

ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ ΣΧΟΛΗ  
ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ  
ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΩΝ

ΔΟΥΖΕΝΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ 3896  
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ  
ΚΟΥΡΙΔΑΚΗΣ ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ

ΧΑΝΙΑ 2015

---

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ:

Η παρούσα εργασία έχει σαν σκοπό την παρουσίαση μιας ολοκληρωμένης μελέτης που αφορά την κατασκευή μιας Γεννήτριας Συναρτήσεων .

Οι τρεις επιλεγμένες κυματομορφές είναι η Τετραγωνική , Τριγωνική , και Ημιτονοειδής. Στην σύγχρονη Ηλεκτρονική Τεχνολογία , η επεξεργασία και η ανάλυση των Κυματικών συναρτήσεων είναι επιβεβλημένη από την ανάγκη ανάλυσης και κατανόησης του τρόπου λειτουργίας των σύγχρονων συστημάτων .

Η επεξεργασία και ανάλυση εικόνας , ήχου , δεδομένων , ηλεκτρονικών σημάτων , η μετάδοση και αποστολή αναλογικών ή ψηφιακών πληροφοριών , οι διαμορφώσεις κυματομορφών , οι διαφόρων τύπου γεννήτριες , είναι κάποια χαρακτηριστικά παραδείγματα συστημάτων που απαιτούνε κάποιους ταλαντωτές ή κάποιες συγκεκριμένες κυματομορφές ( Ημιτονική -Τριγωνική - Τετραγωνική - ΕΜ - ΑΜ - Στοχαστικές κλπ.)

Η εργασία περιλαμβάνει Θεωρητική , Υπολογιστική και Κατασκευαστική μελέτη περί τροφοδοτικών συστημάτων , τελεστικών ενισχυτών , αρχιτεκτονική κυκλωμάτων και συστημάτων , Ηλεκτρονικά Σχέδια και Προγράμματα Εξομοίωσης και Σχέδιο Κατασκευής Τυπωμένης Πλακέτας (PCB) . Το τελικό κύκλωμα συναρμολογήθηκε πρώτα σε BREAD - BOARD και αφού δοκιμάστηκε επιτυχώς πειραματικά ,

κατασκευάστηκε σε πλακέτα που είχε μελετηθεί και σχεδιαστεί βασισμένη στο Protel.

## ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Διάταξη τροφοδοσίας, : Για την τροφοδοσία , χρησιμοποιούμε έναν μετασχηματιστή 2 X 18και σταθεροποιούμε την τάση , μέσω των ολοκληρωμένων 7815 - 7915 , και μέσω κάποιων ποτενσιομέτρων επιτυγχάνουμε ακριβέστατη σταθεροποίηση γύρω στην τιμή των 15V .

Η παραγωγή τετραγωνικού παλμού

Θα δημιουργηθεί με την βοήθεια συγκριτή Schmitt - Trigger . Ανεξάρτητα από την κυματομορφή εισόδου , ο Schmitt -Trigger παράγει πάντα τετραγωνικό παλμό .

Παραγωγή τριγωνικού παλμού

Θα επιτευχθεί από ολοκλήρωση του τετραγωνικού παλμού μέσω ενός απλού ολοκληρωτή .

Χρησιμοποιούμε έναν ενισχυτή εξόδου (μη αντιστρέφων ενισχυτής ) με ένα ποτενσιόμετρο για ενίσχυση της εξόδου της γεννήτριας ,και ρύθμιση αυτής στην τιμή των 0-12v.

Για την δημιουργία ημιτονικού παλμού χρησιμοποιείται τελεστικός ενισχυτής και στοιχεία συνδεδεμένα στον κλάδο της Θετικής ανάδρασης .

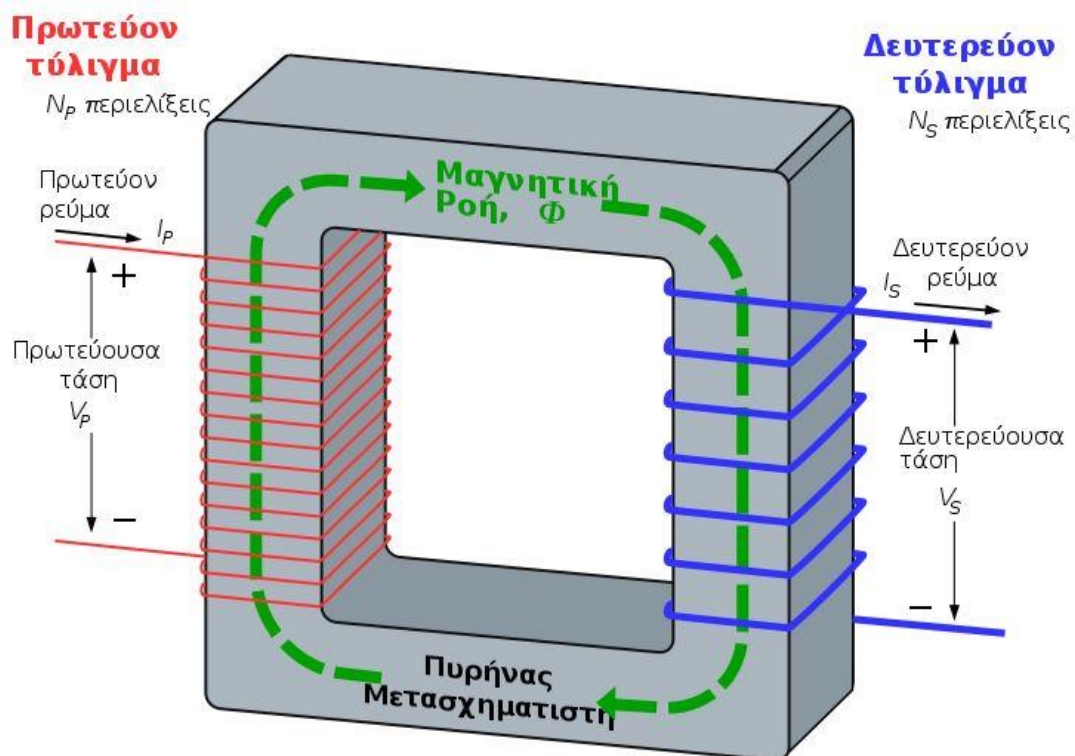
Τροφοδοτική Διάταξη : Για την τροφοδοτική διάταξη , η οποία θα εμπεριέχεται στην ίδια κατασκευή με την γεννήτρια συχνοτήτων θα αποτελείται από 4 βασικά κυκλώματα :

1. Μετασχηματιστής: τροφοδοσίας
2. Κύκλωμα. Ανόρθωσης
3. Φίλτρο Εξομάλυνσης
- 4.Μονάδα σταθεροποίησης

## ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΑΘΜΙΔΩΝ

Ο μετασχηματιστής μετατρέπει την ac τάση και απομονώνει το κύκλωμα από την φάση του δικτύου για προστασία. Η ανορθωτική διάταξη μετατρέπει την εναλλασσόμενη σε συνεχή μεταβαλλόμενη. Οι πυκνωτές χρησιμοποιούνται για να απομακρυνθεί η εναλλασσόμενη συνιστώσα της συνεχούς μεταβαλλόμενης τάσης. Επίσης μειώνουμε όσο είναι δυνατόν την κυμάτωση και αυξάνουμε την απόδοση του τροφοδοτικού. Τέλος οι σταθεροποιητές (Regulator) διατηρούν την τάση του κυκλώματος σταθερή.

Αναλυτικά : Μετασχηματιστής:



Ο μετασχηματιστής βασίζεται σε δύο αρχές: πρώτον, ότι ένα ηλεκτρικό ρεύμα μπορεί να παράγει ένα μαγνητικό πεδίο (ηλεκτρομαγνητισμός) και, δεύτερον, ότι ένα μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο σε ένα τυλιγμένο σύρμα ("τύλιγμα"), επάγει διαφορά δυναμικού στα άκρα του τυλίγματος (ηλεκτρομαγνητική επαγωγή). Μεταβάλλοντας το ρεύμα στο πρωτεύον τύλιγμα, αλλάζει η ένταση του μαγνητικού του πεδίου. Εφόσον το μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο εκτείνεται και στο δευτερεύον τύλιγμα, επάγεται διαφορά δυναμικού στα άκρα του δευτερεύοντος.

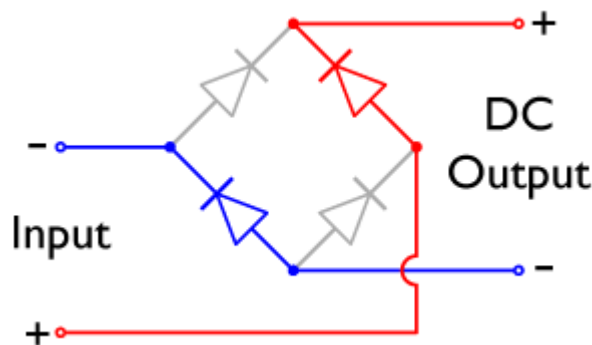
Όπως λέγαμε και προηγουμένως για να βελτιώσουμε την ολική ηλεκτρομαγνητική ροή μεταξύ των δύο τυλιγμάτων προμηθεύουμε ένα ελασματοποιημένο πυρήνα αποτελούμενο από φύλλα σιδήρου για την αποφυγή των δινορευμάτων και περιλαμβανομένου τα δύο τυλίγματα εκ των οποίων το ένα είναι το πρωτεύοντύλιγμα και το άλλο λέγεται δευτερεύον τύλιγμα. Για την τροφοδοτική διάταξη χρησιμοποιείται ένας μετασχηματιστής που στο πρωτεύον του εφαρμόζεται τάση 230V, ενώ το δευτερεύον παρέχει στο κύκλωμα του τροφοδοτικού δύο παροχές των 18Vμεσαίας λήψης.

