

Παράρτημα Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΟΥΣΙΚΗΣ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ

Πτυχιακή εργασία με θέμα:
«Κατασκευή Κυκλώματος Αναλογικού
Delay effect»

Όνομα φοιτητή: Σκούρτης Κωνσταντίνος

A.M.:713

Επιβλέπων καθηγητής: Βενιέρης Ελευθέριος

Περιεχόμενα

	Σελ.
Περιεχόμενα:.....	2
Σκοπός:.....	3
Πρόλογος:.....	5
Εισαγωγή:.....	6
Κεφάλαιο 1: Ιστορικά στοιχεία για το delay.....	6
1.1:Αναλογικό Delay.....	7
1.2: Ψηφιακό Delay.....	10
Κεφάλαιο 2: Κατασκευή Κυκλώματος.....	13
2.1:Κύκλωμα.....	16
2.2:PT2399 chip.....	18
2.3:SA571 compandor.....	26
2.4:Περιγραφή κυκλώματος.....	26
2.5:Λεπτομέριες.....	33
2.6:Κελί μεταβλητού κέρδους.....	37
2.7:Λειτουργία ενισχυτή.....	44

Κεφάλαιο 3:

:Μετρήσεις.....	:45
:Συμπεράσματα.....	:48
3.1:Εξαρτήματα.....	:49
3.2:Σημιώσεις κατασκευής:.....	:50
3.3:Φωτογραφίες:.....	:50
3.4:Βιβλιογραφία.....	:51

Σκοπός:

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας αυτής είναι να μας δείξει πως αυτό το συγκεκριμένο ηχητικό πετάλι εφέ μπορεί να γίνει ένα σημαντικό κίνητρο για τον οποιοδήποτε που θα θελήσει να ασχοληθεί ερασιτεχνικά με την κατασκευή ηχητικών εφέ τέτοιου τύπου. Ένας σημαντικός λόγος για να ξεκινήσει κάποιος την ενασχόληση του με τέτοιου είδους κατασκευές

είναι το χαμηλό κόστος αγοράς των εξαρτημάτων και η ευκολία στην τοποθέτηση των υλικών εξαρτημάτων του, αφού υπάρχουν και σχετικές οδηγίες που οδηγούν βήμα -βήμα τον ενδιαφερόμενο στην ομαλή ολοκλήρωση της κατασκευής.

Επίσης το ηχητικό εφέ αυτό μπορεί να συναγωνιστεί ισάξια αν όχι και καλύτερα τα υπόλοιπα παρόμοια ηχητικά εφέ τις αγοράς αφού διαθέτη αρκετά καλύτερη ποιότητα στον ήχο του σε σύγκριση πάντα με τα αντίστοιχης τιμής που διαθέτη η αγορά.

Ακόμα, αυτό το ηχητικό εφέ είναι μια καλή επιλογή, γιατί διαθέτη τις βασικές παραμέτρους ενός delay effect, οι οποίες θα βοηθήσουν τον ενδιαφερόμενο να ασχοληθεί καλύτερα με τον τρόπο που λειτουργούν αυτού του τύπου ηχητικές κατασκευές εφέ.

Πρόλογος:

Στην πτυχιακή αυτή εργασία το θέμα το οποίο θα παρουσιασθεί είναι η κατασκευή ενός ψηφιακού delay effect(μια ιδέα του Scott Swartz) το οποίο θα παρεμβάλλεται από τις εξής παραμέτρους που θα επεμβαίνουν για την διαμόρφωση του εισερχόμενου ηχητικού σήματος χρονικά και οι οποίες θα είναι:

A) Time repeats (οι χρονικές επαναλήψεις):

Στην παράμετρο αυτή το σήμα που θα εισέρχεται από το όργανο(ηλεκτρική κιθάρα ή ηλεκτρικό μπάσο) στην κατασκευή και θα παρεμβάλλεται μέσω της παράμετρο αυτής, θα ρυθμίζει το πόσες φορές θα επαναλαμβάνεται το σήμα, δηλαδή το πόσο γρήγορα θα επαναλαμβάνεται το σήμα.

B) Delaytime (ο χρόνος καθυστέρησης):

Στην παράμετρο αυτή το σήμα που παρεμβάλλεται από αυτή την παράμετρο θα ρυθμίζει τον χρόνο με τον οποίο θα καθυστερεί το αρχικό σήμα, δηλαδή το πόσο κοντά ή μακριά χρονικά θα είναι το επαναλαμβανόμενο σήμα σε σχέση με το αρχικό του σήμα.

Γ) Delay Level (το επίπεδο του delay):

Η παράμετρος αυτή καθορίζει το επίπεδο του παρεμβαλλόμενου σήματος στο αρχικό σήμα. Επίσης στην συσκευή θα υπάρχει και ένας διακόπτης bypass ο οποίος θα θέτει ή όχι σε λειτουργία το εφέ. Αν ο διακόπτης είναι σε λειτουργία On τότε το σήμα που μπαίνει στην είσοδο μένει ανεπηρέαστο κατά την έξοδό του, ενώ αν είναι σε λειτουργία off το σήμα εισόδου αλλάζει στην έξοδο λόγω της παρεμβολής του εφέ.

Εισαγωγή:

Η εργασία αυτή θα αποτελείται από τρία κεφάλαια στα οποία θα αναφέρονται πληροφορίες σχετικά με το delay effect μέσα στους χρόνους της ύπαρξης του, καθώς και πληροφορίες για την κατασκευή του δικού μου delay effect. Αναλυτικά, στα κεφάλαια θα παρουσιάσω μια ιστορική αναδρομή του εφέ. Στην συνέχεια θα αναφέρω τις διαφορές ενός digital delay από ένα analog delay και πληροφορίες σχετικά με αυτά τα 2 καθώς και διάφορες τεχνικές που έχουν γίνει. Μετά θα παρουσιάσω την κατασκευή delay με την οποία ασχολήθηκα εγώ αποτελούμενη από το θεωρητικό και το πρακτικό μέρος αυτής και στο τέλος τα συμπεράσματα που βγήκαν από τις μετρήσεις της κατασκευής αυτής.

Ιστορικά για το Delay:

Το delay είναι ένα εφέ το οποίο καταγράφει ένα σήμα εισόδου προς ένα μέσο αποθήκευσης ήχου, όπου στην συνέχεια επαναλαμβάνεται μετά από ένα χρονικό διάστημα. Το delay σήμα μπορεί να αναπαραχθεί είτε πολλές φορές ή να αναπαραχθεί κατά την ηχογράφηση, με αποτέλεσμα να δημιουργήσει μια επανάληψη(decaying echo).

Πρώιμα συστήματα Delay

Τα πρώτα αποτελέσματα καθυστέρησης επιτεύχθηκαν χρησιμοποιώντας ταινίες επαναλήψεως (Loops), όπου αυτοσχεδίαζαν από μπομπίνα σε μπομπίνα (reel to reel) σε συστήματα μαγνητικής εγγραφής. Με βράχυνση ή με επιμήκυνση του βρόγχου της ταινίας και με την προσαρμογή της ανάγνωσης των κεφαλών, η φύση της καθυστερημένης ηχού θα μπορούσε να ελεγχθεί. Η τεχνική αυτή γινόταν πιο συχνά μεταξύ των πρώτων συνθετών του Musique concrete (Pierre Schaeffer), και σε συνθέτες όπως ο Karlheinz Stockhausen, ο οποίος είχε επινοήσει περίτεχνα συστήματα που περιλάμβαναν μεγάλες ταινίες και πολλαπλές συσκευές εγγραφής και αναπαραγωγής. Οι μηχανικοί ήχου που εργάζονταν στη λαϊκή μουσική γρήγορα προσάρμοσαν παρόμοιες τεχνικές, για να αυξήσουν τη χρήση τους από πλάκες αντήχησης (plate reverb). Η τεχνική tape echo έγινε εμπορικά διαθέσιμη την δεκαετία του '50.

Αναλογικό Delay:

Echoplex ep-2

Πριν από την δημιουργία της τεχνολογίας καθυστέρησης του ήχου, η μουσική που χρησιμοποιούσε μια καθυστερημένη ηχώ έπρεπε να καταγράφεται σε ένα φυσικό χώρο αντήχησης, επειδή δημιουργούσε ενόχληση στους μουσικούς και στους μηχανικούς. Η δημοτικότητα ενός «εύκολα να εφαρμοστείς» σε πραγματικό χρόνο εφέ αντήχησης οδήγησε στην παραγωγή των συστημάτων

που προσφέρουν «όλα σε μια συσκευή εφέ» η οποία θα μπορούσε να ρυθμιστεί έτσι ώστε να παράγει ήχους από κάθε διάστημα ή πλάτος. Η παραγωγή πολλαπλών συνδέσεων(playback heads) δημιούργησε την δυνατότητα να έχουμε ρυθμικές καθυστερήσεις σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα. Αυτό επέτρεψε στους μουσικούς να δημιουργήσουν ένα πρόσθετο μέσο έκφρασης για τις περιοδικές καθυστερήσεις.

Πολλοί επεξεργαστές καθυστέρησης με βάση την αναλογική ηχογράφηση ταινίας, όπως για παράδειγμα το Ray Butt EchoSonic(1952), Mike Battle's Echoplex(1959), ή το Roland Space Echo(1973), χρησιμοποίησε την μαγνητική ταινία κατά την ηχογράφηση σε μέσο αναπαραγωγής. Ηλεκτροκινητήρες καθοδηγούν έναν βρόγχο ταινίας μέσω μιας συσκευής που αποτελείται από μια ποικιλία μηχανισμών που επιτρέπουν την τροποποίηση των παραμέτρων του εφέ. Στην περίπτωση του δημοφιλούς Echoplex er-2, η κεφαλή είχε οριστεί, ενώ ένας συνδυασμός καταγραφής και κεφαλής διαγραφής τοποθετήθηκε σε μια διαφάνεια, έτσι ο χρόνος καθυστέρησης της ηχού ρυθμίστηκε με την αλλαγή της απόστασης μεταξύ της εγγραφής και των κεφαλών εγγραφής. Στην space echo τεχνική, όλες οι κεφαλές είναι σταθερές, αλλά η ταχύτητα της ταινίας θα μπορούσε να ρυθμίζεται αλλάζοντας τον χρόνο καθυστέρησης. Η λεπτή μαγνητική ταινία δεν ήταν εξολοκλήρου η κατάλληλη για συνεχόμενη λειτουργία, ωστόσο όποτε ο βρόγχος ταινίας έπρεπε να αντικατασταθεί από χρόνο σε χρόνο για να διατηρηθεί η πιστότητα του ήχου στους επεξεργασμένους ήχους.

Η Bishop Echorec, είναι άλλη μια δημοφιλής μονάδα, χρησιμοποιεί ένα περιστρεφόμενο μαγνητικό τύμπανο ως μέσο αποθήκευσης του. Αυτό παρείχε ένα πλεονέκτημα σε σχέση με την ταινία, καθώς τα ανθεκτικά βαρέλια ήταν σε θέση να διαρκέσουν για πολλά χρόνια, με μικρή επιδείνωση στην ποιότητα του ήχου. Άλλες συσκευές που χρησιμοποιούνται για περιστροφή μαγνητικών δίσκων, δεν είναι εντελώς αντίθετα από εκείνα που χρησιμοποιούνται στους σύγχρονους σκληρούς δίσκους.

Ο Robert Fripp(κιθαρίστας των king crimson) χρησιμοποίησε δύο τροχούς Revox , ένα όργανο που τυλίγει τα μαγνητόφωνα έτσι ώστε να επιτευχθούν πολύ μεγάλοι χρόνοι καθυστέρησης για την απόδοση στα solos της κιθάρας. Αυτή η τεχνολογία έχει ονομαστεί “Frippertronics”, τα οποία χρησιμοποιούσε στις ηχογραφήσεις. Ο John Martyn, επίσης είναι ευρέως γνωστός ως ο πρωτοπόρος της Echoplex. Ενδέχεται η πρώτη ένδειξη για την χρήση του μπορεί να ακουστεί στα τραγούδια Believe Me και στο Stormbringer, albums που κυκλοφόρησαν το Φεβρουάριο του 1970. Αυτή ήταν και η πρώτη γεύση των πραγμάτων που ήρθαν απ’ το ενδιαφέρον του John Martyn για τα ηλεκτρονικά και τις απεριόριστες δυνατότητες της ηλεκτρονικής μουσικής.

Επιζών αναλογικές μονάδες καθυστέρησης (delay) έγιναν διαθέσιμες στη δεκαετία του '70 και ήταν εν συντομία μια επικρατούσα εναλλακτική λύση για echo tape. Αν και τα solid state αναλογικά delays ήταν λιγότερο εύχρηστα από ότι τα ψηφιακά delays και γενικά έχουν μικρότερες χρονικές καθυστέρησης. Τα διάφορα κλασσικά μοντέλα όπως αυτό της Boss DM-2 είναι ακόμα περιζήτητα και ο λόγος είναι επειδή έχουν πιο "ζεστό" ήχο.

Ψηφιακό Delay:

Ibanez DE-7 Delay Pedal

Η διαθεσιμότητα των ψηφιακών ηλεκτρονικών σημάτων επεξεργασίας στα τέλη της δεκαετίας του 1970 και του 1980 οδήγησαν στην ανάπτυξη των πρώτων ψηφιακών εφέ καθυστέρησης. Η πρώτη ψηφιακή καθυστέρηση που προσφέρεται σε ένα πεντάλ ήταν η Boss DD-2 το 1984. Τα Rack Mounted delay units εξελίχθηκαν σε ψηφιακές μονάδες αντήχησης και σε ψηφιακές μονάδες multieffects ικανή για πιο εξελιγμένα εφέ από τη καθαρή καθυστέρηση, όπως αντήχηση(reverb) ήχου και χρονοδιάγραμμα βήματος τροποποίησης αποτελέσματος(audio timescale-pitch modification).

Τα πρώτα γνωστά σχέδια και ίσως τα πρώτα, ήταν τα πρωτότυπα από μια εταιρία με έδρα την Βοστώνη το 1976. Η βασική τεχνολογία που τα αποτελούσε ήταν μια Reticon SAD1024IC.

