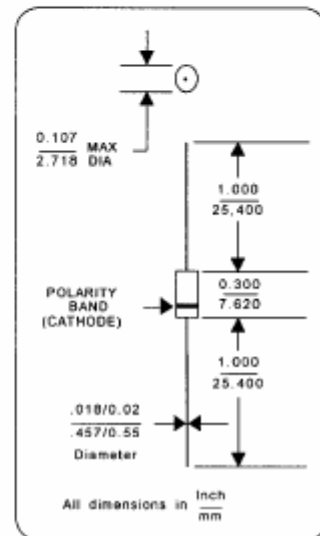


FIGURE 1

DESIGN DATA

CASE: Hermetically sealed glass case, DO-7 Outline.

LEAD MATERIAL: Copper Clad Steel

LEAD FINISH: Tin Plate

THERMAL RESISTANCE:
250 °C/w (Typical)
junction to ambient.

POLARITY: Diode to be operated with the banded (cathode) end positive with respect to the opposite end

WEIGHT: 0.2 Grams

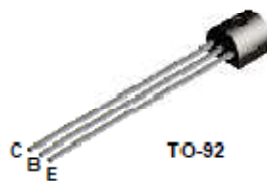
MOUNTING POSITION: Any

252 Cox Street, Roselle, NJ, USA, 07203-1704 ■ 908 245-2233

Toll-Free (800) 392-2474

Fax: (908) 245-5541

MPSA18



NPN General Purpose Amplifier

This device is designed for low noise, high gain, applications at collector currents from 1 μ A to 50 mA. Sourced from Process 07. See 2N5088 for characteristics.

Absolute Maximum Ratings*

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V _{CEO}	Collector-Emitter Voltage	45	V
V _{CBO}	Collector-Base Voltage	45	V
V _{EB0}	Emitter-Base Voltage	6.5	V
I _C	Collector Current - Continuous	100	mA
T _J , T _{stg}	Operating and Storage Junction Temperature Range	-55 to +150	°C

* These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

NOTES:

- 1) These ratings are based on a maximum junction temperature of 150 degrees C.
- 2) These are steady state limits. The factory should be consulted on applications involving pulsed or low duty cycle operations.

Thermal Characteristics

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Characteristic	Max	Units
		MPSA18	
P _D	Total Device Dissipation Derate above 25°C	625	mW
		5.0	mW/°C
R _{θJC}	Thermal Resistance, Junction to Case	83.3	°C/W
R _{θJA}	Thermal Resistance, Junction to Ambient	200	°C/W

NPN General Purpose Amplifier

(continued)

Electrical Characteristics

TA = 25°C unless otherwise noted

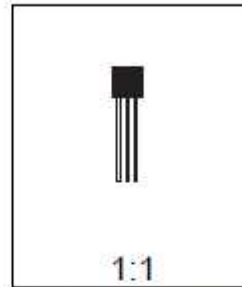
Symbol	Parameter	Test Conditions	Min	Max	Units
OFF CHARACTERISTICS					
$V_{BR(CEO)}$	Collector-Emitter Breakdown Voltage*	$I_C = 10 \text{ mA}, I_B = 0$	45		V
$V_{BR(CBO)}$	Collector-Base Breakdown Voltage	$I_C = 100 \mu\text{A}, I_E = 0$	45		V
$V_{BR(EB0)}$	Emitter-Base Breakdown Voltage	$I_E = 10 \mu\text{A}, I_C = 0$	0.5		V
I_{CBO}	Collector Cutoff Current	$V_{CE} = 30 \text{ V}, I_B = 0$		50	nA
ON CHARACTERISTICS*					
h_{FE}	DC Current Gain	$V_{CE} = 5.0 \text{ V}, I_C = 10 \mu\text{A}$ $V_{CE} = 5.0 \text{ V}, I_C = 100 \mu\text{A}$ $V_{CE} = 5.0 \text{ V}, I_C = 1.0 \text{ mA}$ $V_{CE} = 5.0 \text{ V}, I_C = 10 \text{ mA}$	400 500 500 500	1500	
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10 \text{ mA}, I_B = 0.5 \text{ mA}$ $I_C = 50 \text{ mA}, I_B = 5.0 \text{ mA}$		0.2 0.3	V
$V_{BE(on)}$	Base-Emitter On Voltage	$V_{CE} = 5.0 \text{ V}, I_C = 1.0 \text{ mA}$		0.7	V
SMALL SIGNAL CHARACTERISTICS					
C_{cb}	Collector-Base Capacitance	$V_{CE} = 5.0 \text{ V}, f = 1.0 \text{ MHz}$		3.0	pF
C_{eb}	Emitter-Base Capacitance	$V_{EB} = 0.5 \text{ V}, f = 1.0 \text{ MHz}$		6.5	pF
f_T	Current Gain - Bandwidth Product	$I_C = 1.0 \text{ mA}, V_{CE} = 5.0 \text{ V},$ $f = 100 \text{ MHz}$	100		MHz
NF	Noise Figure	$V_{CE} = 5.0 \text{ V}, I_C = 100 \mu\text{A},$ $R_B = 10 \text{ k}\Omega, f = 1.0 \text{ kHz},$		1.5	dB