Αν εφαρμόσουμε τάση εναλλασσόμενη ,εφαρμόζεται μία ηλεκτρεγερτική δύναμη λόγω της ενέργειας της ροής. Κατά αυτόν τον τρόπο η εναλλασσόμενη Ισχύς Θα μεταφέρεται από το πρωτεύον στο δευτερεύον δίκτυο.

Κύκλωμα Ανόρθωσης:

Ο ανορθωτής μετατρέπει την ac τάση σε dc μεταβαλλόμενη ή παλμική τάση. Οι τρεις βασικές ανορθωτικές διατάξεις είναι το κύκλωμα ημιανόρθωσης το κύκλωμα πλήρους ανόρθωσης και η γέφυρα ανόρθωσης . Ημιανόρθωση λέμε τη διαδικασία

εκμετάλλευσης του ενός παλμού για κάθε πλήρη εναλλαγή της πηγής . Διπλή ανόρθωση λέμε τη διαδικασία εκμετάλλευσης και των δύο εναλλαγών της πηγής . Η διπλή ανόρθωση μπορεί να γίνει με δύο τρόπους α) με δύο ανορθωτές (διόδους) β) με γέφυρα διόδων Στο συγκεκριμένο κύκλωμα χρησιμοποιήσαμε γέφυρα διόδων οι οποίες εμπεριέχονται σε ένα ολοκληρωμένο



Φίλτρο Εξομάλυνσης :

Τα κυκλώματα ημιανόρθωσης και πλήρους ανόρθωσης έχουν κυμαινόμενη dc τάση . Πριν να καταστούν κατάλληλα για την τροφοδοσία ηλεκτρονικών κυκλωμάτων , οι κυμαινόμενες dc τάσεις πρέπει να φιλτραριστούν ή να εξομαλυνθούν , ώστε η τάση εξόδου να είναι μία περίπου σταθερή dc τάση . Η περισσότερο διαδεδομένη μέθοδος που χρησιμοποιείται γι'αυτή τη διαδικασία είναι το φίλτρο πυκνωτή . Αποτελείται από έναν πυκνωτή συνδεδεμένο παράλληλα στο φορτίο που σε συνδιασμό με την αντίσταση ορθής φοράς των διόδων , λειτουργεί ως φίλτρο . Ο πυκνωτής του φίλτρου φορτίζεται περίπου στο πλάτος της τάσης εισόδου . Επειδή η σταθερά χρόνου εκφόρτισης είναι μεγάλη , η τάση του πυκνωτή παραμένει περίπου ίση με το πλάτος της τάσης εισόδου σε όλη την διάρκεια του κύκλου της . Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η

τάση εξόδου να είναι μια dc τάση με μια μικρή κυμάτωση .  
Λιγότερο διαδεδομένες μέθοδοι εξομάλυνσης χρησιμοποιούν  
το φίλτρο choke ή φίλτρο L και το φίλτρο Π . Τα φίλτρα αυτά  
χρησιμοποιούνται σπάνια , επειδή τα πηνία είναι ογκώδη και  
έχουν υψηλό κόστος . Στη συνδεσμολογία του τροφοδοτικού  
της κατασκευής μας χρησιμοποιήσαμε φίλτρο πυκνωτή .

Μονάδα σταθεροποίησης :

Η μονάδα σταθεροποίησης χρησιμοποιείται για να κρατάμε  
την dc τάση σταθερή ανεξάρτητα από τις μεταβολές του  
δικτύου. Η σταθεροποίηση μπορεί να πραγματοποιηθεί με  
διάφορους τρόπους. Με την χρήση διόδου Zener, με την χρήση  
τρανζίστορ, με την χρήση ολοκληρωμένου τύπου 78XX (για την  
σταθεροποίηση θετικών τάσεων) και 79XX (για την  
σταθεροποίηση αρνητικών τάσεων) ή με την χρήση ενός  
συγκριτή .

Στο τροφοδοτικό αυτό χρησιμοποιούμε τα ολοκληρωμένα  
78XX και 79XX. Τα ολοκληρωμένα αυτά που ονομάζονται  
κυκλώματα σταθεροποίησης τάσεων εξόδου ή Regulators. Δεν  
είναι όμως μόνο αυτό, αφού είναι σε θέση να οδηγήσουν και  
να ελέγξουν με ακρίβεια τροφοδοτικά.



## **ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΚΥΜΑΤΟΜΟΡΦΩΝ**

### **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Το βασικό εξάρτημα του παρόντος ηλεκτρονικού συστήματος είναι ο τελεστικός ενισχυτής (OP - AMP) . Βάσει του τελεστικού ενισχυτή δημιουργούμε διάφορα κυκλώματα (ολοκληρωτής , διαφοριστής , συγκριτής , ενισχυτής) τα οποία τα χρησιμοποιούμε για τις διάφορες εφαρμογές τους . Πιο συγκεκριμένα με την χρήση του τελεστικού ενισχυτή , μετατρέπουμε τις κυματομορφές από την μια μορφή στην άλλη ( τρίγωνο - τετράγωνο κλπ) και τις ενισχύουμε . Στο συγκεκριμένο ηλεκτρονικό κύκλωμα , χρησιμοποιήσαμε έναν συγκριτή Shmitttrigger για την παραγωγή της τετραγωνικής κυματομορφής , εν συνεχεία έναν ολοκληρωτή (μετά τον συγκριτή) για την παραγωγή μιας τριγωνικής κυματομορφής και μετά με το κατάλληλο κύκλωμα μορφοποιήσαμε την τριγωνική κυματομορφή σε ημιτονική κυματομορφή .

## ΤΕΛΕΣΤΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ

Ο τελεστικός ενισχυτής (Operational Amplifier) είναι μια ειδική περίπτωση ενισχυτή και παίζει τόσο σημαντικό ρόλο στην ηλεκτρονική ώστε να χαρακτηρίζεται και σαν βασικό ολοκληρωμένο κύκλωμα . Ο τελεστικός ενισχυτής λαμβάνει το όνομά του από την ποικιλία των λειτουργιών τις οποίες εκτελεί . Αυτές συμπεριλαμβάνουν ενίσχυση , πρόσθεση , αφαίρεση , διαφόριση , ολοκλήρωση , σύγκριση κτλ. Ο OP - AMP σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε για χρήση στους πρώτους αναλογικούς υπολογιστές , αλλά η εφαρμογή του περιορίστηκε επειδή απαιτούσε μεγάλο αριθμό εξαρτημάτων . Βρήκε ευρεία χρήση στην βιομηχανία των ηλεκτρονικών μειώνοντας το μέγεθος και την τιμή του .

Οι περισσότεροι OP - AMPS που κατασκευάζονται είναι σε μορφή ολοκληρωμένου κυκλώματος Περιέχουν πολλές βαθμίδες εσωτερικώς αλλά μπορούν να θεωρηθούν σαν εξαρτήματα απλού κυκλώματος , επειδή η ολική τους λειτουργία βασίζεται στις παραμέτρους εισόδου και εξόδου. Η εσωτερική κυκλωματική διάταξη ποικίλει μεταξύ διαφορετικών κατασκευαστών σύμφωνα με την επιδιωκόμενη χρήση του .

## ΒΑΘΜΙΔΕΣ ΟΡ - AMP

I) Βαθμίδα εισόδου : Αποτελείται συνήθως από ένα διαφορικό ενισχυτή και παίζει καθοριστικό ρόλο στον θόρυβο όλου του ενισχυτή , στην αντίσταση εισόδου , στο εύρος ζώνης κλπ. Η καλή συμπεριφορά του εξασφαλίζεται με μεγάλη αντίσταση στο κοινό σημείο των εκπομπών , γι'αυτό και χρησιμοποιείται στη θέση αυτή μια πηγή ρεύματος .

II) Ενδιάμεση βαθμίδα. Συνήθως είναι ένας διαφορικός ενισχυτής , ο οποίος χρησιμοποιείται για τους ίδιους λόγους με την βαθμίδα εισόδου .

III) Βαθμίδα στάθμης Συνήθως είναι μια βαθμίδα κοινού εκπομπού αλλά αυτό εξαρτάται από τον σχεδιασμό και τον σκοπό του ΟΡ - AMP . Η βαθμίδα αυτή εξασφαλίζει το μεγαλύτερο ποσοστό ενίσχυσης τάσης , ρεύματος του ενισχυτή και διορθώνει τα ενυπάρχοντα σφάλματα του κυκλώματος διαμετατόπισης του επιπέδου τάσης πάλι στο μηδέν , όταν οι προηγούμενες βαθμίδες δίνουν έξοδο για μηδέν διαφορική είσοδο . Ακόμη , έχει μικρότερη ακρίβεια από τις βαθμίδες εισόδου και δυνατόν να μετασχηματίζει την μεγάλη αντίσταση εξόδου του διαφορικού ενισχυτή σε χαμηλή αντίσταση , ικανή να οδηγήσει τον τελικό ενισχυτή εξόδου .