Early battery guitar design, 1976

Στην ψηφιακή λειτουργία καθυστέρησης τα συστήματα δειγματίζουν το σήμα εισόδου μέσω ενός analog to digital converter, μετά το σήμα διέρχεται μέσω μιας σειράς από επεξεργαστές ψηφιακού σήματος οι οποίοι τα καταγράφουν σε ένα ρυθμιστικό διάλυμα αποθήκευσης. Το παρεμβαλλόμενο σήμα

στην έξοδο(wet) θα συγχωνευθεί με το αρχικό σήμα(dry) πριν ή μετά αφότου σταλεί στον μετατροπέα αναλογικού σε ψηφιακού σήματος εξόδου. Πολλές σύγχρονες ψηφιακές καθυστερήσεις παρουσιάζουν μια μεγάλη γκάμα επιλογών, συμπεριλαμβανομένου του ελέγχου πάνω στον χρόνο πριν την αναπαραγωγή του καθυστερημένου σήματος. Επίσης επιτρέπουν στον χρήστη να επιλέξει το συνολικό επίπεδο του επεξεργασμένου σήματος σε σχέση με το μη τροποποιημένο σήμα. Μερικά συστήματα επιτρέπουν σήμερα περισσότερους ελέγχους, όπως είναι η ικανότητα να προστεθεί ένα φίλτρο ήχου ή να αναπαράγει το σήμα αντίστροφα. Καθώς οι ψηφιακές μνήμες(digital memories) έγιναν φθηνότερες την δεκαετία του '80, μονάδες σαν αυτές της Lexicon PCM84,Roland SDE-3000, TC Electronics 2290 προσφέρουν παραπάνω από 3 δευτερόλεπτα χρόνο καθυστέρησης, αρκετό χρόνο έτσι ώστε να δημιουργηθούν background loops, ρυθμοί και φράσεις. Το 2290 αναβαθμίστηκε σε 32 δευτερόλεπτα χρόνο καθυστέρησης και η Electro Harmonix στα 16 δευτερόλεπτα.

Λογισμικό Υπολογιστών

Λογισμικό Delayorama Steve Harris

Τα λογισμικά με βάση τις καθυστερήσεις είναι πιο δημοφιλή την σημερινή εποχή από μουσικούς της ηλεκτρονικής μουσικής και από αυτούς προτιμούν την δοκιμή σε ένα ψηφιακής επεξεργασίας περιβάλλον ήχου. Στη popular και στην ηλεκτρονική μουσική οι κιθαρίστες χρησιμοποιούν το delay για να παράγουν delay σήμα και να παρουσιάσουν πυκνές υφές επικάλυψης σε νότες με ρυθμικούς εμπλουτισμούς. Οι τραγουδιστές και οι υπόλοιποι οργανοπαίχτες το χρησιμοποιούν

για να προσθέσουν μια 'αιθέρια' χροιά στον τρόπο που τραγουδούν ή παίζουν. Καθυστερήσεις των 10 δευτερολέπτων και άνω χρησιμοποιούνται για να δημιουργήσουν μια ολόκληρη μουσική φράση.

Echorplex: Είναι ένας όρος που εφαρμόζεται συχνά για την χρήση πολλαπλών ηχώ (echoes) που επαναλαμβάνονται κατά προσέγγιση σε συγχρονισμό με ένα μουσικό ρυθμό, έτσι ώστε οι νότες που παίζουν να συνδυάζουν και να επανασυνδέονται σε ενδιαφέροντες τρόπους. Στην πραγματικότητα αυτό ήταν το όνομα μιας συγκεκριμένης μονάδας καθυστέρησης, της Maestro Echorplex.

Slapback echo:

Χρησιμοποιεί ένα μεγαλύτερο χρόνο καθυστέρησης(εβδομήντα πέντε έως 250 χιλιοστά του δευτερολέπτου), με μικρή ή καθόλου ανατροφοδότηση. Το αποτέλεσμα είναι τα χαρακτηριστικά φωνητικά στους rock and roll δίσκους της δεκαετίας του '50, ιδίως εκείνων που έχουν εκδοθεί από την Sun. Ο ιρλανδός κιθαρίστας των U2, The Edge ήταν επίσης γνωστός για την διάδοση της χρήσης της καθυστέρησης Slapback ως μελωδική συσκευή στη δεκαετία του '80. Μερικές φορές χρησιμοποιείται σε μέσα όπως είναι τα τύμπανα και διάφορα άλλα κρουστά. Το Slapback συχνά προσφέρεται για να αναπαράγει μια ανατροφοδότηση του σήματος εξόδου από την κεφαλή αναπαραγωγής μιας ταινίας ηχογράφησης σε μια κεφαλή ηχογράφησης, το κενό μεταξύ κεφαλών, η ταχύτητα της ταινίας και η επιλογή της έντασης είναι οι κύριοι παράγοντες ελέγχου. Οι αναλογικές και ύστερα και οι ψηφιακές συσκευές μπορούσαν εξίσου να παράγουν αυτό το εφέ. Τα Flanging, chorus και το reverberation είναι όλα βασισμένα στην delay λογική. Με την

τεχνική flanging και chorus, ο χρόνος καθυστέρησης είναι πολύ μικρός και συνήθως διαμορφωμένος. Με την αντήχηση υπάρχουν πολλές καθυστερήσεις και αναδράσεις(feedback) έτσι ώστε οι ατομικές ηχώ(individual echoes) να είναι θολές, δημιουργώντας έτσι τον ήχο ενός ακουστικού χώρου.

Straight Delay:

Στα συστήματα ήχου οπλισμού(sound reinforcement systems), μια ευθείς καθυστέρηση χρησιμοποιείται για να αντισταθμίσει τη δίοδο του ήχου μέσω του αέρα. Σε αντίθεση με συσκευές ήχου τα αποτελέσματα καθυστέρησης και η κατ' ευθείαν καθυστέρηση δεν αναμιγνύεται πίσω με το αρχικό σήμα. Το καθυστερημένο σήμα αποστέλλεται μόνο στα μεγάφωνα. Έτσι ώστε τα ηχεία να ενισχύσουν τον ήχο σταδιακά και την ίδια στιγμή ή λίγο αργότερα από τον ακουστικό ήχο που θα φτάσει στην σκηνή, περίπου 1msec μιας καθαρής καθυστέρησης

Κατασκευή κυκλώματος:

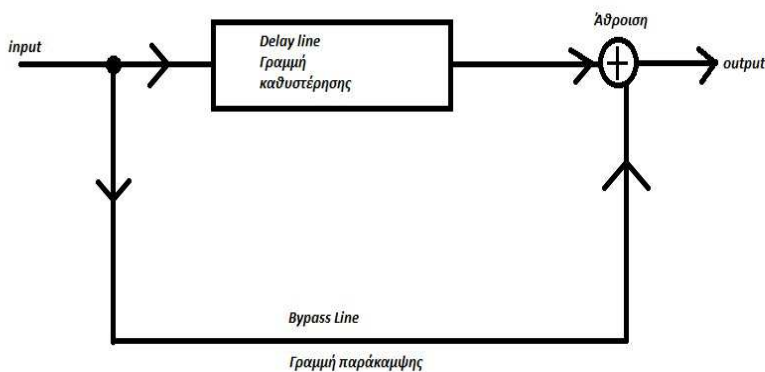
Μπλοκ διάγραμμα:

Το ηχητικό αποτέλεσμα μιας συσκευής τύπου delay δεν είναι τίποτα άλλο παρά η αναπαραγωγή του σήματος εισόδου σε αυτή, σε συγκεκριμένες χρονικές επαναλήψεις.

Γενικό Κύκλωμα

Το κύκλωμα δέχεται είσοδο η οποία διοχετεύεται σε μία γραμμή παράκαμψης (bypass line) και μία γραμμή καθυστέρησης (delay line). Η γραμμή επανάληψης είναι υπεύθυνη για την επαναλαμβανόμενη χρονική μετατόπιση-καθυστέρηση του σήματος. Αυτό επιτυγχάνεται με την προσωρινή αποθήκευση του σήματος εισόδου και την αναπαραγωγή του με καθυστέρηση σε σχέση με το αρχικό σήμα στον αθροιστή

Από την άλλη η γραμμή παράκαμψης παρέχει αυτούσιο το σήμα εισόδου στον αθροιστή όπου τα δύο σήματα αθροίζονται και «προχωρούν» προς την έξοδο της μονάδας δημιουργώντας το εφέ.



Κύκλωμα πτυχιακής

Στο block διάγραμμα της κατασκευής μας έχουμε τις εξής βαθμίδες.

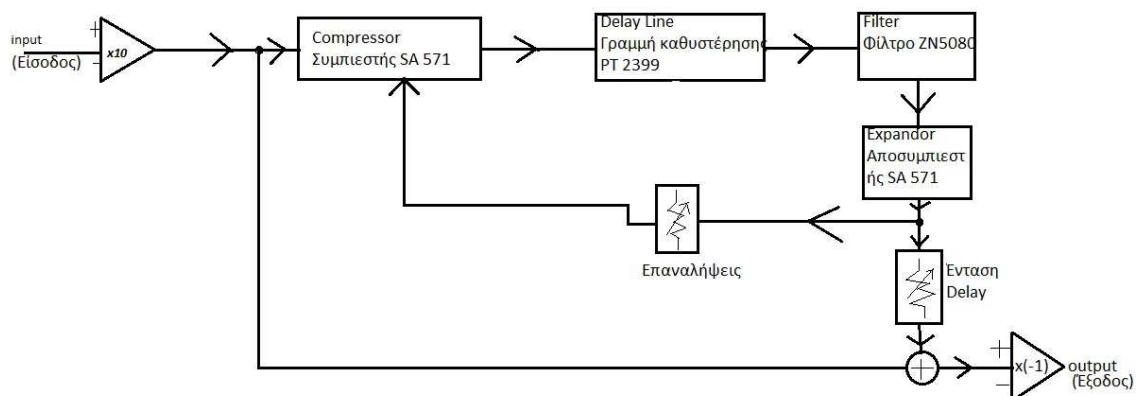
Πρώτα έχουμε έναν ενεργό Differentiator ο οποίος λειτουργεί σαν υπεραυτό φίλτρο ή αλλιώς Anti-Alias Filter. Η χρησιμότητα ενός τέτοιου φίλτρου, τόσο πριν όσο και μετά το PT2399, είναι στο να διαμορφώσουμε το σήμα εισόδου στις απαιτήσεις του chip και να διασφαλίσουμε την ομαλή λειτουργία του στο συγκεκριμένο κύκλωμα. Πιο συγκεκριμένα το φίλτρο αυτό «περιορίζει» την συχνοτική απόκριση περίπου 0.3 φορές την ελάχιστη ταχύτητα ρολογιού ενός BBD chip (Bucket-Brigade device) που μπορεί να είναι μέχρι και 10Khz.. Το Anti-alias φίλτρο είναι απαραίτητο λοιπόν καθώς στην διαδικασία διαμόρφωσης του ηχητικού σήματος δημιουργεί αρμονικές οι οποίες πρέπει να αφαιρεθούν

Αμέσως μετά ακολουθεί ένας compander ο οποίος είναι απαραίτητος στον έλεγχο του θορύβου. Ακόμα και δεν είναι απαραίτητο στο ψηφιακό κύκλωμα, μπορεί να προστεθεί σε αυτό ώστε να αφαιρέσει διάφορα artifacts που δημιουργούνται στο σήμα. Με λίγα λόγια το χρησιμοποιείται ένα pre-emphasis και ένα de-emphasis κύκλωμα για βελτίωση του SNR.

Αμέσως μετά ακολουθεί η βαθμίδα delay με επίκεντρο το PT2399. Η επιλογή του συγκεκριμένου chip σε συνδυασμό με τα επιλεγμένα φίλτρα αποδεικνύεται ηχητικά σωστή. Η συχνοτική απόκριση του chip είναι περιορισμένη, περίπου 5Khz. Από εκεί και πάνω υπάρχει παραμόρφωση και rolloff . Το κύκλωμα έχει 3 ρυθμιστικά τα οποία είναι για τον χρόνο επανάληψης, τον αριθμό επαναλήψεων και την ένταση του delay σε σχέση με το σήμα εισόδου (Dry/Wet). Αμέσως μετά την βαθμίδα του Delay ακολουθεί το post-delay φίλτρο το οποίο είναι το σημαντικότερο στοιχείο της συνολικής ηχητικής ποιότητας του εφέ. Το εφέ χρησιμοποιεί ένα φίλτρο με καμπύλη 30dB ανά οκτάβα. Αυτή η

συχνοτική απόκριση επιτεύχθηκε με προσεκτική επιλογή των εξαρτημάτων. Το φίλτρο έχει ένα πολύ έντονο rolloff μετά τα 2,5KHz και ακριβώς εκεί οφείλεται ο χαρακτηριστικό και «ζεστός» ήχος των αναλογικών delay εφέ.

Τελευταία βρίσκεται η βαθμίδα εξόδου όπου εκεί γίνεται η μίξη Dry/Wet από το αρχικό σήμα με το delayed.

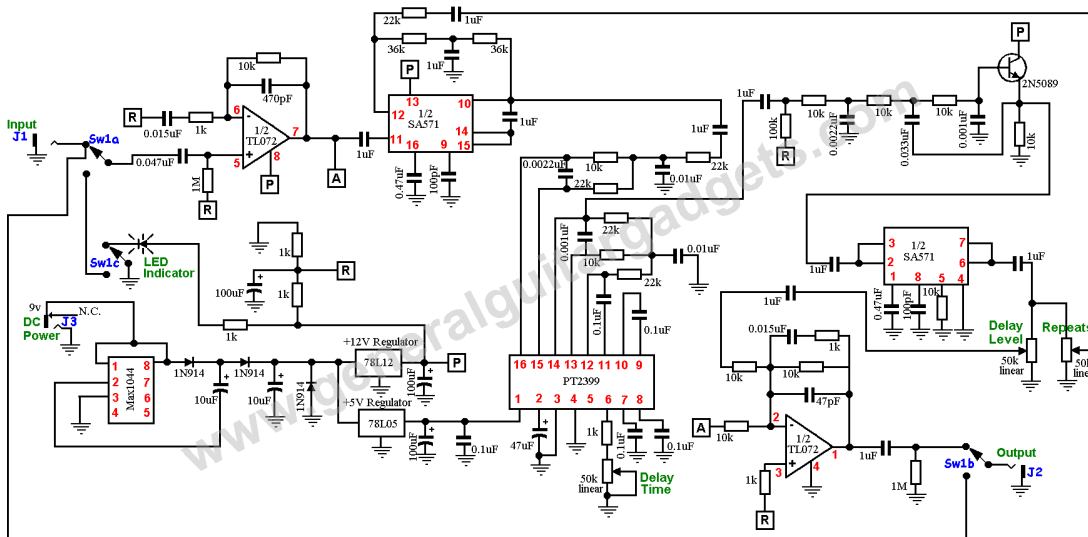


Κύκλωμα:

Η κατασκευή στην οποία γίνεται λόγος, είναι μια ιδέα του Scott Swartz. Η ιδέα εδώ είναι να μιμηθεί την αναλογική μονάδα καθυστέρησης, στην περίπτωση αυτή του Ibanez AD-80, με μία σύγχρονης ψηφιακής καθυστέρησης IC (ολοκληρωμένο κύκλωμα). Ο γενικός σχεδιασμός του κυκλώματος είναι σχεδόν ο ίδιος με το AD-80, εκτός από μια αναλογική γραμμή καθυστέρησης (bucket brigade) ICs που έχει αντικατασταθεί από έναν διακόπτη stomp 3PDT. Ο συστολοδιαστολέας IC δίνει εξαιρετικές προδιαγραφές θορύβου και επίσης συμβάλλει στον μεγάλο αναλογικό ήχο. Μια αντλία (charge pump) έχει χρησιμοποιηθεί έτσι ώστε να έχει αρκετό ελεύθερο χώρο για να τροφοδοτείται από ένα τυπικό τροφοδοτικό 9Volt. Το κύκλωμα

στην συγκεκριμένη εργασία έχει κατασκευαστή για να δουλεύει χωρίς την αντλία, στα 18Volt με αποτέλεσμα ο ήχος να είναι πιο «ζεστός» στο “dry” σήμα.