* Pulse Test: Pulse Width $\leq 300 \mu\text{s}$, Duty Cycle $\leq 2.0\%$

TO-92 Package Dimensions



TO-92 (FS PKG Code 92, 94, 96)



1:1

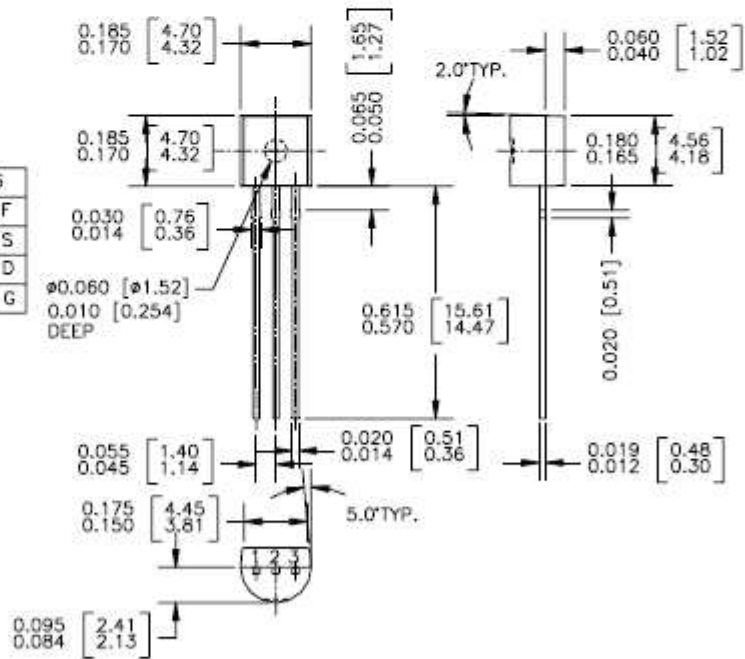
Scale 1:1 on letter size paper

Dimensions shown below are in:
Inches [millimeters]

Part Weight per unit (gram): 0.1977

TO-92 (92,94,96)

PIN	92		94		96	
	B	F	B	F	B	F
1	E	D	E	D	B	S
2	B	S	C	G	E	D
3	C	G	B	S	C	G



TRADEMARKS

The following are registered and unregistered trademarks Fairchild Semiconductor owns or is authorized to use and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

ACEx™	FASTr™	PowerTrench®	SyncFET™
Bottomless™	GlobalOptoisolator™	QFET™	TinyLogic™
CoolFET™	GTO™	QS™	UHC™
CROSSVOLT™	HiSeC™	QT Optoelectronics™	VCX™
DOME™	ISOPLANAR™	Quiet Series™	
E ² CMOS™	MICROWIRE™	SILENT SWITCHER®	
EnSigna™	OPTOLOGIC™	SMART START™	
FACT™	OPTOPLANAR™	SuperSOT™-3	
FACT Quiet Series™	PACMAN™	SuperSOT™-6	
FAST®	POP™	SuperSOT™-8	

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.

2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

PRODUCT STATUS DEFINITIONS

Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative or In Design	This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
No Identification Needed	Full Production	This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
Obsolete	Not In Production	This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild semiconductor. The datasheet is printed for reference information only.