IV) Βαθμίδα: Εξόδου. Είναι ένας ενισχυτής κοινού συλλέκτη σε απλή συνδεσμολογία , ή Darlington , ή κυρίως με συμπληρωματικές βαθμίδες . Συνήθως οι βαθμίδες αυτές παρουσιάζουν υψηλή σύνθετη αντίσταση στις ενδιάμεσες βαθμίδες και χαμηλή σύνθετη αντίσταση προς το φορτίο και θέτουν τα όρια της ζώνης απόκρισης του ΟΡ - AMP . Γενικά , οι

βαθμίδες εξόδου απομονώνουν τον OP - AMP από τις επιδράσεις του φορτίου . Ο τελεστικός ενισχυτής δημιουργεί κάποια κυκλώματα τα οποία εκτελούν μία συγκεκριμένη διαδικασία μέσα σε ένα κύκλωμα , όπως αντιστρέφων τελεστικός ενισχυτής , μη αντιστρέφων τελεστικός ενισχυτής , αθροιστής , αφαιρέτης , διαφοριστής , ολοκληρωτής , συγκριτής κλπ . Στην συγκεκριμένη ηλεκτρονική κατασκευή δύο είναι τα είδη κυκλωμάτων OP -AMP που Θα μας απασχολήσουν , και τα οποία Θα αναλύσουμε παρακάτω : ο ολοκληρωτής και ο συγκριτής Shmitttrigger .

#### 4. ΣΥΓΚΡΙΤΗΣ

Ο συγκριτής είναι ένα κύκλωμα που μας βοηθάει να συγκρίνουμε δύο τάσεις για να καταλάβουμε ποιά είναι μεγαλύτερη. Έχει δύο τάσεις εισόδου (την αναστρέφουσα και τη μη αναστρέφουσα ) και μία τάση εξόδου . Όταν η μη αναστρέφουσα είσοδος είναι μεγαλύτερη από την αναστρέφουσα , τότε ο συγκριτής οδηγεί την έξοδό του σε υψηλή τάση (high) . Όταν η μη αναστρέφουσα είσοδος είναι μικρότερη από την αναστρέφουσα , έχουμε χαμηλή (αρνητική) τάση εξόδου. Ένας τελεστικός ενισχυτής σαν τον 714C μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν συγκριτής . Όμως θέτει περιορισμούς ως προς την ταχύτητα . Όπως γνωρίζουμε ο ρυθμός μεταβολής της εξόδου του τελεστικού ενισχυτή περιορίζει την ταχύτητα μεταβολής της τάσης εξόδου . Αν έχουμε έναν 714C η έξοδος δεν μπορεί να μεταβληθεί ταχύτερα από 0,5V/μs. Για αυτό το λόγο ο 714C απαιτεί περισσότερα από 50μs για να μεταβεί από τα -13V της κατάστασης Low στα +13V της κατάστασης high. Για να επιτύχουμε την διακοπτική λειτουργία, μπορούμε να επιλέξουμε έναν τελεστικό ενισχυτή με μεγαλύτερο ρυθμό μεταβολής λ.χ. τον 318 . Αυτός ο

τελεστικός ενισχυτής έχει ρυθμό μεταβολής 70V/μs. Έτσι μπορεί να μεταβεί από  $-13\text{V}$  στα  $+13\text{V}$  σε 0,3μs περίπου.

### Συγκριτής SCHMITT TRIGGER

Αν η είσοδος ενός συγκριτή περιέχει θόρυβο, η έξοδος μπορεί να προκύψει λανθασμένη όταν η  $V_{in}$  βρίσκεται κοντά στο κατώφλι. Για παράδειγμα όταν έχουμε έναν ανιχνευτή διέλευσης δια του μηδενός η έξοδος είναι high, όταν η είσοδος  $V_{in}$  είναι θετική και low όταν η είσοδος είναι αρνητική. Αν η είσοδος περιέχει θόρυβο 1mV και περισσότερο τότε ο ανιχνευτής ανιχνεύει εσφαλμένες διελεύσεις δια του μηδενός που προκαλούνται από τον θόρυβο. Αυτόν τον ανεπιθύμητο θόρυβο μπορούμε να τον αποφύγουμε αν χρησιμοποιήσουμε έναν συγκριτή Schmitt TRIGGER που είναι με θετική ανάδραση.

Ο βρόχος της θετικής ανάδρασης σχηματίζεται μέσω διαιρέτη τάσης. Όταν η τάση εξόδου βρίσκεται στο θετικό κόρο μια θετική τάση αναδράται στη μη αναστρέφουσα είσοδο. Αυτή η θετική τάση διατηρεί την έξοδο στην κατάσταση high.

## **ΣΥΓΚΡΙΤΗΣ Schmitt TRIGGER**

Η έξοδος θα παραμείνει σε μια δεδομένη κατάσταση μέχρις ότου η είσοδος να υπερβεί την τάση αναφοράς για αυτή την κατάσταση.

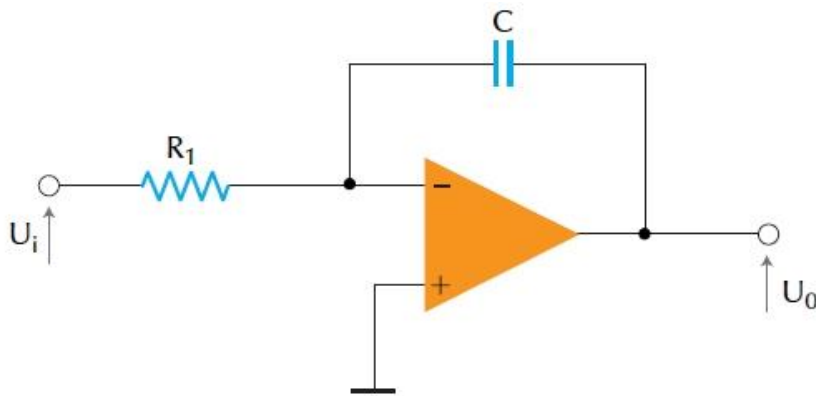
Η θετική ανάδραση είναι αυτή που δημιουργεί τα κατώφλια. Κάποιο ποσοστό υστέρησης είναι επιθυμητό γιατί προστατεύει το κύκλωμα από εσφαλμένο σκανδαλισμό λόγω του θορύβου. Φανταστείτε ένα συγκριτή Schmitttrigger χωρίς υστέρηση. Τότε οποιοσδήποτε θόρυβος θα προκαλούσε τον σκανδαλισμό του. Επιπλέον το κύκλωμα θα μετέβαινε τυχαία από μια κατάσταση στην άλλη λόγω τυχαίας μορφής θορύβου. Στη συνέχεια φανταστείτε συγκριτή Schmitttrigger με υστέρηση. Αν το πλάτος του θορύβου από κορυφή σε κορυφή είναι μικρότερο από την υστέρηση τότε το κύκλωμα προστατεύεται από εσφαλμένους σκανδαλισμούς. Ένα κύκλωμα με αρκετά μεγάλη υστέρηση είναι ανίσθητο στο θόρυβο. Η θετική ανάδραση τοποθετεί τα κατώφλια δεξιά και αριστερά από την κεντρική τάση.

## ΟΛΟΚΛΗΡΩΤΗΣ

Ο ολοκληρωτής είναι ένα κύκλωμα που εκτελεί τη μαθηματική πράξη που ονομάζεται ολοκλήρωση . Μια συνηθισμένη εφαρμογή του ολοκληρωτή είναι η εντολή μιας ράμπας ή κλίσης στην έξοδο , όταν στην είσοδο επιβάλλεται μια συνεχής τάση . Για παράδειγμα αν οδηγείτε έναν 741C με μια βηματική τάση η έξοδος μεταβάλλεται με έναν ρυθμό  $0.5V/\mu s$

Αυτό σημαίνει ότι η τάση εξόδου μεταβάλλεται γραμμικά με τον χρόνο . Με έναν τελεστικό ενισχυτή μπορούμε να κατασκευάσουμε έναν ολοκληρωτή , δηλαδή ένα κύκλωμα που δίνει έξοδο κλίση , όταν η είσοδος είναι ένας τετραγωνικός παλμός .

Η τυπική είσοδος είναι ένας τετραγωνικός παλμός όπως αυτός του κυκλώματός μας . Το σύμβολο  $v$  γράφεται με κεφαλαία γιατί παριστάνει μια συνεχή τάση διάρκειας  $T$  . Υποθέστε ότι η  $V_{in}$  εφαρμόζεται στο αριστερό άκρο της  $R$ .



Αφού ο πυκνωτής διαρρέεται από σταθερό ρεύμα το φορτίο  $Q$  αυξάνει γραμμικά . Αυτό σημαίνει ότι η τάση στα άκρα του πυκνωτή αυξάνει γραμμικά και έχει τη πολικότητα του σχήματος. Επειδή ο τελεστικός ενισχυτής προκαλεί αντιστροφή της φάσης η τάση εξόδου είναι μια αρνητική κλίση . Στο τέλος του παλμού εισόδου η τάση εισόδου επανέρχεται στην μηδενική τιμή και το ρεύμα φόρτισης διακόπτεται . Επειδή ο πυκνωτής διατηρεί τα φορτία του η τάση εξόδου παραμένει σταθερή σε ένα αρνητικό επίπεδο .