Ο γενικός στόχος του σχεδιασμού του κυκλώματος είναι να πάρει το κύκλωμα του ένα καλό ήχο αναλογικής καθυστέρησης, να κρατήσει τα πάντα που μπορούν να επηρεάσουν την ποιότητα του ήχου του σήματος και να κάνει όσο το δυνατόν περισσότερες φορές την αλυσίδα καθυστέρησης του σήματος, αλλάζοντας την καθυστέρηση από την αναλογική γραμμή καθυστέρησης σύμφωνα με το PT2399 ψηφιακή γραμμή καθυστέρησης.



Σχήμα 1. Σχεδιάγραμμα Delay

Παρακάτω παρατίθεται μια λίστα με τα σημαντικότερα λειτουργικά τμήματα.

A) Υψηλή συχνότητα σε κύκλωμα pro-emphasis και de-emphasis από το Ibanez AD-80. Αυτή είναι μια τεχνική μείωσης του θορύβου και έχει μικρή ή καμία επίδραση στον ήχο του κυκλώματος.

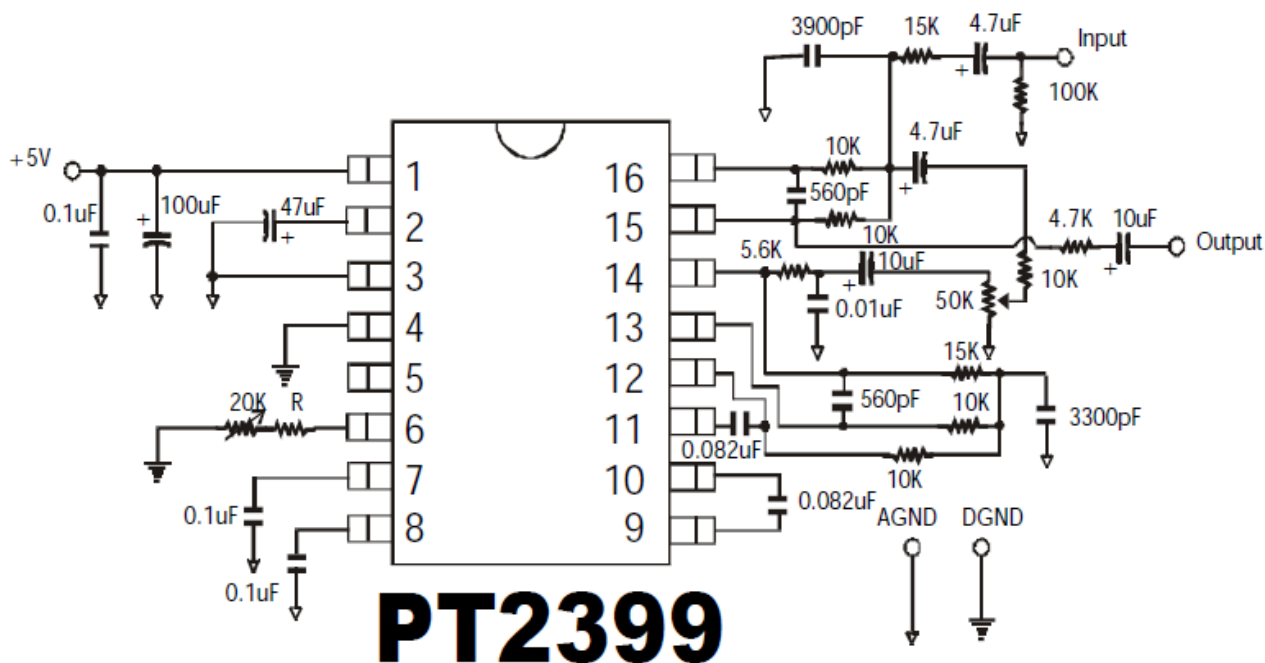
B) Ομαλοποίηση και φίλτρα καθυστέρησης παρόμοια με εκείνα που χρησιμοποιούνται στην Ibanez AD-80, NE

570 comprising από το Ibanez AD-80 χρησιμοποιώντας το σημερινό διαθέσιμο και λειτουργικά ισοδύναμο SA571 τσίπ.

Γ) Delay repeat circuitry από το Ibanez AD-80 και wet/dry μίξη που λαμβάνεται επίσης από το Ibanez AD-80. Τέλος προστίθεται μια ψηφιακή γραμμή καθυστέρησης με το PT2399 που είναι το τσίπ καθυστέρησης.

PT2399 Delay chip:

PT2399 ECHO APPLICATION CIRCUIT



Από τον Ryan Williams

Το Pt2399 είναι η τελευταία καθυστέρηση του ολοκληρωμένου κυκλώματος. Είναι ένα απλό τσίπ καθυστέρησης με ρύθμιση ενός ταλαντωτή του οποίου η συχνότητα ελέγχεται από μια εξωτερικά εφαρμοσμένη τάση (VCO) και 44 KbRAM. Μπορεί να παράγει μια αξιοπρεπή σειρά από κοφτές ηχητικές αντανάκλασεις. Το υπόδειγμα του κυκλώματος στο φύλλο δεδομένων PT2399 θα λειτουργήσει κανονικά εκτός από μια παραμόρφωση στις ρυθμίσεις μακρύτερης ηχητικής καθυστέρησης.

Ο χρόνος καθυστέρησης είναι ρυθμισμένος από μια συσκευή ηλεκτρικής αντιστάσεως συνδεδεμένη με ένα άκρο (pin 6, καρφάκι ταλαντωτής του οποίου η συχνότητα ελέγχεται από εξωτερικά εφαρμοζόμενη τάση VCO). Η τάση στο άκρο 6 παραμένει στα 2.5 Volt και η ρυθμισμένη συσκευή ηλεκτρικής αντιστάσεως είναι προφανώς

ρυθμισμένη στην τορινή για τον ταλαντωτή του οποίου η συχνότητα ελέγχεται από εξωτερικά εφαρμοζόμενη τάση (VCO). Υπάρχουν τρεις τρόποι για να προστεθεί η ρυθμισμένη τάση στο PT2399. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε είναι μια πηγή ρεύματος ενός διπολικού τρανζίστορ NPN συνδεδεμένη με το άκρο νο.6 του PT2399.

Σχεδιάγραμμα:

Το ρεύμα μέσω της αντίστασης R_1 θέτει ένα αρχικό ρεύμα (2.9mA μετρημένο). Κάθε τάση ελέγχου (CV (control voltage)) που προστίθεται μειώνει το παραγόμενο ρεύμα. Ο τελεστικός ενισχυτής που χρησιμοποιείται είναι ένας TL072. Το μέγιστο ρεύμα δεν επανέρχεται ακριβώς από τα 0V. Για να βελτιωθεί, αντικαθίστατε την αντίσταση R_4 με μια μικρότερη ηλεκτρική συσκευή αντίστασης, και μια μεταβλητή αντίσταση (trimmer). Ίσως ένα 24K και ένα 10k trim pot. Η δίοδος D_2 είναι προορισμένη για έξτρα προστασία για το PT2399, απλά για να σιγουρέψουμε ότι το ρεύμα πηγαίνει έξω και όχι μέσα στο άκρο (pin).

Η τάση στο άκρο 6 του PT2399 (2,5V) δεν είναι συνεχής. Ένα αυξανόμενο άκρο 6 ρεύματος μειώνει την ισχύ της τάσης. Η τάση από το άκρο 6 πέφτει περίπου 150mV, από 0 σε 3 mA ρεύματος. Επίσης ελέγχθηκε η αναφορά της τάσης (Pin 2). Η αναφερόμενη τάση επίσης πέφτει λίγο, με μια αύξηση ρεύματος στο άκρο 6, είναι περίπου 6mV αλλαγή σε 3mA.

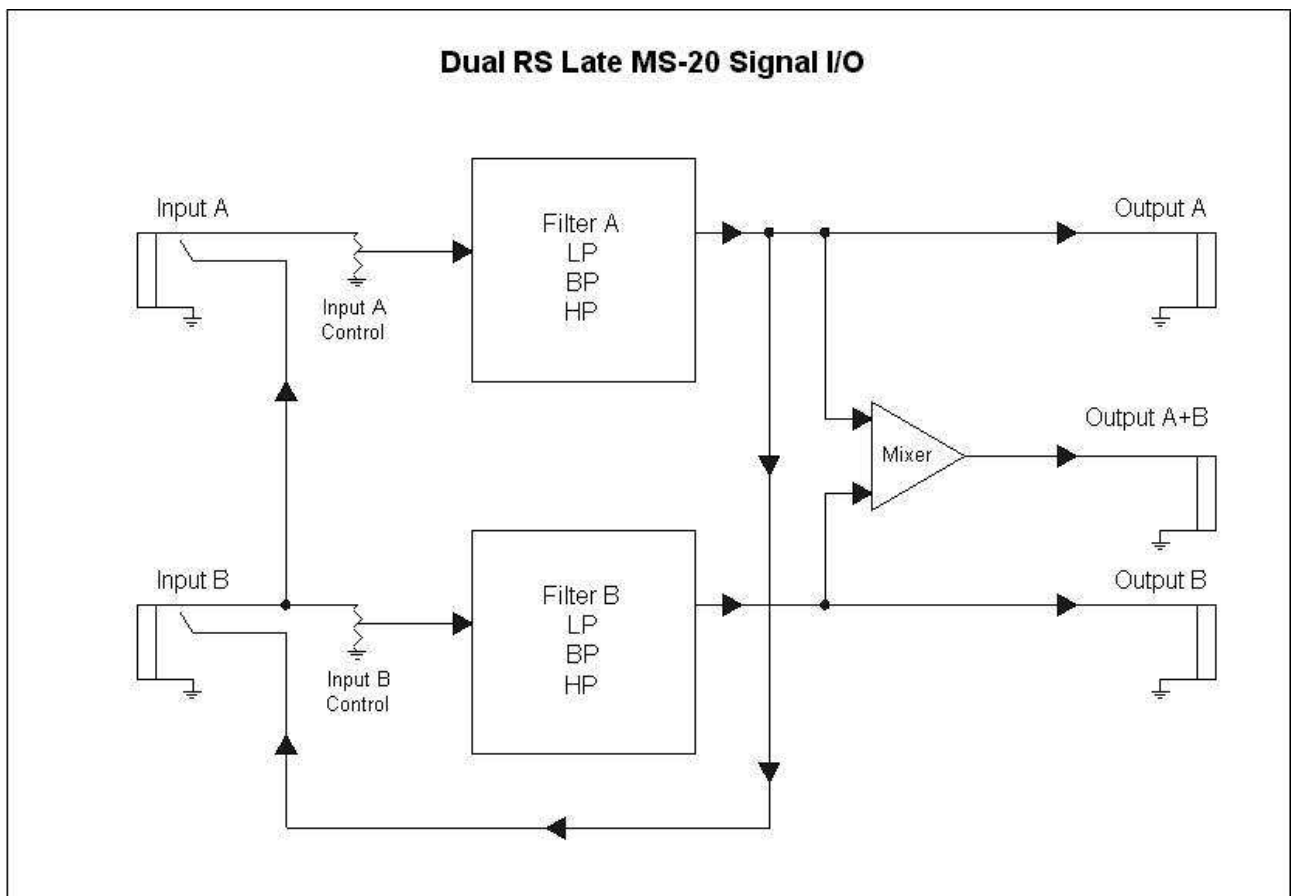
Η παραγωγή του χρόνου είναι πολύ δυσάρεστη, έχει

λειτουργήσει το ρολόι στο χρόνο μέσα από ένα 74HC393 δυαδικό μετρητή για να το καθαρίσει και να το διαχωρίσει. Οι μετρήσεις που έγιναν με το παλμοσκόπιο ήταν για να παρατηρηθεί ο διαιρεμένος χρόνος. Αυτό δεν είναι τρομερά ακριβές αλλά υπολογίζω γύρω στα 21 με 22 Mhz, όταν η πηγή του ρεύματος είναι στα 3mA. Αυτό είναι αληθές για την μέγιστη συχνότητα. Πιστεύω ότι θα τρέξει ακόμη γρηγορότερα.

Το σχέδιο στη συνέχεια είναι να χρησιμοποιηθεί ο διαχωρισμένος χρόνο για να ελέγξουμε ένα ζευγάρι από LTC1063 εναλλασσόμενα φίλτρα πυκνωτή για την είσοδο και την έξοδο. Δεν θα έχουμε τις ίδιες καθυστερήσεις όπως με ένα PT2395 αλλά η ιδέα είναι να δημιουργηθεί μια διπλή καθυστέρηση PT2399. Θα περιλαμβάνεται από δύο κυκλώματα. Το κάθε ένα θα περιλαμβάνει: PT2399+ φίλτρα ακολούθησης(tracking filters), 4-τεταρτημόρια ενισχυτή ανάδρασης(feedback amplifier), 3 εισόδους σαρωτή παρεμβολών (interference scanner), 2 χειριστές τάσης ελέγχου(CV) εισοδοί με αναστρεφόμενους εξασθενειτές(inverting attenuators). Ο σαρωτής παρεμβολής θα αντικαταστήσει το ανακατεμένο δοχείο(mixed container) στις περισσότερες καθυστερήσεις. Για να επιτευχθεί , χρειάζεται ένα απλό CA3280. Ο ενισχυτής ανάδρασης αναμιγνύει την είσοδο ανατροφοδότησης καθώς και την ανεστραμμένη έκδοσή της. Η ελεγχόμενη τάση δημιουργεί μια ομαλή μετάβαση μεταξύ των εισόδων ήχου, και μοιάζει ως ένα πολλαπλό ποτενσιόμετρο τάσης ελέγχου(CV).

Το δυαδικό μοντέλο χρησιμοποιεί τον σαρωτή από το ένα πάτωμα για να αναμίξει τις εξόδους και από τις δυο

καθυστερήσεις, και ο άλλος σαρωτής για να αναμίξει τις σαρωμένες εξόδους με το καθαρό σήμα. Αυτό θα επιτρέψει σε όλα τα κοφτά μείγματα, προσθέτοντας και αφαιρώντας, τις δυο εξόδους καθυστέρησης και του καθαρού σήματος. Κάθε καθυστέρηση θα έχει την δική της ανατροφοδότηση, η οποία θα αλλάζει κατευθύνσεις : ανεξάρτητη, αμφίδρομη (A->B, B->A) και ανάμεικτη. Ο έλεγχος της τάσης εισάγει δυο όμοιες καθυστερήσεις: ανεξάρτητη, παρακολούθησης και κεντρική/διάδοση. Η επιλογή μεταξύ των σειρών και των παράλληλων καθυστερήσεων θα δημιουργηθούν χρησιμοποιώντας διαφορετικές εσωτερικές υποδοχές. Αυτό το σχέδιο είναι παρόμοιο με το δυαδικό φίλτρο MS-20 του Scott Stites.