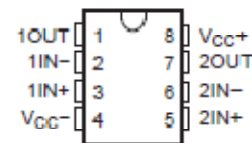
Rev. G

DUAL GENERAL-PURPOSE OPERATIONAL AMPLIFIER

 Check for Samples: [RC4558](#)

FEATURES

- Continuous Short-Circuit Protection
- Wide Common-Mode and Differential Voltage Ranges
- No Frequency Compensation Required
- Low Power Consumption
- No Latch-Up
- Unity-Gain Bandwidth . . . 3 MHz Typ
- Gain and Phase Match Between Amplifiers
- Low Noise . . . 8 nV/√Hz Typ at 1 kHz

 D, DGK, P, PS, OR PW PACKAGE
(TOP VIEW)


DESCRIPTION/ORDERING INFORMATION

The RC4558 device is a dual general-purpose operational amplifier, with each half electrically similar to the μ A741, except that offset null capability is not provided.

The high common-mode input voltage range and the absence of latch-up make this amplifier ideal for voltage-follower applications. The device is short-circuit protected, and the internal frequency compensation ensures stability without external components.

Table 1. ORDERING INFORMATION

T _A	PACKAGE ⁽¹⁾		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	MSOP/VSSOP – DGK	Reel of 2500	RC4558DGKR	YR ₂ ⁽²⁾
	PDIP – P	Tube of 50	RC4558P	RC4558P
	SOIC – D	Tube of 75	RC4558D	RC4558
		Reel of 2500	RC4558DRG3	
	SOP – PS	Reel of 2000	RC4558PSR	R4558
	TSSOP – PW	Tube of 150	RC4558PW	R4558
Reel of 2000		RC4558PWR		
–40°C to 85°C	MSOP/VSSOP – DGK	Reel of 2500	RC4558IDGKR	YS ₂ ⁽²⁾
	PDIP – P	Tube of 50	RC4558IP	RC4558IP
	SOIC – D	Tube of 75	RC4558ID	R4558I
		Reel of 2500	RC4558IDR	
	TSSOP – PW	Tube of 150	RC4558IPW	R4558I
		Reel of 2000	RC4558IPWR	

(1) Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.

(2) The actual top-side marking has one additional character that designates the assembly/test site.

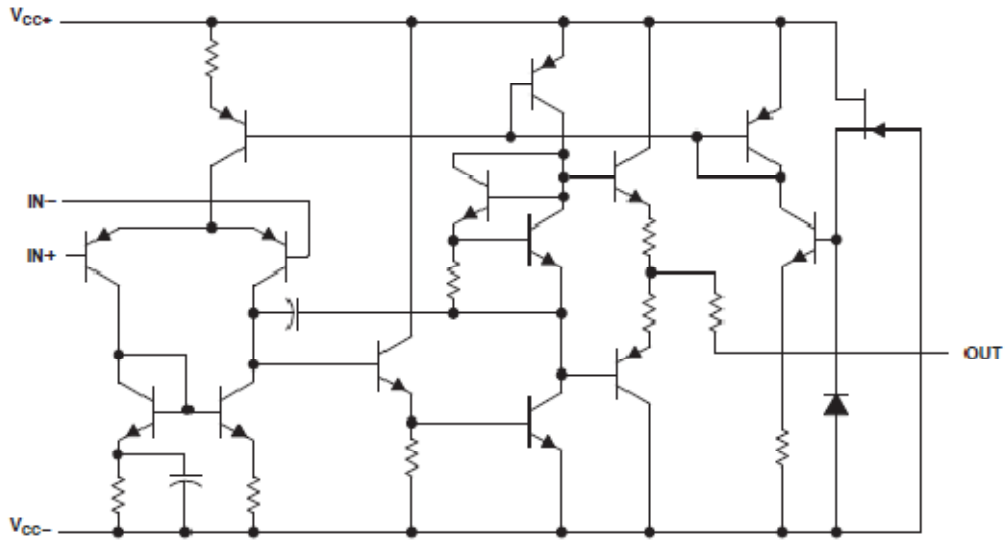


Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of the Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 1976–2010, Texas Instruments Incorporated

SCHEMATIC (EACH AMPLIFIER)