Το κύκλωμα απαιτεί κάποιες μετατροπές προκειμένου να καταστεί πρακτικά εφαρμόσιμο . Ο πυκνωτής συμπεριφέρεται στις d.c. τάσεις σαν ανοικτό κύκλωμα .Ετσι στο d.c. η τάση κλειστού βρόχου είναι ίση με την τάση ανοικτού βρόχου . Αυτό οδηγεί σε πολύ μεγάλη παραμένουσα τάση εξόδου . Αν δεν έχουμε αρνητική ανάδραση τότε στην μηδενική συχνότητα το κύκλωμα αντιλαμβάνεται τις παραμένουσες τάσεις με τον ίδιο τρόπο που αντιλαμβάνεται την ωφέλιμη τάση εισόδου . Με άλλα λόγια οι παραμένουσες τάσεις εισόδου φορτίζουν τελικά τον πυκνωτή και στην έξοδο τον θετικό ή αρνητικό κόρο .



Ενας τρόπος για να ελαττώσουμε τις παραμένουσες τάσεις εισόδου είναι με την εισαγωγή μιας αντίστασης παράλληλα προς τον πυκνωτή . Αυτή η αντίσταση πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 φορές μεγαλύτερη από την τάση εισόδου . Αν η αντίσταση ανάδρασης είναι ίση με  $10R$  το κέρδος ελαχίστου βρόχου είναι ίσο με  $-10$  και η παραμένουσα τάση εξόδου ελαττώνεται σημαντικά . Ο ολοκληρωτής λειτουργεί κατά προσέγγιση όπως και προηγουμένως γιατί το μεγαλύτερο μέρος του ρεύματος εξακολουθεί να διέρχεται από τον πυκνωτή.

Ενας άλλος τρόπος για την εξουδετέρωση των παραμενουσών τάσεων εισόδου είναι να χρησιμοποιήσουμε έναν διακόπτη επανατοποθέτησης με J Fet (J Fetresetswitch) . Ο διακόπτης αυτός μας επιτρέπει να εκφορτίσουμε τον πυκνωτή αμέσως πριν από την εφαρμογή παλμού στην είσοδο . Όταν η τάση στην πύλη είναι  $-V_{CC}$  ο διακόπτης είναι ανοικτός και το κύκλωμα λειτουργεί με τον τρόπο που περιγράφηκε στα προηγούμενα . Όταν η τάση στην πύλη γίνει  $0 V$  ο διακόπτης κλείνει και ο πυκνωτής εκφορτίζεται . Όταν η τάση στην πύλη ξαναγίνει αρνητική το J Fet ανοίγει και ο πυκνωτής μπορεί να επαναφορτιστεί με τον επόμενο παλμό εισόδου.

Μετατροπή κυματομορφών : Οι τελεστικοί ενισχυτές μπορούν να μετατρέπουν ημιτονοειδή σήματα σε τετραγωνικά , τετραγωνικά σήματα σε τριγωνικά κ.ο.κ . Αυτή η παράγραφος καλύπτει μερικά βασικά κυκλώματα που μετατρέπουν μια κυματομορφή εισόδου σε μια διαφορετική κυματομορφή εξόδου.

Γεννήτρια Τριγώνου - Τετραγώνου Το κύκλωμα αποτελείται από έναν ολοκληρωτή και ένα κύκλωμα Schmitt-

Trigger(επανατροφοδοτούμενοςσυγκριτής) . Η τριγωνική κυματομορφή σχηματίζεται δια ολοκλήρωσεως της τετραγωνικής κυματομορφής που ανατροφοδοτείται από την έξοδο του συγκριτή στην είσοδο του ολοκληρωτή.Το πλάτος της τριγωνικής κυματομορφής ρυθμίζεται από τις στάθμες μεταφοράς εισόδου του συγκριτή που προσδιορίζεται από τις ακόλουθες σχέσεις:

Οι στάθμες εξόδου του συγκριτή ρυθμίζονται από την δίοδο Ζενερ και από την γέφυρα διόδων ενώ ταυτόχρονα βελτιώνουν την συμμετρικότητα των κυματομορφών.

Επειδή το τετράγωνο για να επιτύχει μεγάλο χρόνο ανόδου είναι πολύ δύσκολο να πραγματοποιηθεί με τελεστικούς ενισχυτές μπορούμε ναχρησιμοποιήσουμε πύλες Schmitt-Trigger οι οποίες έχουν μεγάλο χρόνο ανόδου (περίπου 8nsec).

Το πρόβλημα όμως είναι ότι έχουν μια καθορισμένη τάση αλλαγής κατάστασης επειδή ανήκουν στα λογικά κυκλώματα. Θέτοντας στην είσοδο ημίτονο λαμβάνουμε στην έξοδο τετράγωνο αλλά όχι με dutycycle 50% γι αυτό θέτουμε πρίν από την πύλη έναν συγκριτή ώστε να αλλάζει κατάσταση μόλις περάσει το ημίτονο λίγο πάνω από το 0 .

Η τάση εισόδου  $V_1$  είναι της τάξης του δεκάτου του mV δηλαδή πρακτικά 0 διότι εάν η τάση εισόδου ξεπεράσει τα 0 Volt πολλαπλασιάζεται επί 200.000 που είναι η ενίσχυση ανοικτού βρόγχου και ο τελεστικός ενισχυτής φτάσει στον κόρο και βγάλει τετράγωνο όχι πολύ καλό με dutycycle 50% και η πύλη ύστερα δημιουργεί ιδεώδες χρόνο ανόδου. Αν τώρα μεταβάλλουμε την τάση εισόδου  $V_1$  που σημαίνει να πάμε σε κάποιο επίπεδο τάσης την αναστρέφουσα είσοδο του τελεστικού ενισχυτή ώστε μόλις ξεπεράσει την τάση (-)

εισόδου τότε να αλλάζει κατάσταση ο τελεστικός ενισχυτής. Δηλαδή εάν η τάση της (-) εισόδου μπορεί να μεταβάλλεται με ποτενσιόμετρο από  $-V$  έως  $+V$  Θα μπορούμε να μεταβάλλουμε το dutycycle του τετραγωνικοί παλμού . Με δύο inverters λαμβάνουμε κυματομορφή συμφασική με την είσοδο ενώ μεταξύ του πρώτου και του δεύτερου αναστροφέα λαμβάνουμε ανεστραμένη κυματομορφή , δηλαδή με διαφορά φάσεως 180 μοίρες. Το ποτενσιόμετρο μεταβάλλει το dutycycle . Τα πλευρικά trimmer ρυθμίζονται για να μη φτάνει ο δρομέας του ποτενσιομέτρο σε ακραίες θέσεις , ρυθμίζονται δε ανάλογα με την τάση εισόδου έτσι ώστε η  $V_1$  να μην περνά πάνω από τις κορυφές της  $V_{in}$ .

Για να επιτύχουμε τον υποβιβασμό χρησιμοποιούμε έναν μη γραμμικό υποβιβαστή . Το κύκλωμα αποτελείται από μια δίοδο και είναι ένα κύκλωμα παράλληλης ψαλίδησης . Όταν όμως η τάση εισόδου  $V_i$  είναι μικρότερη από την τάση  $V$  το σήμα εξόδου είναι το ίδιο με το σήμα εισόδου . Όταν η τάση  $V_i$  είναι μεγαλύτερη από την τάση  $V$  τότε η δίοδος άγει και το ρεύμα είναι ανάλογο της τάσεως  $V_i - V$ , με αποτέλεσμα να δημιουργεί μία πτώση τάσεως που είναι ανάλογη της  $V_i - V_b$  και έτσι η κλίση του σήματος εξόδου αλλάζει από την τιμή  $v$  (σημείο θλάσης) . Το σημείο που αλλάζει η κλίση εξαρτάται από την ρύθμιση του σημείου θλάσης  $v$  . Το ποσό της αλλαγής της κλίσης εξαρτάται απο την ρύθμιση της αντίσταση της κλίσης . Η προσθήκη περισσότερων ζεύγων διόδων και αντιστάσεων δίνει περισσότερα σημεία θλάσης και μεταβολής

κλίσεων με αποτέλεσμα να επιτυγχάνουμε καλύτερη προσέγγιση της ημιτονικήςκυματομορφής. Το πάνω ποτενσιόμετρο ρυθμίζει το σημείο κλίσης και το κάτω το σημείο Θλάσης. Ενας τελεστικός ενισχυτής (OP-AMP) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενός ημιτονικού σήματος. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρησιμοποίηση εξωτερικών στοιχείων τα οποία είναι συνδεδεμένα στο κλάδο της Θετικής ανάδρασης. Το κύκλωμα που σχηματίζεται κατά αυτόν τον τρόπο καλείται ταλαντωτής ανάδρασης. Η συνθήκη για να αρχίσουν και να διατηρηθούν οι ταλαντώσεις πρέπει να είναι τέτοια ώστε η απολαβή του κλάδου ανάδρασης να είναι πραγματική ,Θετική και μεγαλύτερη της μονάδας . Για να είναι οι παραγόμενες κυματομορφές ημιτονικές, καθορισμένης συχνότητας και πλάτους τα κυκλώματα των ταλαντωτών ανάδρασης Θα πρέπει να υπολογίζονται κατά τέτοιο τρόπο έτσι ώστε η απολαβή βρόγχου να εξαρτάται από την συχνότητα και το πλάτος του κάθε σήματος στον βρόγχο. Η απολαβή βρόγχου είναι μεγαλύτερη της μονάδας για μικρά σήματα πλάτους, για την έναρξη και διατήρηση των ταλαντώσεων. Το κύκλωμα υπολογίζεται κατά τέτοιο τρόπο έτσι ώστε η απολαβή βρόγχου να γίνεται ακριβώς μονάδα για ταλαντώσεις στην επιθυμητή συχνότητα και στο επιθυμητό πλάτος εξασφαλίζοντας έτσι την διατήρηση της επιθυμητής ταλάντωσης.