Δυαδικό φίλτρο Scott Stites

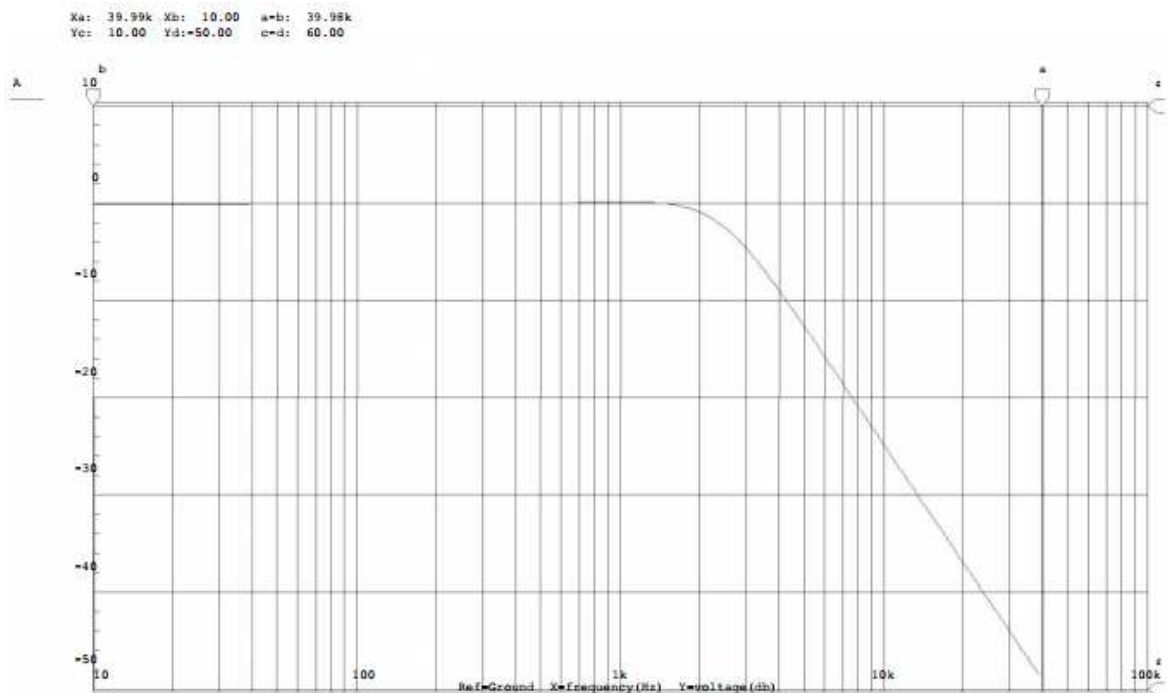
Οι δυο καθυστερήσεις θα έχουν ατομικές μικτές εξόδους. Θα πρέπει να είναι σε θέση να κάνει κάποια δημιουργία Flanging (με μια αρχική καθυστέρηση), εναλλασσόμενες ηχητικές αντανakλάσεις και κάποιες ελπιδοφόρες αξιοπρεπείς χορωδίες ως αποτέλεσμα.

Τα ακόλουθα είναι κάποια συμπεράσματα για το πώς εκτελείται το τσίπ σε ένα πραγματικό κύκλωμα κιθάρας.

- Η επιλογή αυτών των φίλτρων PT-80 ανταποκρίνεται σε συνδυασμό με το τσιπ PT 2399 να είναι για το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Η εγγενής απόκριση συχνότητας του PT2399 περιορίζεται σε περίπου 5KHz μετά την οποία υπάρχει distortion, roll off και άλλα ψηφιακά κόλπα.
- Εάν μια είσοδος ημιτονοειδούς κύματος περνάει τα 4KHz αυτό αφήνεται να υποβληθεί σε επεξεργασία και βγαίνει σαν τριγωνικός παλμός. Αυτό φαίνεται να οφείλεται στο τσιπ το ίδιο. Ένα σήμα κιθάρας δεν έχει πολλές πληροφορίες σε αυτήν την εμβέλεια, αλλά αφήνοντας τη διαδικασία του τσιπ καθυστέρησης σε αυτές τις συχνότητες θα προσθέσει ένα «τρίξιμο» στον ήχο, λόγω του distortion.
- Το μέγιστο σήμα πλάτους το οποίο μπορεί να επεξεργαστεί είναι περίπου 3 βολτ από κορυφή σε κορυφή. Τα επίπεδα σήματος πάνω από αυτή την περιοχή κόβονται και επίσης έχουν κάποια ψηφιακή παραμόρφωση, όπως φαίνεται στην εφαρμογή. Συνολικά, αυτός είναι αρκετά ελεύθερος χώρος για το επίπεδο της κιθάρας, αλλά σίγουρα όχι για σήματα γραμμής.

Εδώ είναι η απάντηση των φίλτρων anti-alias από το σημείωμα app που χρησιμοποιεί πυκνωτές τα 5600pF και τα

560pF. Το σημείο -3dB είναι περίπου 10 KHz, το οποίο δεν έχει κανένα νόημα λαμβάνοντας υπόψη την απόδοση που παρατήρησα.



Comanding:

Τα καλύτερα πετάλια αναλογικής καθυστέρησης όπως η Boss DM-2 και το Ibanez AD-80, ενσωματώνουν υψηλή συχνότητα pro-emphasis και de-emphasis και το πιο σημαντικό, είναι ένα κύκλωμα μείκτη NE570 Comrander που φροντίζει για την καλύτερη απόδοση του θορύβου. Αυτά τα λειτουργικά τμήματα μπορούν επίσης εύκολα να προστεθούν σε ένα κύκλωμα που χρησιμοποιεί μια ψηφιακή γραμμή καθυστέρησης. Comanding που απαιτείται για την αναλογική γραμμή

καθυστέρησης(bucket-brigade device) για τον έλεγχο του θορύβου, μπορεί να προστίθεται στο ψηφιακό κύκλωμα για να συλλάβει τυχόν αντικείμενα που δημιουργούνται στα αναλογικά πετάλια καθυστέρησης.

SA571:

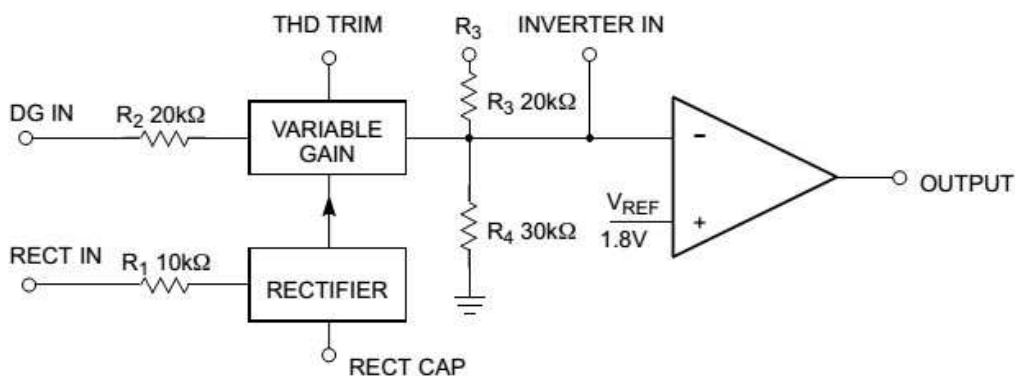


Figure 1. Block Diagram

Περιγραφή Κυκλώματος

Ο μείκτης(comparator) SA571 κατασκευάζει φράγματα(blocks), όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 1, τα οποία αποτελούνται από έναν ανορθωτή πλήρους κύματος, ένα μεταβλητό αυξανόμενο κελί, ένα τελεστικό ενισχυτή και ένα σύστημα πόλωσης. Ο ανορθωτής πλήρους κύματος ανορθώνει το εσωτερικό ρεύμα το οποίο ρέει από τον εσωτερικό ανορθωτή σε έναν εσωτερικό κόμβο άθροισης ο οποίος βασίζεται στο V_{REF} . Το ανορθωμένο που είναι συνδεδεμένο στο τερματικό C_{RECT} και η μέση αξία από το εισερχόμενο ρεύμα, ελέγχουν την αύξηση από το αυξανόμενο μεταβλητό κελί. Η αύξηση θα είναι αναλογική της μέσης αξίας του εισερχόμενου σήματος της χωρητικής συζευγμένης εισερχόμενης τάσεως όπως φαίνεται και από την παρακάτω

εξίσωση. Γνωρίζουμε ότι για χωρητικά-συζευγμένες εισόδους δεν υπάρχει αντισταθμισμένη τάση ικανή να παράγει λανθασμένη αύξηση. Το μοναδικό σφάλμα θα δημιουργηθεί από το πολωμένο ρεύμα του ανορθωτή (παρέχονται εσωτερικά), το οποίο είναι μικρότερο από 0,1 μA .

$$G \propto \frac{|V_{IN} - V_{REF}|_{avg}}{R_1}$$

or

$$G \propto \frac{|V_{IN}|_{avg}}{R_1}$$

Η ταχύτητα με την οποία το κέρδος(gain) αλλάζει για να ακολουθήσουν αλλαγές σε επίπεδα εσωτερικής συχνότητας που είναι προκαθορισμένη από το φίλτρο ανορθωτή πυκνωτή. Ένας μικρός πυκνωτής θα αποδώσει ταχεία αντίδραση αλλά δεν θα φιλτράρει πλήρως τα χαμηλής συχνότητας σήματα.

Οποιασδήποτε κυματισμός από το κέρδος του ελεγχόμενου σήματος θα διαμορφώσει το σήμα περνώντας το μέσα από το μεταβαλλόμενο κέρδος κελιού(variable gain cell). Μια εφαρμογή διαστολέα(expander) ή συμπιεστή(compressor) θα το οδηγήσει σε μια τρίτη αρμονική παραμόρφωση, άρα υπάρχει μια εξισορρόπηση ανάμεσα στις γρήγορες ατάκες , στους χρόνους εξασθένησης(decay) και στις παραμορφώσεις. Για σταδιακές αλλαγές στο πλάτος, η αλλαγή σε κέρδος με τον χρόνο φαίνεται από την παρακάτω εξίσωση.

$$G(t) = (G_{\text{initial}} - G_{\text{final}}) e^{-\frac{t}{\tau}} + G_{\text{final}}$$

$$\tau = 10\text{k}\Omega \times C_{\text{RECT}}$$

Το μεταβλητό κέρδος του κελιού είναι μια συσκευή εισόδου-εξόδου ρεύματος αναλογίας $I_{\text{εξόδου}}/I_{\text{εισόδου}}$ ελεγχόμενη από τον ανορθωτή. Το $I_{\text{εισόδου}}$ είναι το ρεύμα που ρέει από το εσωτερικό ΔG σε έναν εσωτερικό κόμβο άθροισης στο V_{REF} . Η παρακάτω εξίσωση εφαρμόζεται σε χωρητικά-συζευγμένες εισόδους. Το εξωτερικό ρεύμα $I_{\text{εξόδου}}$ τροφοδοτείτε στον αθροιστικό κόμβο του ενισχυτή op.

$$G(t) = (G_{\text{initial}} - G_{\text{final}}) e^{-\frac{t}{\tau}} + G_{\text{final}}$$

$$\tau = 10\text{k}\Omega \times C_{\text{RECT}}$$

Η αντιστάθμιση στο σχεδιάγραμμα που είναι κατασκευασμένη μέσα στην διαφορά κέρδους στο κελί ΔG αντισταθμίζει την θερμοκρασία και ακυρώνει τις ασυνήθιστη αρμονική παραμόρφωση. Η μοναδική παραμόρφωση που παραμένει ακόμη αρμονική, και υπάρχει μόνο εξαιτίας των εσωτερικών αντιστάσεων τάσης.

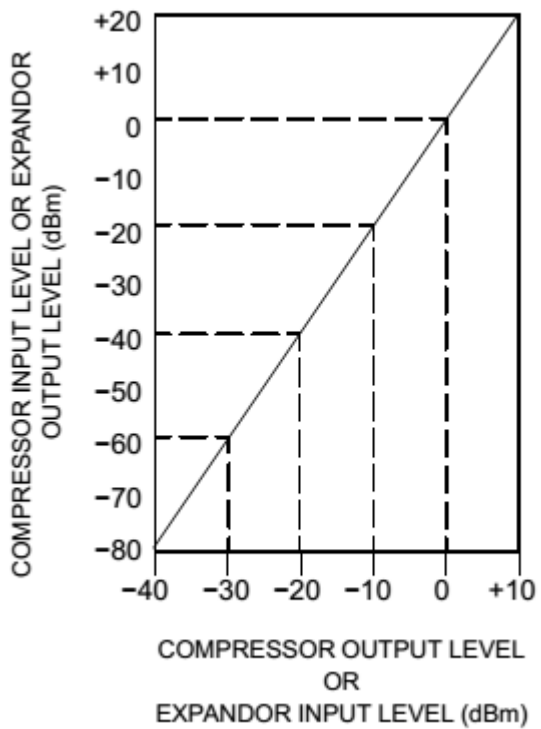
Η επένδυση τερματικού της ολικής αρμονικής παραμόρφωσης παρέχει μέσα μηδενισμού των εσωτερικών αντισταθμίσεων με σκοπό τη λειτουργία χαμηλής παραμόρφωσης.

Ο τελεστικός ενισχυτής (ο οποίος αντισταθμίζεται εσωτερικά) έχει την μη αντιστρεφόμενη είσοδο συνδεδεμένη στο V_{REF} και την αντιστρεφόμενη είσοδο συνδεδεμένη στο κελί εξόδου διαφοράς κέρδους(ΔG) καθώς εξέρχεται. Η αντίσταση R_3 εξέρχεται από τον αθροιστικό κόμβο και επιτρέπει την συμπίεση ή την διαστολή κέρδους η οποία πρέπει να καθορίζεται μόνο από τα εσωτερικά εξαρτήματα.

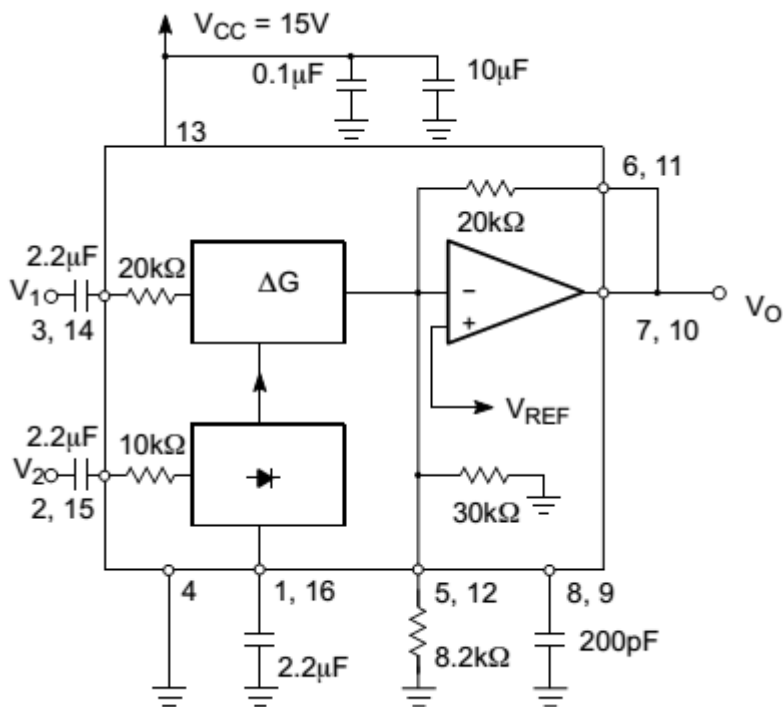
Η βαθμίδα εξόδου είναι ικανή για αυξομειώσεις έως και ± 20 mA εξωτερικού ρεύματος. Αυτό επιτρέπει μια έξοδο $+13\text{dBm}$ (3,5 V_{rms}) μέσα σ ένα φορτίο 300Ω το οποίο, με μια σειρά από αντιστάσεις και τον σωστό μετασχηματιστή έχει ως αποτέλεσμα $+13\text{dBm}$ με αντίσταση εξόδου 600Ω .