Absolute Maximum Ratings⁽¹⁾

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

		MIN	MAX	UNIT
V_{CC+}	Supply voltage ⁽²⁾		18	V
V_{CC-}			-18	
V_{ID}	Differential input voltage ⁽³⁾		±30	V
V_I	Input voltage (any input) ^{(2) (4)}		±15	V
Duration of output short circuit to ground, one amplifier at a time ⁽⁵⁾			Unlimited	
θ_{JA}	Package thermal impedance ^{(6) (7)}	D package	97	°C/W
		DGK package	172	
		P package	85	
		PS package	95	
		PW package	149	
T_J	Operating virtual junction temperature		150	°C
T_{stg}	Storage temperature range	-65	150	°C

- (1) Stresses beyond those listed under *Absolute Maximum Ratings* may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under *Recommended Operating Conditions* is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.
- (2) All voltage values, unless otherwise noted, are with respect to the midpoint between V_{CC+} and V_{CC-} .
- (3) Differential voltages are at IN+ with respect to IN-.
- (4) The magnitude of the input voltage must never exceed the magnitude of the supply voltage or 15 V, whichever is less.
- (5) Temperature and/or supply voltages must be limited to ensure that the dissipation rating is not exceeded.
- (6) Maximum power dissipation is a function of T_J (max), θ_{JA} , and T_A . The maximum allowable power dissipation at any allowable ambient temperature is $P_D = (T_J(\text{max}) - T_A)/\theta_{JA}$. Operating at the absolute maximum T_J of 150°C can affect reliability.
- (7) The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7.

Recommended Operating Conditions

		MIN	MAX	UNIT	
V_{CC+}	Supply voltage	5	15	V	
V_{CC-}		-5	-15		
T_A	Operating free-air temperature	RC4558	0	70	°C
		RC4558I	-40	85	

Electrical Characteristics

at specified free-air temperature, $V_{CC+} = 15\text{ V}$, $V_{CC-} = -15\text{ V}$

PARAMETER		TEST CONDITIONS ⁽¹⁾	T_A ⁽²⁾	MIN	TYP	MAX	UNIT
V_{IO}	Input offset voltage	$V_O = 0$	25°C		0.5	6	mV
			Full range			7.5	
I_{IO}	Input offset current	$V_O = 0$	25°C		5	200	nA
			Full range			300	
I_{IB}	Input bias current	$V_O = 0$	25°C		150	500	nA
			Full range			800	
V_{ICR}	Common-mode input voltage range		25°C	±12	±14		V
V_{OM}	Maximum output voltage swing	$R_L = 10\text{ k}\Omega$	25°C	±12	±14		V
			25°C	±10	±13		
			Full range	±10			
A_{VD}	Large-signal differential voltage amplification	$R_L \geq 2\text{ k}\Omega$, $V_O = \pm 10\text{ V}$	25°C	20	300		V/mV
			Full range	15			
B_1	Unity-gain bandwidth		25°C		3		MHz
r_i	Input resistance		25°C	0.3	5		M Ω
$CMRR$	Common-mode rejection ratio		25°C	70	90		dB
k_{SVS}	Supply-voltage sensitivity ($\Delta V_{IO}/\Delta V_{CC}$)	$V_{CC} = \pm 15\text{ V}$ to $\pm 9\text{ V}$	25°C		30	150	$\mu\text{V/V}$
V_n	Equivalent input noise voltage (closed loop)	$A_{VD} = 100$, $R_S = 100\ \Omega$, $f = 1\text{ kHz}$, $BW = 1\text{ Hz}$	25°C		8		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
I_{CC}	Supply current (both amplifiers)	$V_O = 0$, No load	25°C		2.5	5.8	mA
			T_A min		3	6.8	
			T_A max		2.3	5	
P_D	Total power dissipation (both amplifiers)	$V_O = 0$, No load	25°C		75	170	mW
			T_A min		90	200	
			T_A max		70	150	
V_{O1}/V_{O2}	Crosstalk attenuation	Open loop $A_{VD} = 100$	$R_S = 1\text{ k}\Omega$, $f = 10\text{ kHz}$	25°C		85	dB
						105	

(1) All characteristics are measured under open-loop conditions with zero common-mode input voltage, unless otherwise specified.

(2) Full range is 0°C to 70°C for RC4558 and -40°C to 85°C for RC4558L.