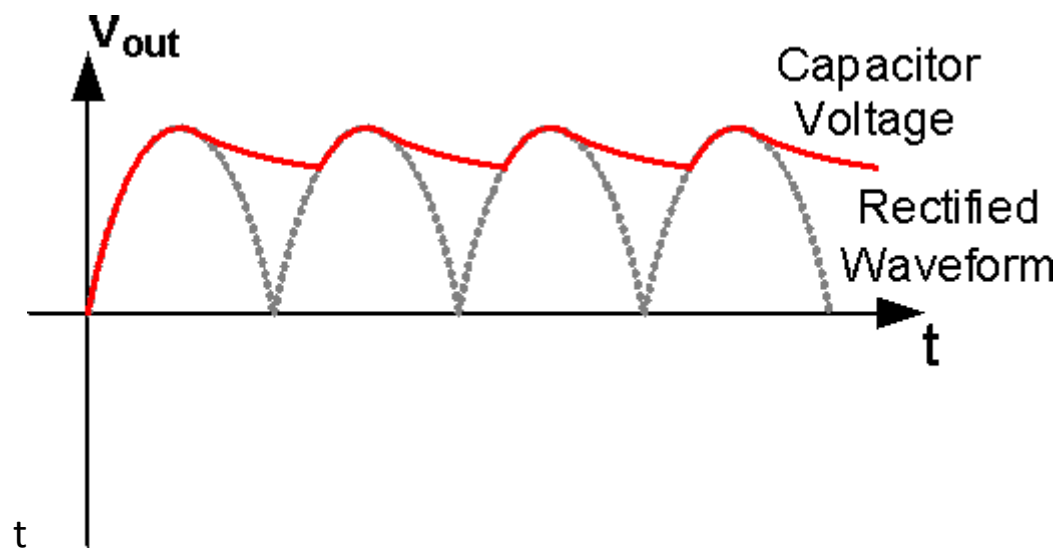
## ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΑΘΜΙΔΑΣ ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟΥ

Το κύκλωμα του τροφοδοτικού είναι η καρδιά της γεννήτριας συναρτήσεων διότι αυτό είναι υπεύθυνο για την λειτουργία των επιμέρους βαθμίδων. Ο ρόλος του τροφοδοτικού είναι η μετατροπή της A.C. τάσης τροφοδοσίας ( 220 - 230Volt ) σε D.C. τάση κατάλληλου πλάτους (  $\pm 15$  ,  $\pm 18$  ) , απαραίτητη για την πόλωση των τελεστικών ενισχυτών και την αναγκαία τάση εισόδου για τα 7815 - 7915 προκειμένου να προκαλέσουν σταθεροποίηση της D.C. πλέον τάσης , που εμπεριέχονται στο γενικότερο κύκλωμα της γεννήτριας . ουσιαστικά ανορθώνουμε και εξομαλύνουμε την εναλλασσόμενη τάση, μετασχηματίζουμε δηλαδή την ενέργεια από μια μορφή της σε μία άλλη πιο κοντά στις συνθήκες που πληρούν τις προϋποθέσεις για ομαλή λειτουργία του κυκλώματος . Αρχικά βρίσκεται ο M/T με χαρακτηριστικά 2\*18V τάση δευτερεύοντος και 1A ρεύμα παροχής . Στην συνέχεια συναντάμε μια γέφυρα διόδων τύπου RS 204 σε μορφή ολοκληρωμένου με 4 ποδαράκια από τα οποία τα 2 μεσαία είναι η είσοδος που δέχεται εναλλασσόμενη τάση και τα δύο ακριανά είναι η έξοδος .

Η αντοχή της συγκεκριμένης γέφυρας στο ρεύμα είναι της τάξης των 4A . Στην έξοδο της γέφυρας διόδων και πριν την είσοδο των σταθεροποιητών έχουμε τοποθετήσει δύο πυκνωτές με χωρητικότητα 470 $\mu$ F έτσι ώστε η φόρτισή τους να απαιτεί λίγο χρόνο σε αντιδιαστολή με το χρόνο εκφόρτισης, ο οποίος είναι μεγάλος , πράγμα πολύ καλό καθώς για την διαδικασία της εξομάλυνσης όσο πιο μεγάλο χρόνο εκφόρτισης έχει ο πυκνωτής τόσο πιο αργά μειώνεται η τάση στα άκρα του και κατά συνέπεια τόσο πιο κοντά στην V-peak του ανορθωμένου ρεύματος θα βρίσκεται η τάση του όταν θα

επανέρθει η ανορθωμένη τάση για να φορτίσει ξανά , άρα τόσο πιο κοντά είμαστε στην μορφή της D.C.κυματομορφής.

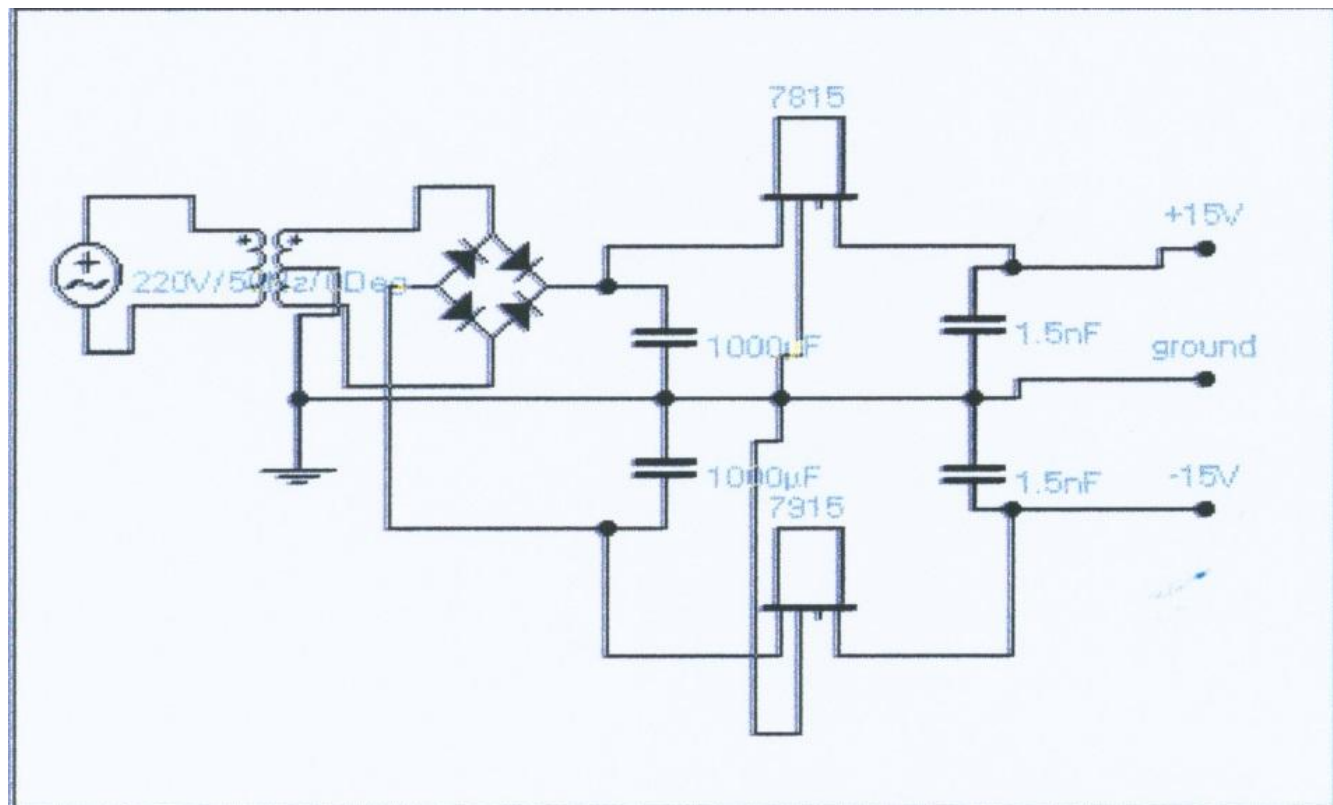
Παρατεταμένος χρόνος εκφόρτισης



Ακολουθούν οι σταθεροποιητές τάσης (ολοκληρωμένα με κωδικούς : 7815 για την θετική τάση και 7915 για την αρνητική τάση.Ολοκληρώνοντας μπορούμε να πούμε ότι

εναλλασσόμενη τάση των 230V μέσω του Μ/Τ υποβιβάζεται σε 18V , ακολούθως την διοχετεύουμε στην γέφυρα διόδων με την βοήθεια της οποίας ανορθώνουμε την Α.С. τάση πλήρως ενώ με τους πυκνωτές στην έξοδό της εξομαλύνουμε την μετασχηματισμένη πλέον τάση. Στην συνέχεια τα ολοκληρωμένα 7815 και 7915 φροντίζουν για την σταθεροποίηση της τάσης .