Ένα διάκενο(bandgap) ζώνης αναφοράς παρέχει την τάση αναφοράς για όλους τους αθροιστικούς κόμβους, την ρυθμιζόμενη τάση τροφοδοσίας του ανορθωτή και του κελιού διαφοράς κέρδους(ΔG) , καθώς και ένα ρεύμα πόλωσης για τη διαφορά κέρδους(ΔG). Η χαμηλή ταχύτητα αυτού του τύπου αναφοράς παρέχει πολύ σταθερή πόλωση σε μία ευρεία περιοχή θερμοκρασίας.

Η τυπική εικόνα των επιδόσεων δείχνει το βασικό σύστημα εισόδου-εξόδου της καμπύλη μεταφοράς για τη βασικό συμπίεστη ή διαστολέα των κυκλωμάτων.

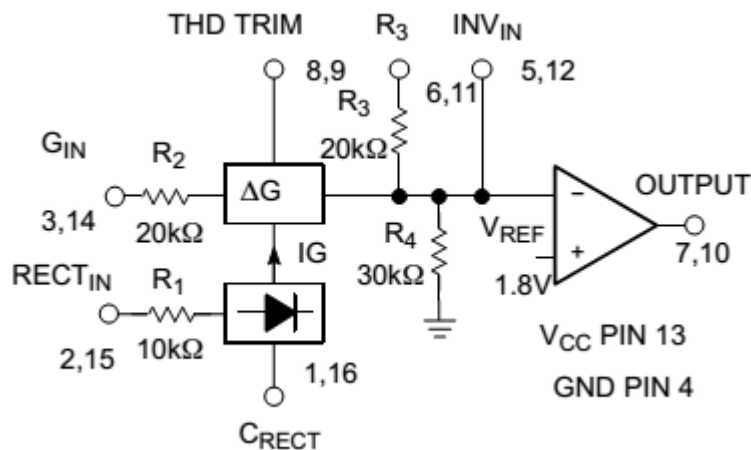


Σχήμα 2: Βασική καμπύλη μεταφοράς εισόδου-εξόδου



Σχήμα 3: Τυπικό δοκιμαστικό κύκλωμα

Βασικές Λειτουργίες

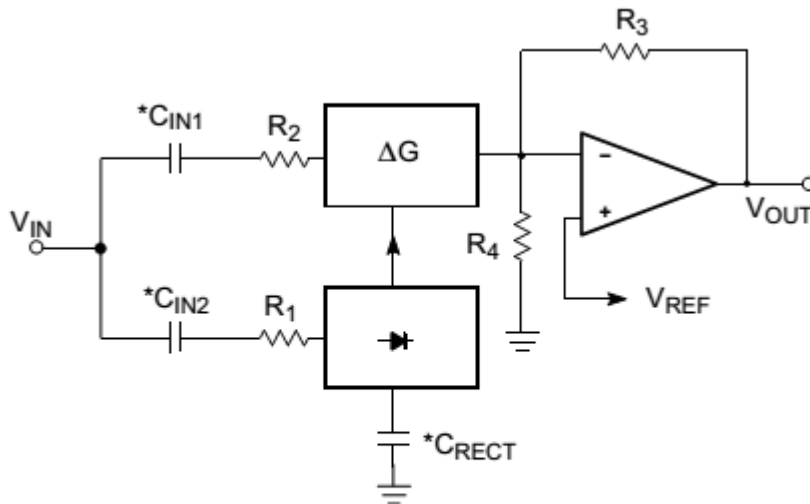


Σχήμα 5: Διάγραμμα μικροελεγκτή(1 ή 2 καναλιών)

Το Σχήμα 6 δείχνει πως το κύκλωμα είναι συνδεδεμένο για την κατανόηση ενός διαστολέα . Το σήμα εισόδου, V_{in} , εφαρμόζεται στις εισόδους τόσο του ανορθωτή και του κελιού ΔG . Όταν το σήμα εισόδου μειώνεται κατά 6,0 dB, ο έλεγχος οφέλους ρεύματος θα μειωθεί κατά ένα συντελεστή 2, και έτσι το όφελος θα μειωθεί 6,0 dB. Η στάθμη εξόδου σε V_{out} θα μειωθεί έτσι 12 dB, δίνοντας μας την επιθυμητή 2-σε-1 επέκταση.

Το διάγραμμα δείχνει το ήμισυ του τσιπ, (υπάρχουν δύο όμοια κανάλια για το ολοκληρωμένο κύκλωμα). Ο ανορθωτής πλήρους κύματος μέσου όρου παρέχει ένα ρεύμα ελέγχου οφέλους, I_G , για τη διαφορά κέρδους(ΔG) κελιού. Η έξοδος της διαφοράς κέρδους του κελιού είναι ένα ρεύμα το οποίο τροφοδοτείται από τον αθροιστικό κόμβο του τελεστικού ενισχυτή. Οι αντιστάσεις παρέχονται για την δημιουργία κέρδους του κυκλώματος αλλά και για να ρυθμίσουν την δύναμη πολώσεως συνεχής τάσης εξόδου. Το κύκλωμα που προορίζεται για χρήση σε απλά συστήματα παροχής ρεύματος, έτσι ώστε οι εσωτερικοί κόμβοι άθροισης πρέπει να πολώνονται σε κάποια τάση πάνω από την γείωση. Μια εσωτερική τάση αναφοράς παρέχει ένα πολύ σταθερό, χαμηλό θόρυβο 1.8 V που συμβολίζεται με V_{REF} . Η μη αναστρέφουσα είσοδος του τελεστικού ενισχυτή (op) συνδέεται με V_{REF} , και οι κόμβοι άθροισης του ανορθωτή και της διαφοράς

κέρδους του κελιού (που βρίσκεται στα δεξιά της αντίστασης R_1 και της αντίστασης R_2) έχουν το ίδιο δυναμικό. Η ολική αρμονική παραμόρφωση στο «άκρο» είναι επίσης στο δυναμικό V_{REF} .



NOTE:
$$GAIN = \left(\frac{2 R_3 V_{IN} (avg)}{R_1 R_2 I_B} \right)^2$$

 $I_B = 140\mu A$
 *EXTERNAL COMPONENTS

Σχήμα 6: Βασικός διαστολέας

Το Σχήμα 7 δείχνει την συνδεσμολογία ενός συμπιεστή. Αυτός είναι ουσιαστικά ένας διαστολέας τοποθετημένος στο βρόχο ανάδρασης του τελεστικού ενισχυτή. Η διαφορά κέρδους στο κελί είναι εγκατεστημένο μόνο για την παροχή εναλλασσόμενης τάσης, έτσι ώστε, ένας ξεχωριστός βρόχος ανάδρασης συνεχής τάσης να παρέχεται από τα δύο R_{dc} και C_{dc} . Οι τιμές του R_{dc} θα καθορίσουν την πόλωση στις συνεχούς τάσης στην έξοδο του τελεστικού ενισχυτή. Η έξοδος θα έχει δυναμική πολώσεως σε:

$$V_{OUT DC} = \left(1 + \frac{R_{DC1} + R_{DC2}}{R_4} \right) V_{REF}$$

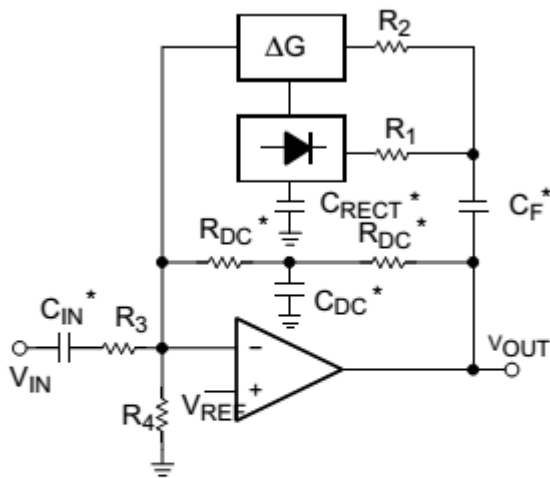
$$V_{OUT DC} = \left(1 + \frac{R_{DCTOT}}{30k\Omega} \right) 1.8V$$

Η έξοδος του αποσυμπιεστή θα έχει δυναμική πολώσεως:

$$V_{\text{OUT DC}} = \left(1 + \frac{R_3}{R_4} \right) V_{\text{REF}}$$

$$V_{\text{OUT DC}} = \left(1 + \frac{20\text{k}\Omega}{30\text{k}\Omega} \right) 1.8\text{V} = 3.0\text{V}$$

Η έξοδος θα έχει δυναμική πόλωσης 3,0 V όταν χρησιμοποιούνται οι εσωτερικές αντιστάσεις. Εξωτερικές αντιστάσεις μπορούν να τοποθετούνται σε σειρά με την αντίσταση R_3 , (η οποία θα επηρεάσει το όφελος), ή παράλληλα με την αντίσταση R_4 για να αυξήσουν την πόλωση συνεχούς τάσης σε οποιαδήποτε επιθυμητή τιμή.



NOTE: GAIN = $\left(\frac{R_1 R_2 I_B}{2R_3 V_{\text{INavg}}} \right)^{\frac{1}{2}}$

$I_B = 140\mu\text{A}$

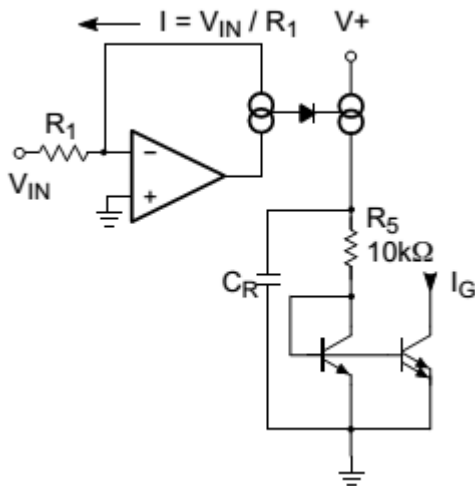
*EXTERNAL COMPONENTS

Σχήμα 7: Βασικός αποσυμπίεστής

Λεπτομέρειες Κυκλώματος - Επανορθωτή

Το Σχήμα 8 δείχνει την ιδέα πίσω από τον ανορθωτή πλήρους

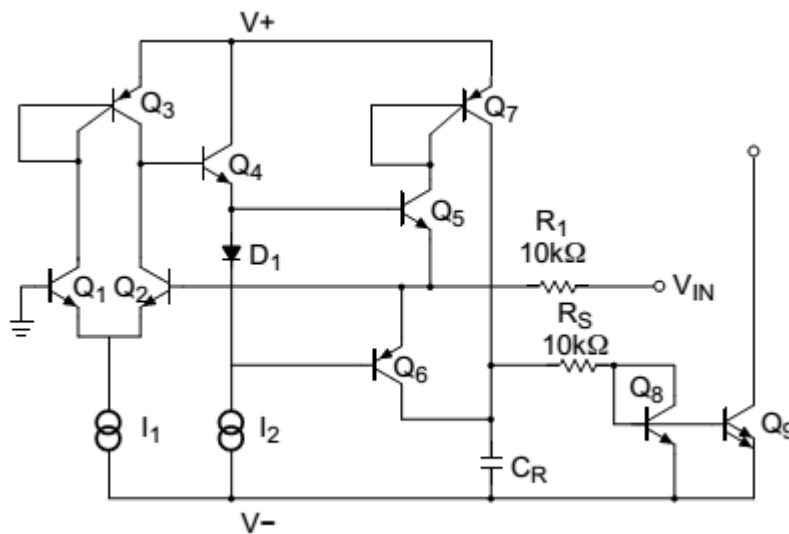
κύματος μέσου όρου. Το ρεύμα εισόδου στον αθροιστικό κόμβο του τελεστικού ενισχυτή, V_{in}/R_1 , παρέχεται από την έξοδο του τελεστικού ενισχυτή. Ο μέσος όρος του εξωτερικού ρεύματος στην αντίσταση R_5 , Πυκνωτή C_R , το οποίο οριοθετεί το μέσο όρο της σταθεράς χρόνου, και έπειτα αντικατοπτρίζει το κέρδος 2 ώστε το κέρδος ρεύματος να γίνει όσο το ρεύμα πύλης (I_G).



Σχήμα 8: Σχέδιο επανορθωτή

Το Σχήμα 9 δείχνει το κύκλωμα ανορθωτή με περισσότερες λεπτομέρειες. Ο τελεστικός ενισχυτής (op) είναι ένας πρώτου επιπέδου τελεστικού ενισχυτή (op), έτσι ώστε μόνο μία συσκευή εξόδου να είναι ενεργοποιημένη κάθε φορά. Η μη αναστρέφουσα είσοδος, (η βάση του Q_1), η οποία φαίνεται γειωμένη, είναι στην πραγματικότητα συνδεδεμένη με την εσωτερική τάση $1,8\text{ V}$, V_{REF} . Η αναστρέφουσα είσοδος συνδέεται με τον τελεστικό ενισχυτή εξόδου του ενισχυτή, (οι εκπομπές των βάσεων Q_5 και Q_6), και η είσοδος αθροίζουν την αντίσταση R_1 . Η μοναδική δίοδος μεταξύ των βάσεων των Q_5 και Q_6 διαβεβαιώνει ότι μόνο μία συσκευή είναι ενεργή σε μια στιγμή. Για την ανίχνευση του ρεύματος εξόδου του τελεστικού ενισχυτή, πρέπει απλά να χρησιμοποιήσετε τα ρεύματα συλλέκτη της παραγωγής συσκευών Q_5 και Q_6 . Η βάση Q_6 άγει όταν η ταλάντωση εισόδου θα γίνει θετική και η βάση Q_5 θα άγει

όταν η ταλάντωση εισόδου γίνει αρνητική . Η διακύμανση των 0.995 και 0.975 θα παράγει το λάθος του 0,5 % για τις αρνητικές διακυμάνσεις και 2,5 % για τη θετική διακυμάνσεις . Το 1,5 % είναι ο μέσος όρος αυτών των σφαλμάτων το οποίο αποδίδει σφάλμα κέρδους μόλις το 0,13dB.