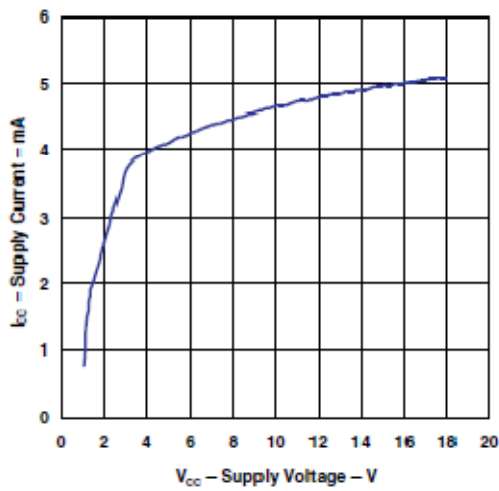
Operating Characteristics

$V_{CC+} = 15\text{ V}$, $V_{CC-} = -15\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$

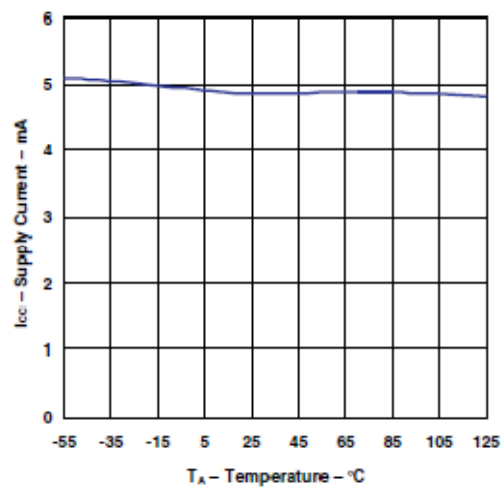
PARAMETER	TEST CONDITIONS			MIN	TYP	MAX	UNIT
t_r	Rise time	$V_I = 20\text{ mV}$, $R_L = 2\text{ k}\Omega$, $C_L = 100\text{ pF}$			0.13		ns
	Overshoot	$V_I = 20\text{ mV}$, $R_L = 2\text{ k}\Omega$, $C_L = 100\text{ pF}$			5		%
SR	Slew rate at unity gain	$V_I = 10\text{ V}$, $R_L = 2\text{ k}\Omega$, $C_L = 100\text{ pF}$		1.1	1.7		V/ μs

TYPICAL CHARACTERISTICS

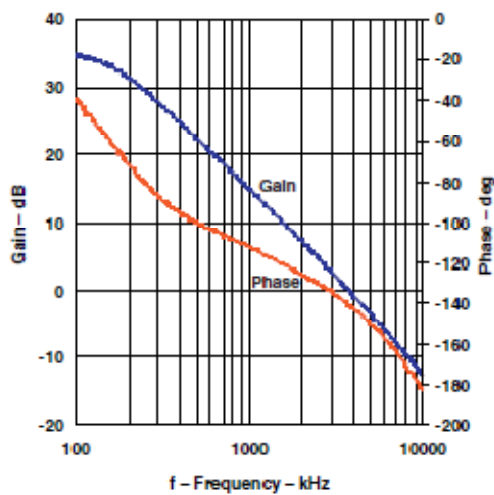
SUPPLY CURRENT
VS
SUPPLY VOLTAGE
($T_A = 25^\circ\text{C}$)



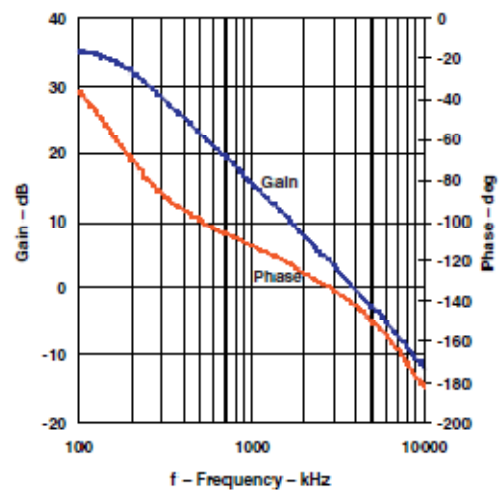
SUPPLY CURRENT
VS
TEMPERATURE
($V_{CC} = \pm 15\text{ V}$)