Το ολοκληρωμένο τροφοδοτικό φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



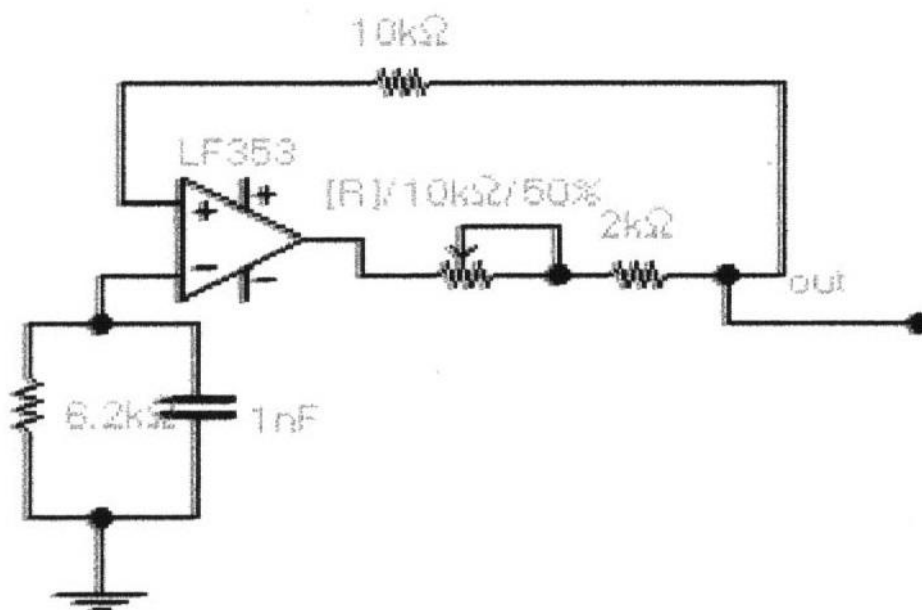
## ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΑΘΜΙΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΥ - ΤΡΙΓΩΝΟΥ

### ΒΑΘΜΙΔΑ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΥ

Η πρώτη συνάρτηση που δημιουργούμε στο σύστημά μας είναι το τετράγωνο . Είναι η πιο απλή κυματομορφή για

δημιουργία και επιτυγχάνεται αποκλειστικά με έναν συγκριτή και έχοντας μόνο μια τυχαία είσοδο.

Συγκεκριμένα : Επιλέγουμε έναν τελεστικό ενισχυτή LF353 (διότι έχει μεγάλο slewrate) και πραγματοποιούμε την συνδεσμολογία του Schmitttrigger όπως στο σχήμα :



Είναι ένας τυπικός συγκριτής με την αναστρέφουσα γειωμένη στην μη αναστρέφουσα κλάδο ανάδρασης μέσω μιας αντίστασης 10KΩ (για σταθερή ανάδραση) και αντίσταση εξόδου 1KΩ που ρυθμίζει το πλάτος του εξαγόμενου τετραγωνικού παλμού.

Στον αναστρέφοντα κλάδο , για να επιτυγχάνεται σταθερό πλάτος εξόδου, προστέθηκε μία αντίσταση  $R = 6,2 K\Omega$  . Επίσης παράλληλα της αντίστασης , για να γειώνονται και οι AC συνιστώσες , τοποθετήθηκε και ένας πυκνωτή

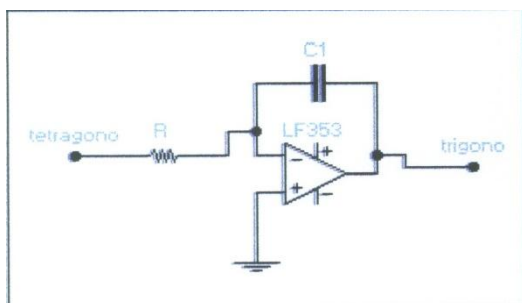


αποσύζευξης  $C_g = 1\text{nF}$ . Οι δύο αυτές προσθήκες εξασφαλίζουν μεγαλύτερη σταθερότητα του τετραγώνου .

Στην έξοδο του συγκριτή και σε σειρά με την αντίσταση εξόδου ( $R_s$ ) , τοποθετούμε trimmer  $T1 = 10\text{k}\Omega$  . Με αυτό τον τρόπο έχουμε την δυνατότητα να ρυθμίζουμε το πλάτος του τετραγωνικού παλμού ανάλογα με την τιμή της αντίστασης εξόδου την οποία μεταβάλλουμε από το trimmer.

### ΒΑΘΜΙΔΑ ΤΡΙΓΩΝΟΥ

Η βασική βαθμίδα από την οποία δημιουργείται το τρίγωνο είναι ο ολοκληρωτής που συνδεσμοποιείται από κύκλωμα τελεστικού ενισχυτή (LF353) . Η είσοδος του ολοκληρωτή είναι ο τετραγωνικός παλμός , ο οποίος έχει δημιουργηθεί από τον συγκριτή. Ένας τυπικός ολοκληρωτής φαίνεται στο σχήμα παρακάτω :



Στην συνδεσμολογία του τελεστικού ενισχυτή η μη αναστρέφουσα είσοδος είναι γειωμένη , η αναστρέφουσα είναι η είσοδος του τετραγώνου μέσω μιας αντίστασης  $R$  , και στον κλάδο ανάδρασης ο πυκνωτής  $C1$  ο οποίος προκαλεί μέσω της συνάρτησης μεταφοράς του κυκλώματος την ολοκλήρωση του τετραγώνου .

Όπως και στον συγκριτή έτσι και στον ολοκληρωτή , το θεωρητικό κύκλωμα θέλει κάποιες αλλαγές για να αποδώσει πρακτικά σωστά .

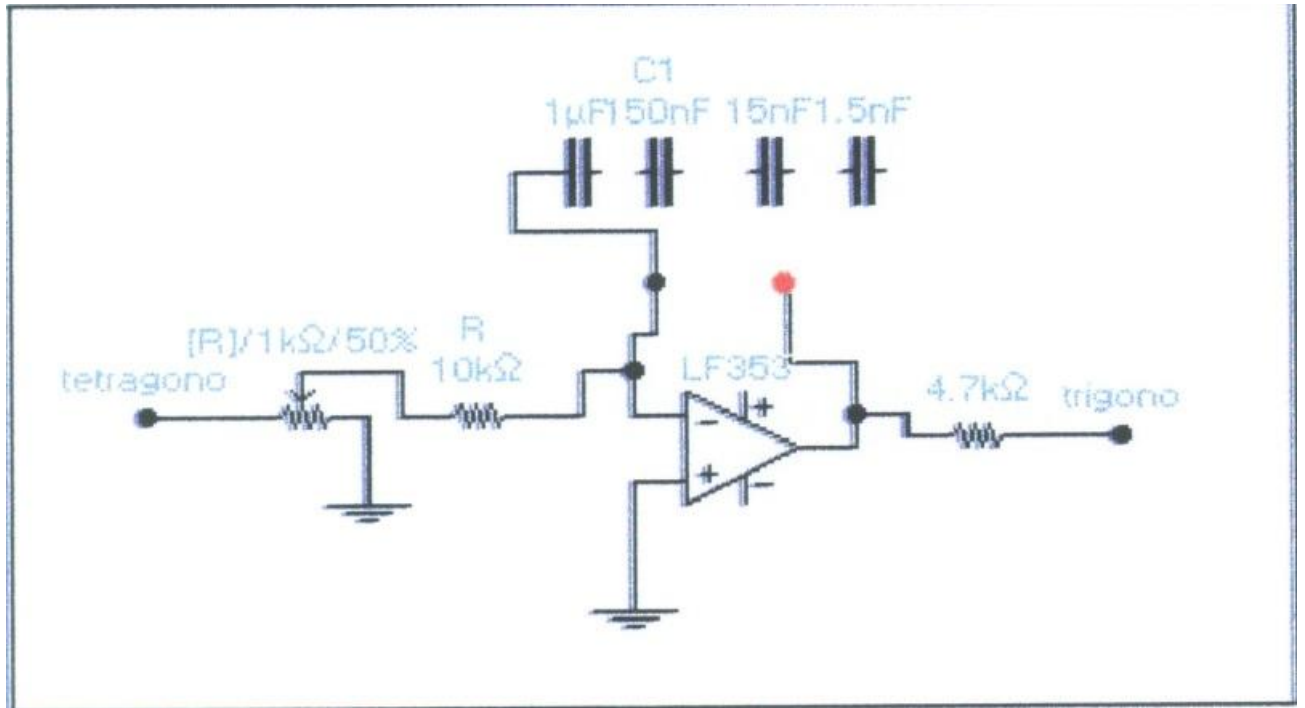
1) Στον κλάδο της εισόδου , σε σειρά με την αντίσταση  $R_{προσθέτουμε}$  ένα ποτενσιόμετρο  $P1 = 1k\Omega$  για την ρύθμιση της αντίστασης εισόδου του ολοκληρωτή

2) Στην έξοδο του ολοκληρωτή τοποθετούμε αντίσταση φορτίου  $R_L = 47k\Omega$  για σταθερότερο σήμα εξόδου.