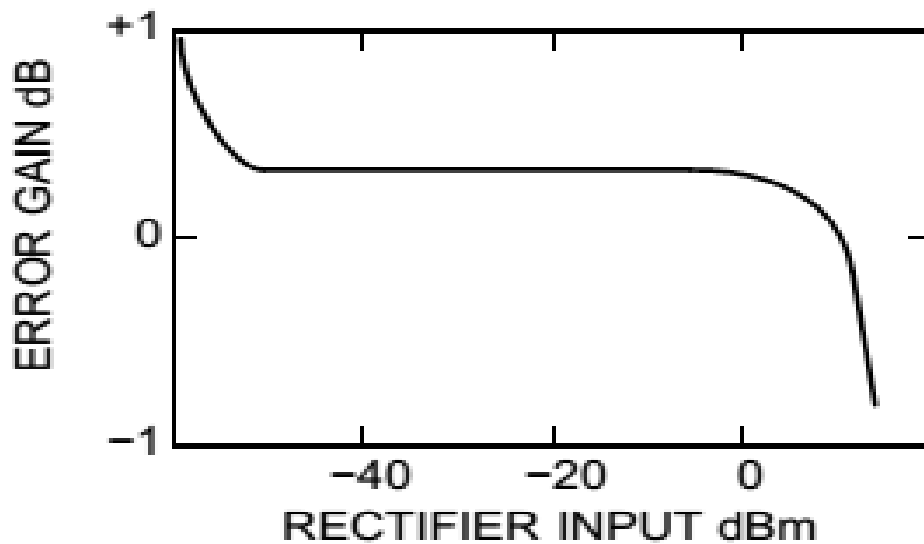
Σχήμα 9: Απλοποιημένη σχηματική ανόρθωση

Σημείωση:

$$I_G = 2 \frac{V_{IN \text{ avg}}}{R_1}$$

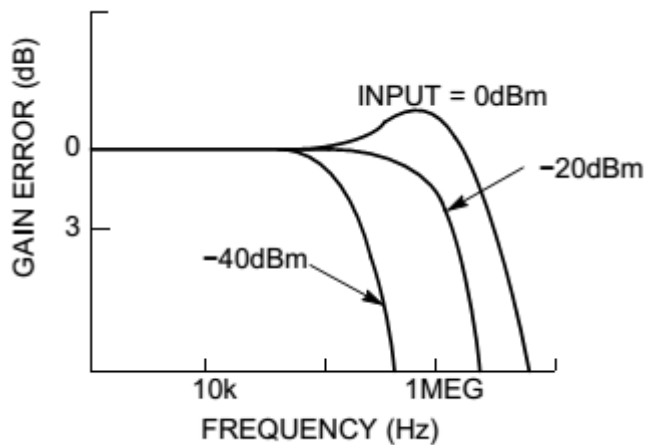
Σε πολύ χαμηλά επίπεδα σήματος εισόδου το ρεύμα της βάσης Q_2 , (συνήθως 50nA), θα γίνει σημαντικό, δεδομένου ότι πρέπει να παρέχεται από τη βάση Q_5 . Ένα άλλο χαμηλού επιπέδου σφάλμα μπορεί να προκληθεί από την συνεχή τάση σύζευξης στον ανορθωτή. Εάν υπάρχει μια αντιστάθμιση τάσης μεταξύ του ακροδέκτη εισόδου V_{in} και της βάσης του Q_2 , τότε θα παραχθεί ένα λάθος ρεύμα V_{os}/R_1 . Μια απλή αντιστάθμιση τάσης 1.0mV θα προκαλέσει ένα ρεύμα εισόδου 100 nA που θα παράγει δύο φορές

το σφάλμα του ρεύματος πολώσεως στην εισόδο. Για μεγαλύτερη ακρίβεια, ο ανορθωτής πρέπει να συνδυαστεί με χωρητική σύνδεση. Ο κορεσμός μπορεί να αποφευχθεί με τον περιορισμό του ρεύματος στην είσοδο του ανορθωτή στα 250μΑ. Εάν είναι απαραίτητο, μία εξωτερική αντίσταση μπορεί να τοποθετηθεί σε σειρά με την αντίσταση R_1 και να περιορίσει το ρεύμα προς αυτή την τιμή. Το Σχήμα 10 δείχνει την ακρίβεια του ανορθωτή κατά της στάθμης εισόδου σε συχνότητα 1,0 kHz.



Σχήμα 10: Ακρίβεια ανορθωτή

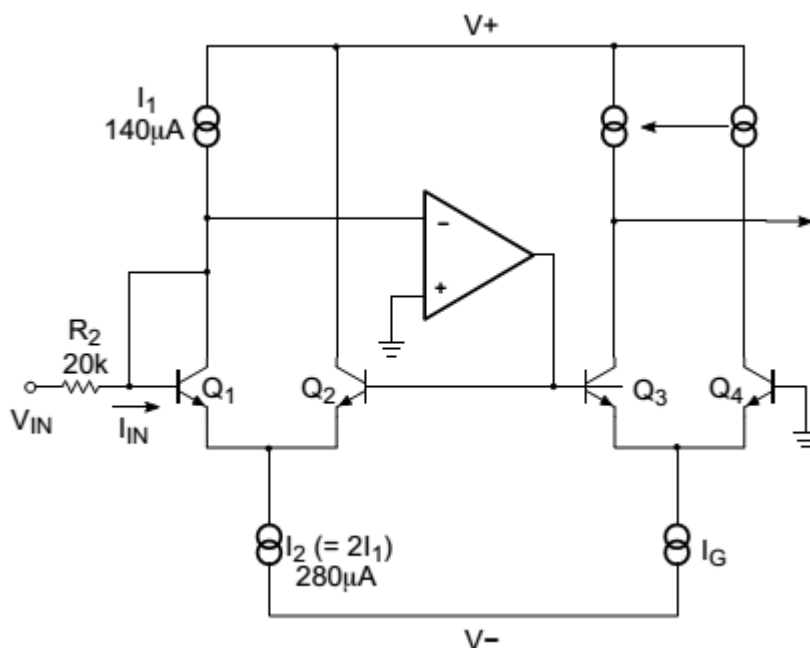
Σε πολύ υψηλές συχνότητες, η απόκριση του ανορθωτή θα πέσει. Το roll-off θα είναι πιο έντονο στα χαμηλότερα επίπεδα εισροών, το οποίο θα οφείλεται στην αύξηση του ποσού του κέρδους που απαιτείται για την εναλλαγή μεταξύ των βάσεων Q_5 ή Q_6 . Η απόκριση συχνότητας ανορθωτή για τα επίπεδα εισόδου των 0 dBm, -20 dBm και -40 dBm φαίνεται στο Σχήμα 11. Η απόκριση και στα τα τρία επίπεδα είναι επίπεδη.



Σχήμα: 11: Απόκριση συχνότητας ανορθωτή εναντίον επίπεδης εισόδου

Κελί μεταβλητού κέρδους

Το Σχήμα 12 είναι ένα διάγραμμα του μεταβαλλόμενου κέρδους κελιού. Αυτό είναι ένα γραμμικοποιημένο δυαδικό τεταρτημόριο πολλαπλασιαστή διαγωγιμότητας Q_1 , Q_2 και ο τελεστικός ενισχυτής προσφέρει ένα πρόωρο σήμα κίνησης για το ζεύγος ελέγχου κέρδους, των βάσεων Q_3 και Q_4 . Το κέρδος ελέγχεται από μια πύλη ρεύματος (I_G) και ένας καθρέπτη ρεύματος παρέχει το ρεύμα εξόδου.



Σχήμα 12: Απλοποιημένο σχήμα κελιού ΔG

Σημείωση:

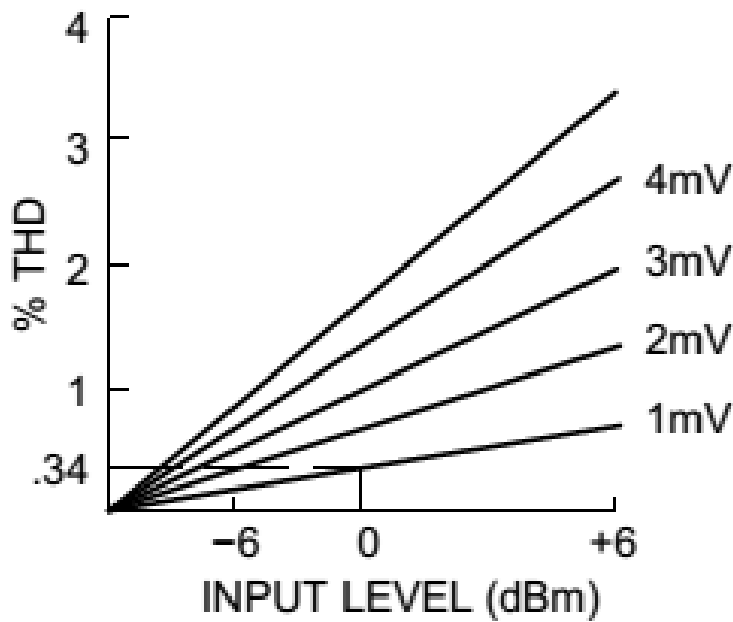
$$I_{OUT} = \frac{I_G}{I_1} I_{IN} = \frac{I_G V_{IN}}{I_2 R_2}$$

Ο τελεστικός ενισχυτής διατηρεί τη βάση και τον συλλέκτη της βάσης Q_1 στο δυναμικό της γείωσης (V_{REF}), ελέγχοντας την βάση του Q_2 . Το ρεύμα εισόδου I_{IN} ($= V_{IN}/R_2$) ωστόσο αναγκάζεται να ρέει μέσα στη βάση Q_1 μαζί με το ρεύμα I_1 , έτσι ώστε $I_{C1} = I_1 + I_{IN}$. Το ρεύμα I_2 να έχει οριστεί στο διπλάσιο της αξίας του ρεύματος I_1 , το ρεύμα μέσω της βάσης Q_2 είναι: $I_2 - (I_1 + I_{IN}) = I_1 - I_{IN} = I_{C2}$. Ο τελεστικός ενισχυτής έχει αναγκάσει να γίνει μια γραμμική τρέχουσα εξέλιξη μεταξύ των βάσεων Q_1 και Q_2 με τη σωστή κίνηση στη βάση του Q_2 . Αυτό το σήμα οδήγησης θα είναι γραμμικό για τα μικρά σήματα, αλλά πολύ μη γραμμικό για τα μεγάλα σήματα, δεδομένου ότι είναι παράγωγα για τη μη γραμμικότητα του διαφορικού ζεύγους, οι βάσεις Q_1 και Q_2 , υπό συνθήκες μεγάλου σήματος. Το κλειδί για το κύκλωμα είναι ότι αυτή η ίδια πρόγνωση του σήματος οδήγησης εφαρμόζεται

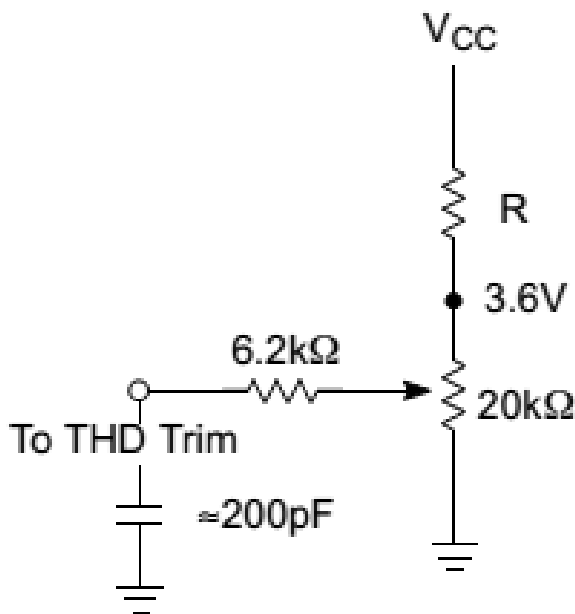
στο ζεύγος ελέγχου κέρδους , οι βάσεις Q_3 και Q_4 . Όταν δύο διαφορετικά ζεύγη τρανζίστορ έχουν το ίδιο σήμα που εφαρμόζεται ,στο ρεύμα συλλέκτη οι αναλογίες τους θα είναι ταυτόσημες , ανεξάρτητα από το μέγεθος των ρευμάτων . Αυτό μας δίνει :

$I_{C1}/I_{C2} = I_{C4}/I_{C3}$ $I_1 + I_{IN}/I_1 - I_{IN}$ συν τις σχέσεις $I_G = I_{C3} + I_{C4}$ και $I_{OUT} = I_{C4} - I_{C3}$ θα αποφέρει την λειτουργία μεταφοράς πολλαπλασιαστή, $I_{out} = I_g/I_1 * I_{in} = V_{in}/R_2 * I_g/I_1$

Αυτή η εξίσωση είναι γραμμική. Αν τα τρανζίστορ δεν ταιριάζουν απόλυτα , ένας παρατονισμός , και μια μη-γραμμικότητα παράγονται , τα οποία οδηγούν στη δεύτερη αρμονική παραμόρφωση . Το Σχήμα 13 δείχνει μια ένδειξη του μεγέθους της παραμόρφωσης που προκαλείται από ένα συγκεκριμένο επίπεδο εισόδου και της αντισταθμισμένης τάσης . Η παραμόρφωση είναι γραμμικά ανάλογη με το μέγεθος της μετατόπισης και με το επίπεδο εισόδου. Ο κορεσμός του κελιού κέρδους λαμβάνει χώρα σε ένα επίπεδο 8 dBm . Σε ονομαστικό επίπεδο των 0 dBm , στα 1,0 mV offset θα αποφέρει 0,34 % της δεύτερης αρμονικής παραμόρφωσης . Τα περισσότερα κυκλώματα είναι κάπως καλύτερα από αυτό , το οποίο σημαίνει ότι οι συνολικές μετατοπίσεις μας είναι τυπικά περίπου mV. Η στρέβλωση δεν επηρεάζεται από το μέγεθος του ρεύματος ελέγχου κέρδους , και δεν αυξάνει καθώς το κέρδος αλλάζει. Αυτή η δεύτερη αρμονική παραμόρφωση θα μπορούσε να εξαλειφθεί , κάνοντας το ιδανικό τρανζίστορ , αλλά δεδομένου ότι θα ήταν δύσκολο , έπρεπε να καταφύγουμε σε άλλες μεθόδους . Μια ενίσχυση στο ένα άκρο (pin) έχει παρασχεθεί για να επιτρέψει το κόψιμο των εσωτερικών μετατοπίσεων στο μηδέν , η οποία εξαλείφει αποτελεσματικά την δεύτερη αρμονική παραμόρφωση . Το Σχήμα 14 δείχνει το απλό ολοκληρωμένο δίκτυο που απαιτείται.