GAIN AND PHASE
VS
FREQUENCY
($V_{CC} = \pm 15\text{ V}$, $R_L = 2\text{ k}\Omega$, $C_L = 22\text{ pF}$)



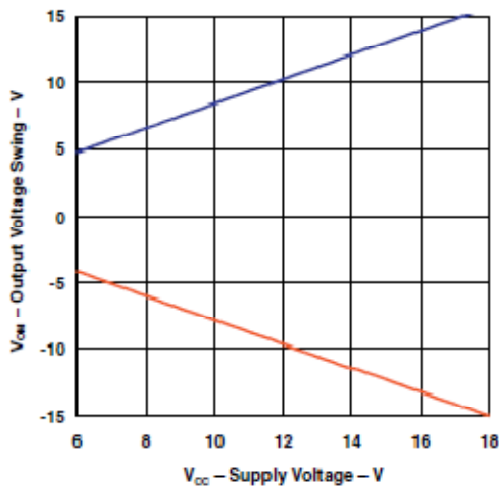
GAIN AND PHASE
VS
FREQUENCY
($V_{CC} = \pm 15\text{ V}$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$, $C_L = 22\text{ pF}$)



TYPICAL CHARACTERISTICS (continued)

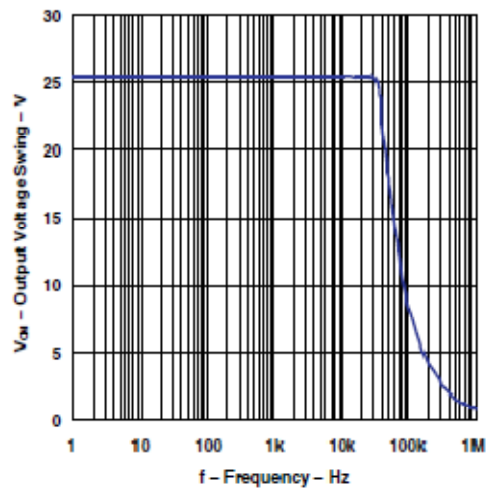
OUTPUT VOLTAGE SWING

VS
SUPPLY VOLTAGE
($R_L = 2\text{ k}\Omega$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)



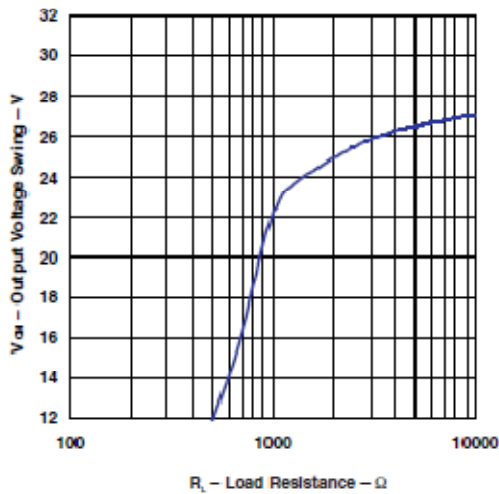
OUTPUT VOLTAGE SWING

VS
FREQUENCY
($V_{CC} = \pm 15\text{ V}$, $R_L = 2\text{ k}\Omega$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)



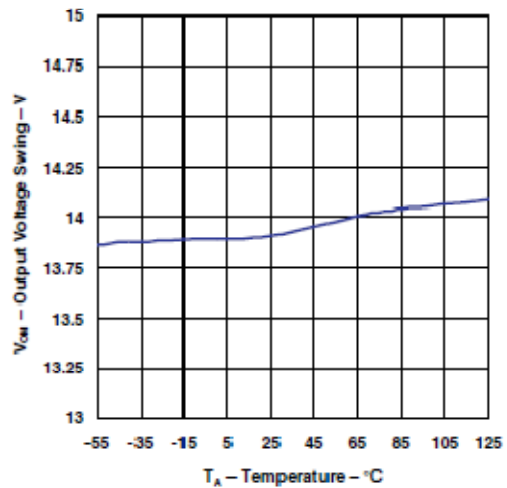
OUTPUT VOLTAGE SWING

VS
LOAD RESISTANCE
($V_{CC} = \pm 15\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)