3) Στον συνολικό κλάδο ανάδρασης του συστήματος συγκριτή - ολοκληρωτή , τοποθετείται αντίσταση ανάδρασης  $R_a = 17,17k\Omega$  για να σταθεροποιήσουμε και να ρυθμίσουμε το πλάτος του σήματος ανάδρασης (τριγωνικού παλμού) και παράλληλα με την αντίσταση  $R_a$  έναν πυκνωτή  $C_a = 68\mu F$  ο οποίος ανάλογα με την τιμή του και το συνολικό  $RC$  του κυκλώματος ανάδρασης να ρυθμίζει την ταχύτητα του ,αναδραστικού σήματος.

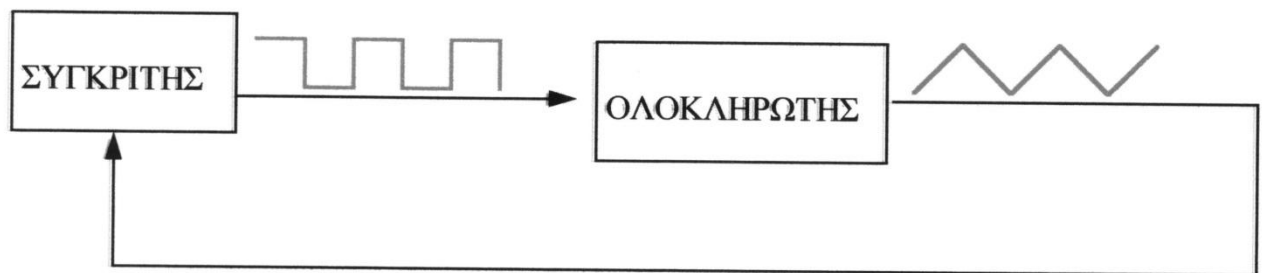
4) Τέλος τοποθετούμε έναν διακόπτη στους πυκνωτές ανάδρασης του ολοκληρωτή , οπότε αλλάζοντας τιμή πυκνωτή αλλάζει και η ζώνη συχνοτήτων της γεννήτριάς.

Έτσι ο ολοκληρωτής του συστήματός διαμορφώνεται ως εξής :

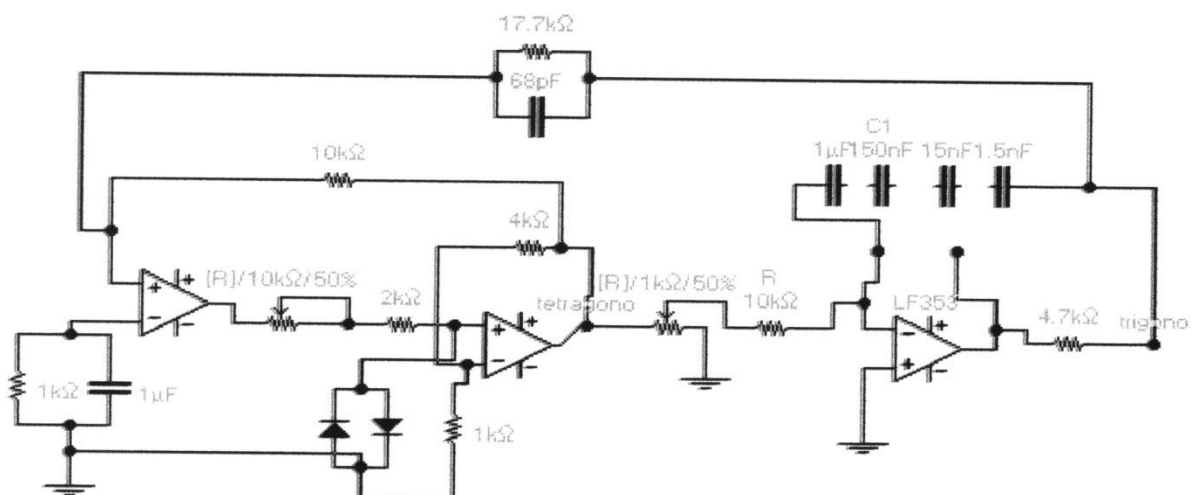


## ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΓΚΡΙΤΗ - ΟΛΟΚΛΗΡΩΤΗ

Η βασική αρχή παραγωγής Τετραγωνικού και Τριγωνικού παλμού είναι η παρακάτω

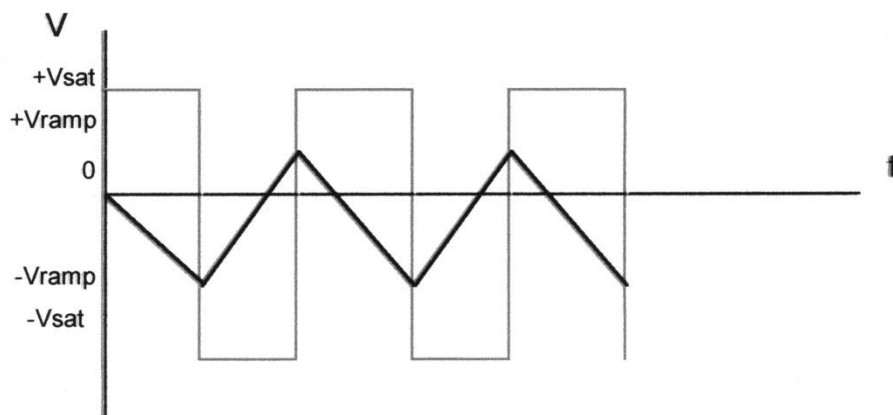


Χρειαζόμαστε δηλαδή έναν συγκριτή Schmitttrigger (ανατροφοδοτούμενο), έναν ολοκληρωτή και ένα κλάδο ανάδρασης που να συνδέει τις δύο βαθμίδες. Το κυρίως κύκλωμα αποτελείται από ένα κύκλωμα συγκρίσεως και η ανάδραση από έναν ολοκληρωτή. Μόλις εφαρμοσθεί τάση, ο συγκριτής δίνει στην έξοδό του μία από τις δύο στάθμες που προκύπτουν από την σύγκριση της στάθμης εισόδου με την τάση αναφοράς. Η τάση αυτή τροφοδοτεί τον ολοκληρωτή ο οποίος δίνει στην έξοδό του το ολοκλήρωμα της τάσης αυτής που στην προκειμένη περίπτωση είναι μια συνάρτηση ράμπας (rampfunction). Αυτή η γραμμικά αυξανόμενη τάση τροφοδοτεί την είσοδο του συγκριτή, που δεν αλλάζει κατάσταση, μέχρις ότου η τάση αυτή γίνει ελάχιστα μεγαλύτερη από την τάση αναφοράς. Τότε ο συγκριτής αλλάζει κατάσταση και ανάλογα επαναλαμβάνεται ο παραπάνω κύκλος. Αν συνδεσμολογήσουμε το δικτύωμα συγκριτή του κυκλώματός μας τότε :



Από το παραπάνω κύκλωμα που αποτελεί το σύστημα συγκριτή ολοκληρωτή. Της γεννητριάς μας ο ένας τελεστικός είναι συνδεδεμένος σαν συγκριτής, ο άλλος σαν ολοκληρωτής και έχουμε και έναν τρίτο σαν μη αναστρέφω ενισχυτής που

ενισχύει το τετράγωνο (όλοι LF353). Η είσοδος του ολοκληρωτή είναι μια τετραγωνική κυματομορφή, ενώ η έξοδος του είναι μια τριγωνική κυματομορφή. Παρόλ' αυτά για να είναι η έξοδος του ολοκληρωτή τριγωνική κυματομορφή απαιτείται να ισχύει η σχέση:  $5R_{in}C_{ολ} > T/2$ , όπου  $T$  είναι η περίοδος του τετραγωνικού σήματος εισόδου. Γενικά αυτό που προκύπτει είναι ότι θα πρέπει να έχουμε  $R_{in} * C_{ολ} = T$ . Για να σταθεροποιήσουμε την τριγωνική κυματομορφή μπορούμε να τοποθετήσουμε παράλληλα στον πυκνωτή ολοκλήρωσης μία αντίσταση  $R = 10R_{in}$ . Οι κυματομορφές του συστήματος είναι:



Οι συχνότητες του τετραγώνου και του τριγώνου είναι οι ίδιες. Το πλάτος του τετραγώνου είναι συνάρτηση της συνεχούς τάσης τροφοδοσίας του τελεστικού και της αντίστασης εξόδου του τετραγώνου. Το πλάτος της τριγωνικής κυματομορφής ρυθμίζεται από τις στάθμες μεταφοράς εισόδου του συγκριτή. Το πλάτος και η συχνότητα του τριγώνου μπορεί να προσδιοριστεί όπως παρακάτω:

$$V_t = -V_o R_1 / R_2 \text{ και } V_t = -V_o R_1 / R_2$$

όπου

$V_{+}$  είναι η υψηλότερη και η χαμηλότερη στάθμη εισόδου του συγκριτή

$V_{0+}$  είναι η υψηλότερη και η χαμηλότερη στάθμη εξόδου του συγκριτή

Οι στάθμες εξόδου του συγκριτή περιορίζονται από τις διόδους 1N4148 ενώ ταυτόχρονα βελτιώνουν την συμμετρικότητα των κυματομορφών .