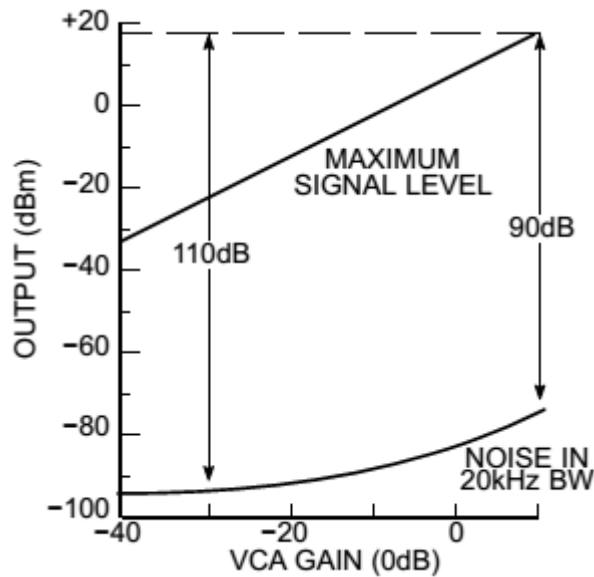
Σχήμα 13: ΔG κυτταρική παραμόρφωση vs. μετατόπιση τάσεως



Σχήμα 14: Έλεγχος σήματος αγωγού εισόδου

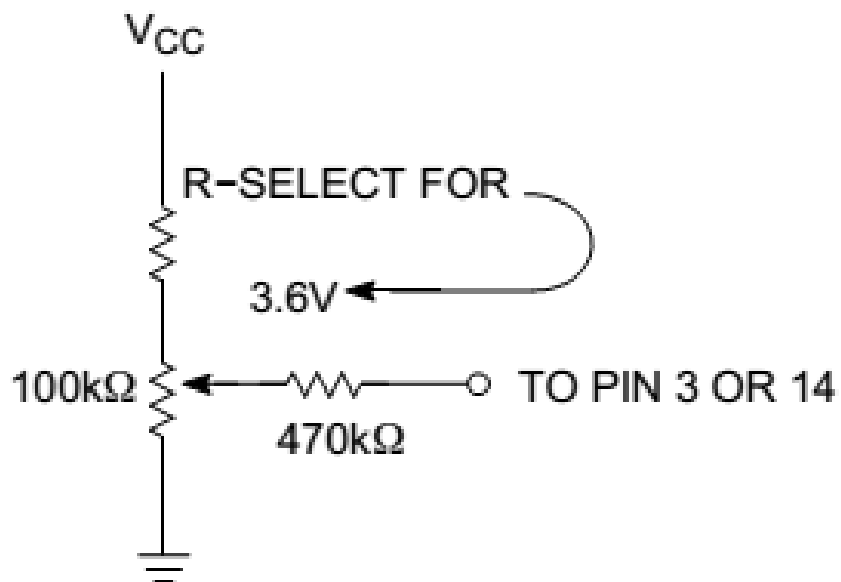
Το σχήμα 15 δείχνει την απόδοση θορύβου της διαφοράς κέρδους του κελιού ΔG. Το μέγιστο επίπεδο εξόδο πριν συμβεί το ψαλίδισμα στο κελί κέρδους χαράσσεται μαζί με τον θόρυβο εξόδο σε ένα εύρος ζώνης 20 kHz. Σημειώνεται ότι ο θόρυβος πέφτει καθώς το κέρδος μειώνεται για τα πρώτα 20 dB της μείωσης της στάθμης. Σε υψηλά κέρδη, ο λόγος σήματος προς

θόρυβο είναι 90 dB, και το συνολικό δυναμικό εύρος από το μέγιστο στο ελάχιστο σήμα θορύβου είναι 110 dB.



Σχήμα 15: Δυναμικό εύρος

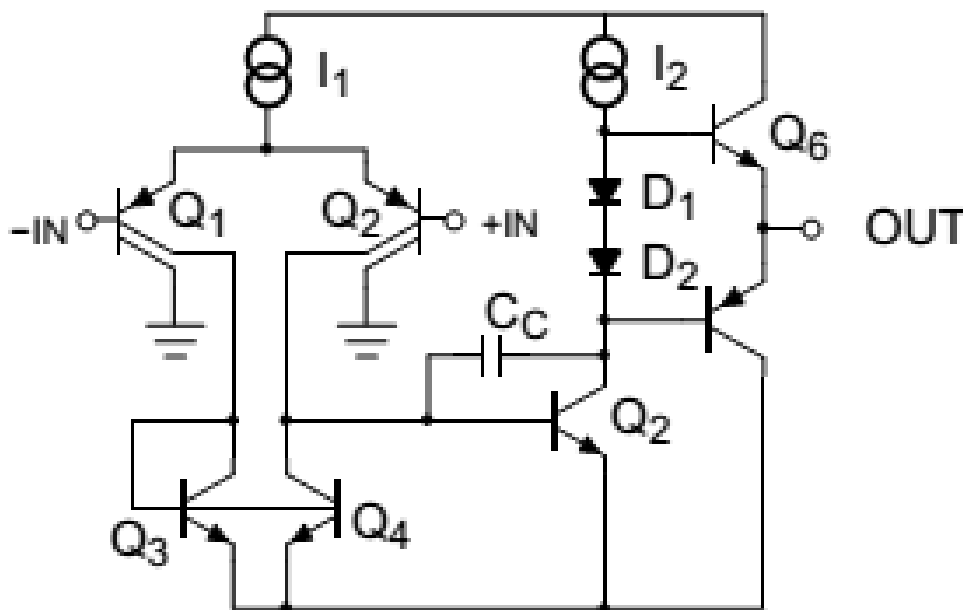
Ο έλεγχος σήματος του αγωγού εισόδου παράγεται στο κελί κέρδους από ατελή αντιστοίχιση της συσκευής, καθώς και οι αναντιστοιχίες στις πηγές ρεύματος, I_1 και I_2 . Όταν δεν υπάρχει σήμα εισόδου, μια αλλαγή στην πύλη ρεύματος θα προκαλέσει ένα μικρό σήμα. Η παραμόρφωση στην ενίσχυση είναι αποτελεσματική στον μηδενισμό για οποιοδήποτε αγωγό εισόδου ελέγχου σήματος, αλλά σε γενικές γραμμές, ο μηδενισμός για το ελάχιστο του αγωγό εισόδου θα είναι διαφορετικός από τον μηδενισμό στην παραμόρφωση. Ο αγωγός εισόδου σήματος ελέγχου μπορεί να κοπεί ανεξάρτητα από την παραμόρφωση δένοντας μια πηγή ρεύματος στο άκρο της εισόδου G. Η αποτελεσματική ενίσχυση του ρεύματος I_1 . Το σχήμα 16 δείχνει μία τέτοια επένδυση δικτύου.



Σχήμα 16: Έλεγχος σήματος αγωγού εισόδου

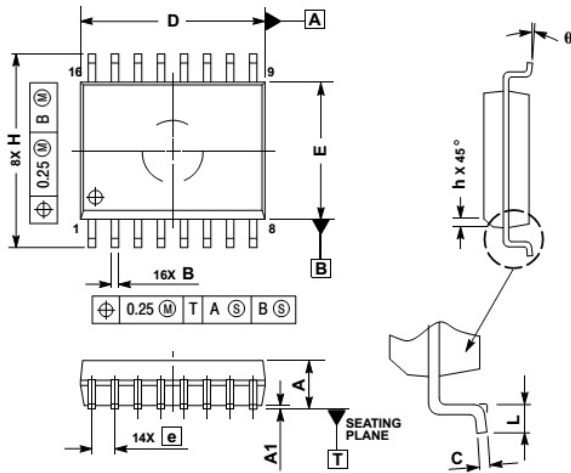
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΝΙΣΧΥΤΗ

Η κύρια λειτουργικότητα του ενισχυτή φαίνεται στο διάγραμμα του ολοκληρωμένου κυκλώματος. Το Σχήμα 17 δείχνει το βασικό κύκλωμα. Οι συλλέκτες διάσπασης χρησιμοποιούνται στο ζεύγος εισόδου για τη μείωση των g_M , έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας μικρός πυκνωτής αντιστάθμισης των μόλις 10 pF. Η στάθμη εξόδου, αν και μπορεί να δημιουργεί ρεύματα εξόδου άνω των 20 mA, είναι ακατάλληλη για μια χαμηλής εντάσεως ρεύμα εξοικονόμηση ενέργειας. Όταν στέλνει βαριά φορτία, έχει ως αποτέλεσμα μία μικρή ποσότητα παραμόρφωσης crossover.



Σχήμα 17: Επιχειρησιακός ενισχυτής ήχου

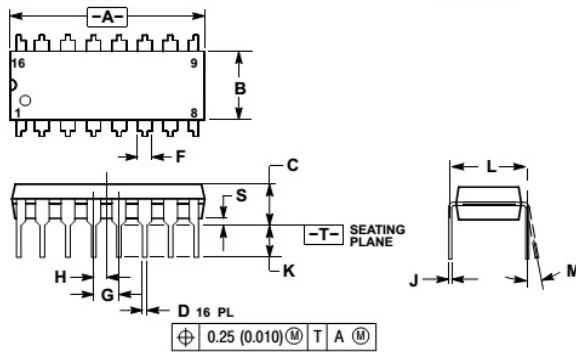
**SOIC-16 WB
D SUFFIX
CASE 751G-03
ISSUE C**



- NOTES:
1. DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
 2. INTERPRET DIMENSIONS AND TOLERANCES PER ASME Y14.5M, 1994.
 3. DIMENSIONS D AND E DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
 4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 PER SIDE.
 5. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.13 TOTAL IN EXCESS OF THE B DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

MILLIMETERS		
DIM	MIN	MAX
A	2.35	2.65
A1	0.10	0.25
B	0.35	0.49
C	0.23	0.32
D	10.15	10.45
E	7.40	7.60
e	1.27 BSC	
H	10.05	10.55
h	0.25	0.75
L	0.50	0.90
q	0°	7°

**PDIP-16
N SUFFIX
CASE 648-08
ISSUE T**

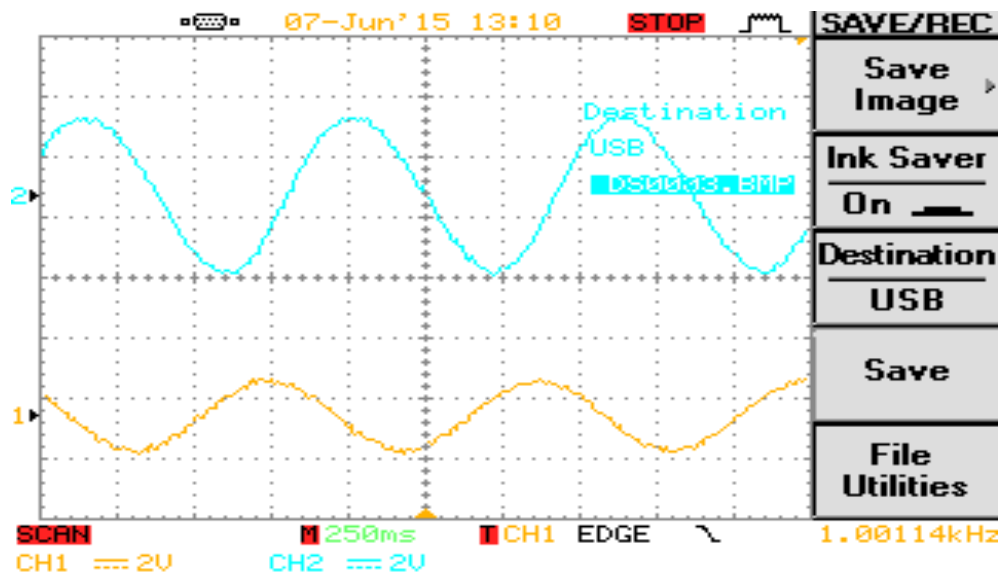


- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
 3. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
 4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
 5. ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.740	0.770	18.80	19.55
B	0.250	0.270	6.35	6.85
C	0.145	0.175	3.69	4.44
D	0.015	0.021	0.39	0.53
F	0.040	0.70	1.02	1.77
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.050 BSC		1.27 BSC	
J	0.008	0.015	0.21	0.38
K	0.110	0.130	2.80	3.30
L	0.295	0.305	7.50	7.74
M	0°	10°	0°	10°
S	0.020	0.040	0.51	1.01

Μετρήσεις:

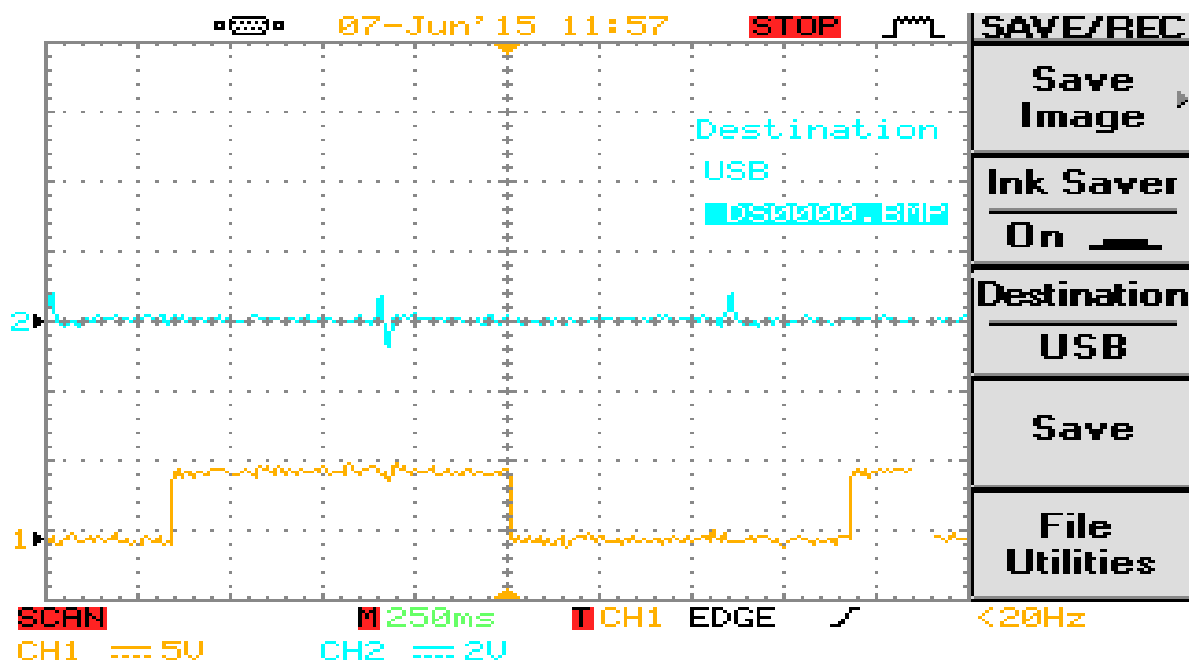
Οι μετρήσεις έγιναν με έναν ψηφιακό παλμογράφο GW instek GDS-2052.



Μετρώντας την μέγιστη είσοδο και έξοδο του κυκλώματος βρέθηκε ότι η μέγιστη απαραμόρφωτη είσοδος είναι 2,2volt και η μέγιστη απαραμόρφωτη έξοδος είναι 5,2volt.