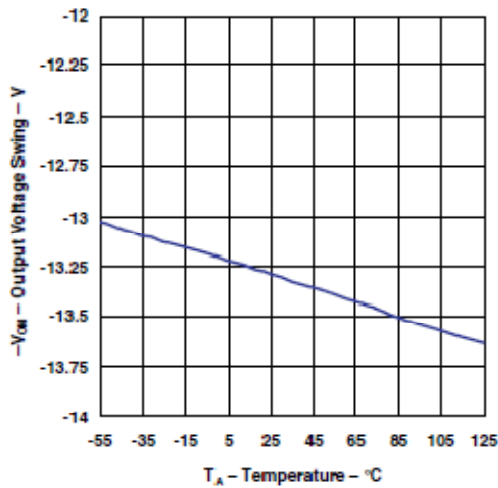
OUTPUT VOLTAGE SWING

VS
TEMPERATURE
($V_{CC} = \pm 15\text{ V}$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$)

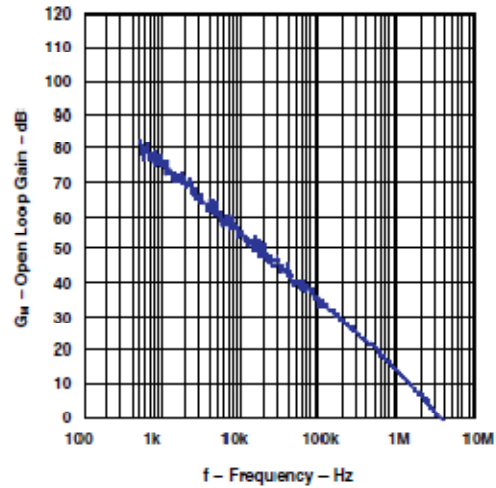


TYPICAL CHARACTERISTICS (continued)

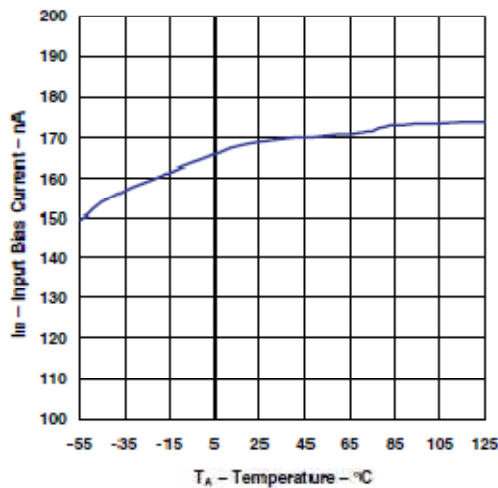
NEGATIVE OUTPUT VOLTAGE SWING
vs
TEMPERATURE
($V_{CC} = \pm 15\text{ V}$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$)



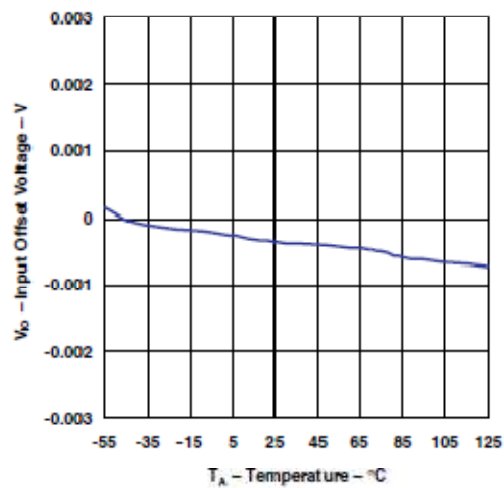
OPEN LOOP GAIN
vs
FREQUENCY
($V_{CC} = \pm 15\text{ V}$, $R_L = 2\text{ k}\Omega$, $C_L = 22\text{ pF}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)



INPUT BIAS CURRENT
vs
TEMPERATURE
($V_{CC} = \pm 15\text{ V}$)



INPUT OFFSET VOLTAGE
vs
TEMPERATURE
($V_{CC} = \pm 15\text{ V}$)



TYPICAL CHARACTERISTICS (continued)
INPUT NOISE VOLTAGE
VS
FREQUENCY
($V_{CC} = \pm 15\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)