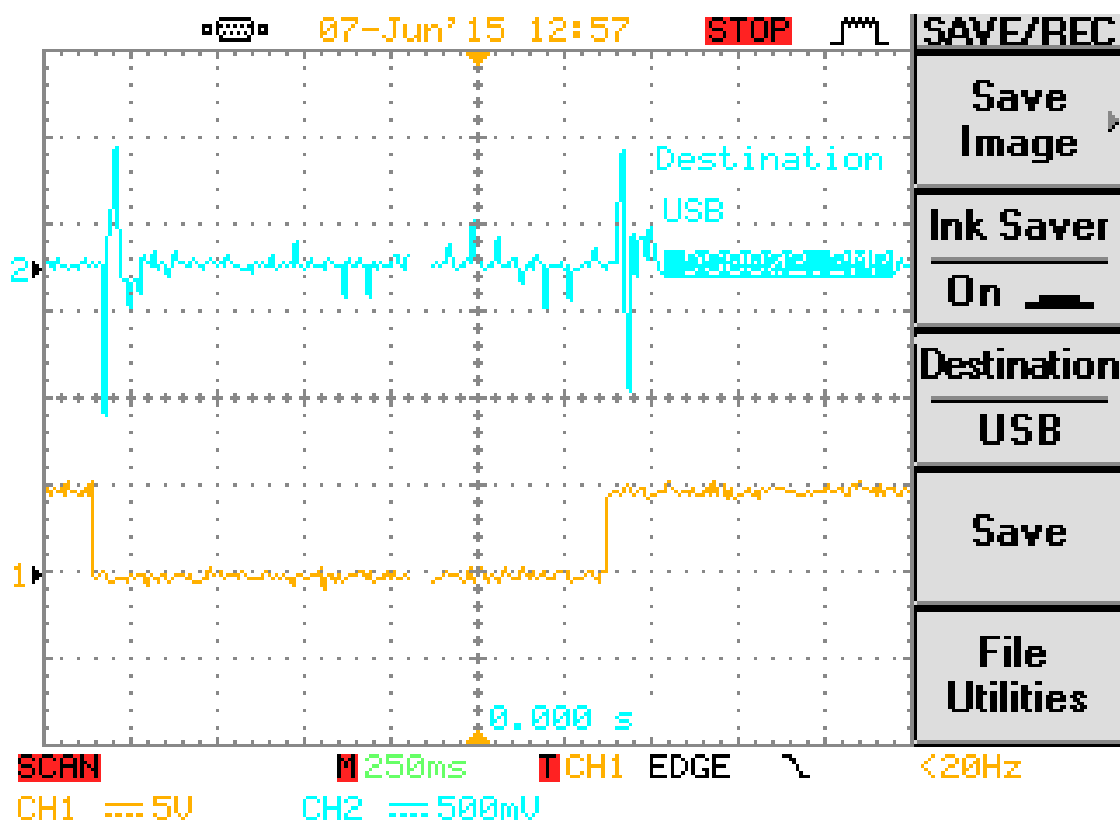
Max input level: 2,2volt

Max output level:5,2volt



Για μια είσοδο 5Volt, που είναι τροφοδοτούμενη από μια γεννήτρια συχνοτήτων στα 500mHz, παρατηρείται

ότι η μέγιστη χρονική καθυστέρηση που δημιουργεί το κύκλωμα μεταξύ του αρχικού και του μεταβαλλόμενου σήματος είναι στα 600msec.



Για μια είσοδο 5Volt, που είναι τροφοδοτούμενη από μια γεννήτρια συχνοτήτων στα 500mHz, παρατηρείται ότι η ελάχιστη χρονική καθυστέρηση που δημιουργεί το κύκλωμα μεταξύ του αρχικού και του μεταβαλλόμενου σήματος, είναι στα 50msec.

Τέλος, βρέθηκε η αντίσταση εισόδου και η αντίσταση εξόδου του τελεστικού ενισχυτή.

Η αντίσταση εισόδου βρέθηκε ότι είναι $Z_{in}=1M\Omega$ και

Η αντίσταση εξόδου είναι $Z_{out}=200\Omega$.

Συνιστώσα υπολογισμοί			
7	1k	Καφέ -μαύρο-κόκκινο	Καφέ -μαύρο-μαύρο-καφέ
11	10k	Καφέ -μαύρο -πορτοκαλί	καφέ-μαύρο-μαύρο-κοκκινο
5	22k	Κόκκινο-κοκκινο -πορτοκαλί	κόκκινο-κόκκινο-μαύρο-κοκκινο
2	36k	Πορτοκαλί -μπλε -πορτοκαλί	πορτοκαλί-μπλε-μαύρο-κοκκινο
1	100k	καφέ-μαύρο -κίτρινο	καφέ-μαύρο-μαύρο-πορτοκαλι
2	1M	Καφέ -μαύρο-πράσινο	καφέ-μαύρο-μαύρο-κιτρινο

ΠΥΚΝΩΤΕΣ:

συνιστώσα υπολογισμοί	Αξία / τιμή	τύπος	Πιθανή βαθμολογία
1	47pF	κεραμικό η φιλμ	470
2	100pF	κεραμικό η φιλμ	101
1	470pF	κεραμικό η φιλμ	471
2	0.001μF	φιλμ	102
2	0.0022μF	φιλμ	222
2	0.01μF	φιλμ	103
2	0.015μF	φιλμ	153
1	0.033μF	φιλμ	333
1	0.047μF	φιλμ	473
5	0.1μF	φιλμ	104
2	0.47μF	φιλμ	474
10	1μF	φιλμ	105
2	10μF	Ηλεκτρολύτης αλουμινίου	10uF
1	47μF	Ηλεκτρολύτης αλουμινίου	47uF
3		100μF Ηλεκτρολύτης αλουμινίου	100uF

ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΑ:

Part ID	Αξία/τιμή	τύπος
Χρόνος καθυστέρησης	50k	γραμμική Taper
Επίπεδο καθυστέρησης	50k	γραμμική Taper
Επαναλήψεις	50k	γραμμική Taper

άλλα:

Συνιστώσα υπολογισμοί	Part Name
1	TL072 ή παρόμοια διπλή (κιτ δεν περιλαμβάνει μια υποδοχή για αυτό το IC)
1	NE571N ή SA571 καλιμπρα
1	PT2399 Delay IC
1	MAX1044 φορτιστής
3	1N914
2	8 pin socket (προαιρετικός)
2	16 pin υποδοχη (προαιρετικός)
1	LED
1	2N5089 or 2N5088
1	78L05 (5 volt ρυθμιστής)
1	78L12 (12 volt ρυθμιστής)
2	Τετρακαναλη υποδοχή
1	DC Jack
1	3PDT ποδοδιακόπτη
	Τυπωμένου κυκλώματος, 24 gauge πίνακας σύρμα, Περίφραξη, Πτόμολ

Συμπεράσματα:

Στόχος της πτυχιακής ήταν να κατασκευαστή μια ηλεκτρονική συσκευή, η οποία στην είσοδό της θα δεχόταν ένα ακουστικό σήμα και στην έξοδό της θα έβγαζε αυτό το ακουστικό σήμα προσθέτοντας μια αλλαγή του χρόνου μετατόπισης του σήματος, δημιουργώντας έτσι ένα ηχητικό εφέ, που ονομάζεται delay. Το ηχητικό εφέ της πτυχιακής, έχει κάποιες μικρές διαφορές από ένα κλασσικό

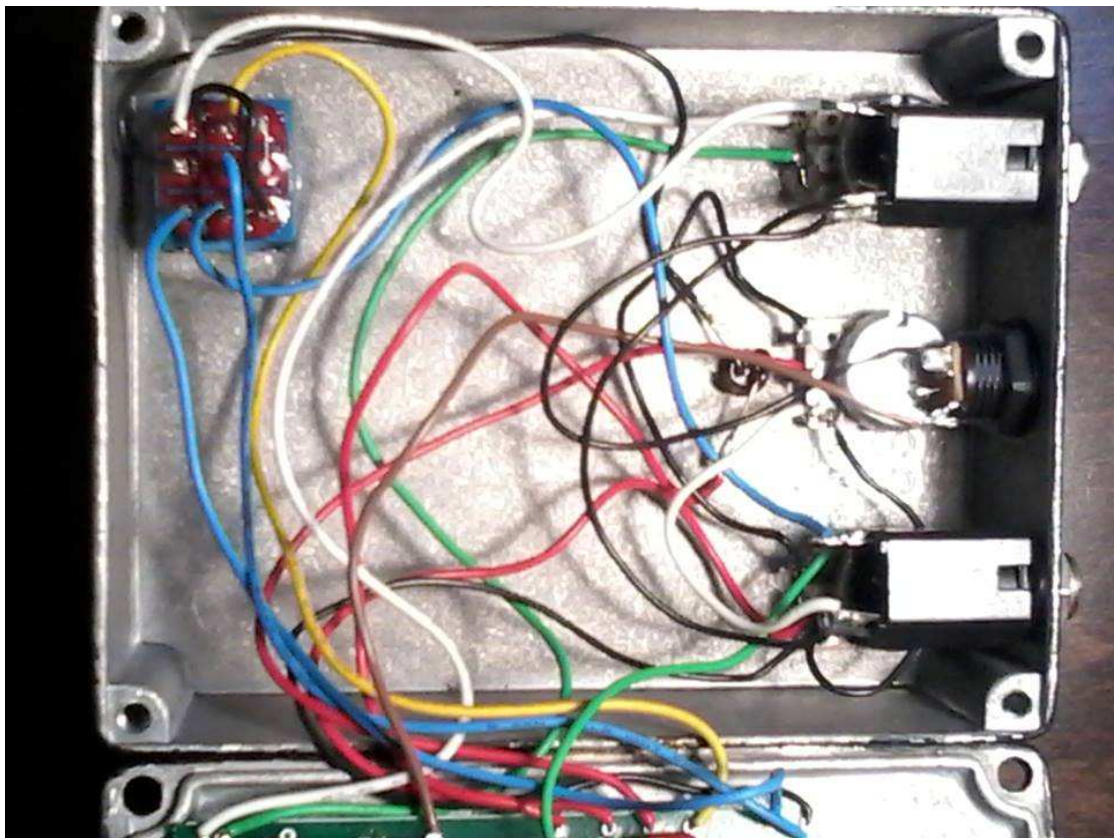
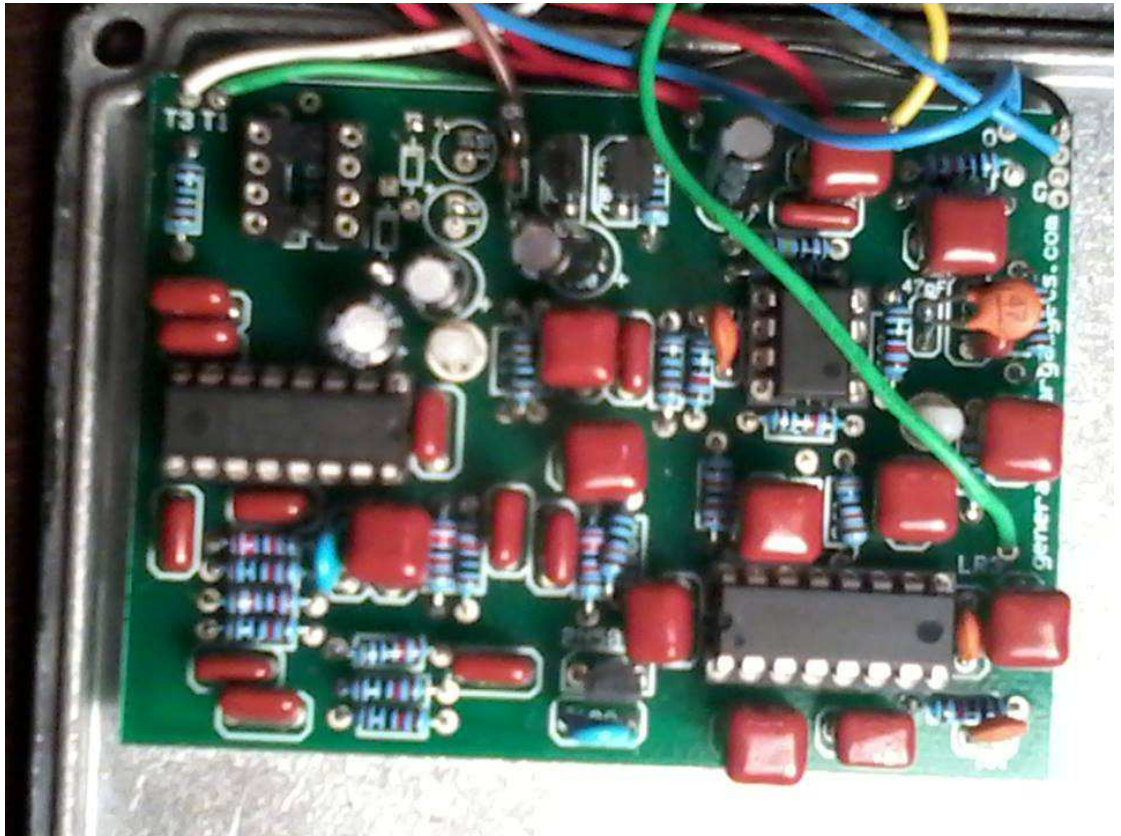
delay. Η συχνότητα επαναλήψεων είναι σχεδόν πανομοιότυπη, αλλά η διαφορά εντοπίζεται στην ευκρίνεια των επαναλήψεων, έχοντας μια πιο συγκεκριμένη ατάκα. Επίσης μέρος της διαφοράς μπορεί να είναι και το υλικό, όπως είναι ο μεταλλοποιημένος πολυεστέρας και τα καπάκια σύζευξης που χρησιμοποιήθηκαν.

Τα εξαρτήματα:

Σημειώσεις κατασκευής:

Λίγες λέξεις σχετικά με την τάση τροφοδοσίας που έχει επιλεχτεί. Ο σχηματισμός δείχνει ένα ρυθμιστή στα +12Volt, αλλά θα απαιτηθούν 18Volt για ισχύ. Προτιμείται αυτό για τη προτιθέμενη headroom και για καθαρότερο ήχο του dry σήματος στην υψηλότερη τάση.

Φωτογραφίες κυκλώματος εφέ delay





Βιβλιογραφία:

1. [http://en.wikipedia.org/wiki/Delay %28audio effect%29](http://en.wikipedia.org/wiki/Delay_%28audio_effect%29)
2. <http://www.harmonycentral.com/t5/Effects-Signal-Processors/bg-p/GearBlog>
3. [http://en.wikipedia.org/wiki/Vintage Guitar %28magazine%29](http://en.wikipedia.org/wiki/Vintage_Guitar_%28magazine%29)
4. <http://www.vintagesynth.com/roland/re201.php>
5. <http://www.loopers-delight.com/tools/LoopDelay/paradis.html>
6. <http://www.loopers-delight.com/tools/echoplex/OBechoplexhistory.html>
7. <http://www.loopers-delight.com/tools/oldechoplex/oldechoplex.html>

8. <http://www.schmitzbits.de/pt2399.html>
9. http://www.generalguitargadgets.com/pdf/ggg_pt80_instruct.pdf?phpMyAdmin=78482479fd7e7fc3768044a841b3e85a
10. http://www.generalguitargadgets.com/pdf/gg_pt80_instruct.pdf?phpMyAdmin=78482479fd7e7fc3768044a841b3e85a
- 11.