Από το παραπάνω διάγραμμα των κυματομορφών φαίνεται ότι όταν η έξοδος του συγκριτή είναι  $+V_{sat}$  , η έξοδος του ολοκληρωτή ελατώνεται σταθερά μέχρις ότου φτάσει στην τιμή  $+V_{ramp}$  Σε αυτό το σημείο η έξοδος του συγκριτή αλλάζει και από  $+V_{sat}$  γίνεται  $-V_{sat}$  .Λίγο πριν γίνει αυτή η αλλαγή η τάση στη θετική είσοδο είναι μηδέν .Άρα η τάση  $V_{ramp}$  αναπτύσσεται στη αντίσταση ανάδρασης του κυκλώματος ( $R_a$ ) και η  $V_{sat}$  στην αντίσταση ανάδρασης του συγκριτή ( $R_c$ ). Άρα

$$-V_{ramp}/R_a = -V_{sat}/R_c$$

Η συχνότητα ταλαντώσεων που παράγεται από το βασικό κύκλωμα της γεννήτριας συναρτήσεων ,καθορίζεται από την σταθερά χρόνου του ολοκληρωτή και από το πλάτος της τετραγωνικής κυματομορφής που ανατροφοδοτείται στην είσοδο του ολοκληρωτή (με ρύθμιση του ποτενσιόμετρου P του κυκλώματός μας) . Ο χρόνος που απαιτείται για να ανέβει η έξοδος του ολοκληρωτή είναι :

$$T_1 = ((V_{t(+)} - V_{t(-)}) / K_{vo}) * CR$$

και ο χρόνος που απαιτείται για να κατέβει η έξοδος του ολοκληρωτή είναι

$$T_2 = ((V_{t(+)} - V_{t(-)}) / K V_o) * CR$$

Ο Κ λαμβάνει τιμές μεταξύ 0 και 1 και ρυθμίζεται από το ποτενσιόμετρο P. Εάν η υψηλότερη και η χαμηλότερη στάθμη εξόδου του συγκριτή είναι ίδιες  $T_1 = T_2$ , η κυματομορφή είναι συμμετρική και η συχνότητα ταλαντώσεων θεωρητικά καθορίζεται από την σχέση

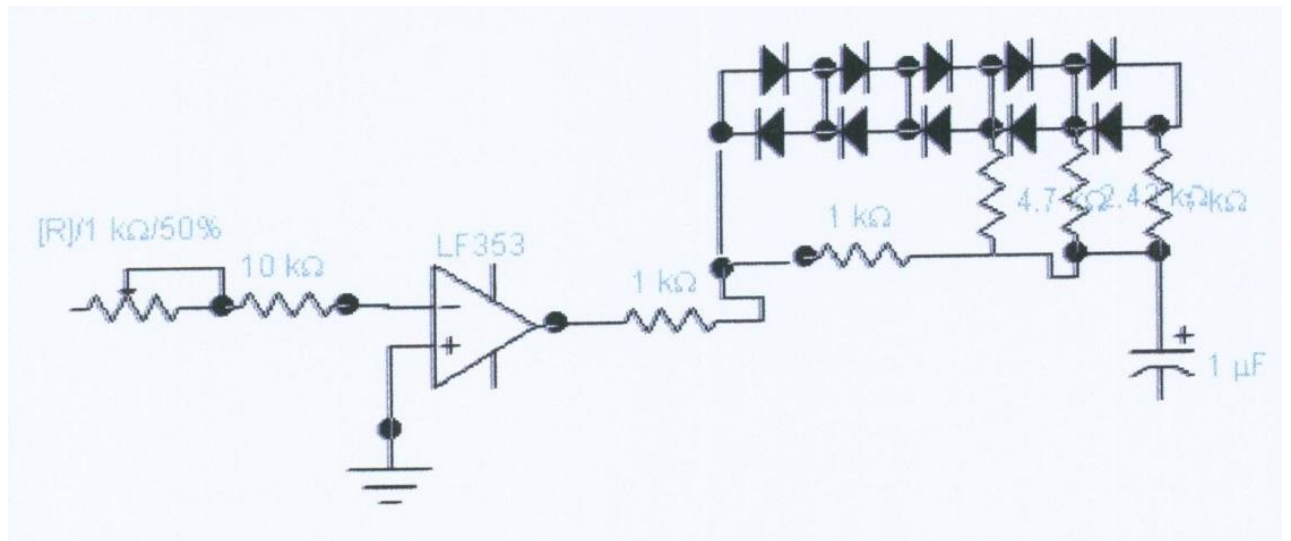
$$f = K * (R_2 / 4 * R_1 * C * R)$$

Πρακτικά όμως συνηθίζεται η μεταβολή της συχνότητας να γίνεται δια μεταβολής της σταθεράς χρόνου CR του ολοκληρωτή σε συνδιασμό με την ρύθμιση του ποτενσιομέτρου P.

## **ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΑΘΜΙΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΜΙΤΟΝΟΥ**

Η ημιτονική κυματομορφή είναι η τελευταία κυματομορφή που δημιουργούμε στην γεννήτριά . Την δημιουργήσαμε με κατάλληλη μορφοποίηση της τριγωνικής κυματομορφής η οποία επιτυγχάνεται με το ακόλουθο κύκλωμα του παρακάτω

σχήματος :



Στο παραπάνω κύκλωμα τα δικτυώματα διόδων - αντιστάσεων χρησιμοποιούνται για να «κυκλοποιήσουμε» τις κορυφές του τριγωνικού παλμού .

Το ημιτονικό κύμα προκύπτει από μια σειρά προσεγγίσεων από ευθείες γραμμές , όσο δε ο αριθμός των προσεγγίσεων είναι μεγαλύτερος , τόσο περισσότερο πλησιάζουμε στο πραγματικό ημιτονικό κύμα. Ένα τριγωνικό κύμα με περίοδο T και πλάτος A έχει κλίση  $4A/T$  .

Μια σχέση για ένα ημιτονικό κύμα με την ίδια περίοδο T είναι  $V=V_s \cdot \eta_m \cdot 2\pi t/T$  με μία μέγιστη κλίση  $2\pi V_s/T$  .

επιθυμητή κλίση προσέγγισης/κλίση τριγωνικού σήματος

$$1 = R // R_{a1} / R$$

επιθυμητή κλίση προσέγγισης/κλίση τριγωνικού σήματος

$$2 = R // R_{a1} // R_{a2} / R$$

#### ΒΑΘΜΙΔΑ ΕΝΙΣΧΥΤΗ ΕΞΟΔΟΥ

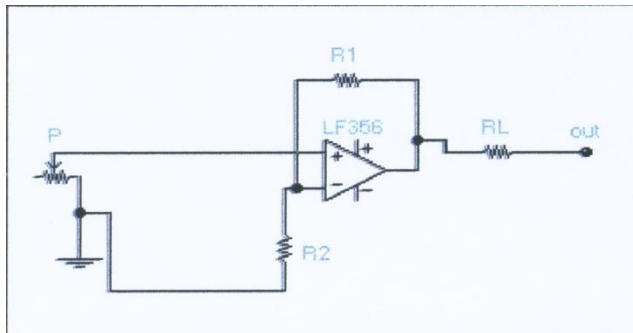
Τελειώνοντας πρέπει να αναφέρουμε και τον ενισχυτή εξόδου , για την ρύθμιση 2-18V , ο οποίος είναι ένας τελεστικός



ενισχυτής (LF356) σε διάταξη μη αναστρέφοντα ενισχυτή . Στον κλάδο εισόδου του , έχουμε προσθέσει ένα ποτενσιόμετρο για την ρύθμιση της τάσης του.

Το τελικό σήμα , βγαίνοντας ενισχυμένο από τον ενισχυτή αναπτύσσεται πάνω σε μια αντίσταση  $R_L=660\Omega$

Μετά μπορούμε το εξαγόμενο σήμα να το οδηγήσουμε , μέσω βύσματος B N C όπου εμείς θέλουμε . Ο ενισχυτής εξόδου (μη αναστρέφων ενισχυτής) φαίνεται στο παρακάτω σχήμα



## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΙΜΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ

Για τον ακριβή και Θεωρητικό υπολογισμό των τιμών των εξαρτημάτων , χρησιμοποιήθηκαν μαθηματικοί

τύποι. Επίσης ορισμένες τιμές υπολογίστηκαν εμπειρικά μέσω χρονοβόρων πειραματικών μετρήσεων και παρατηρήσεων του κυκλώματός μέσω πολυμέτρων και παλμογράφου. Για το θεωρητικό υπολογισμό χρησιμοποιήθηκαν και μαθηματικά πακέτα για διευκόλυνση των πράξεων .

## **ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΒΑΘΜΙΔΑΣ ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟΥ**

Η τροφοδοτική διάταξη του συστήματός μας δημιουργήθηκε με πιστότητα και προσοχή , λόγω της μεγάλης σημασίας που παίζει το τροφοδοτικό σε κάθε ηλεκτρονικό σύστημα . Ο μετασχηματιστής (2x18) , με μεσαία λήψη η οποία είναι γειωμένη . Η ανορθωτική γέφυρα , επίσης αγοράστηκε από το εμπόριο σαν ολοκληρωμένο chip με 4 ποδαράκια . Εδώ πρέπει να προσεχτεί η ισχύς της γέφυρας να είναι αρκετά μεγάλη για να αποφευχθεί η υπερθέρμανσή της. Οι δύο πυκνωτές εξομάλυνσης (ένας για τις θετικές εναλλαγές και ένας για τις αρνητικές ) που αποτελούν το φίλτρο πυκνωτή υπολογίζονται από τον τύπο.

$$C_f = V_{smax} / \Delta V_o * f * R_L \quad \{V_{smax} = 23,75 - \Delta V_o = 18,3 - f = 50 - R_L = 30\}$$

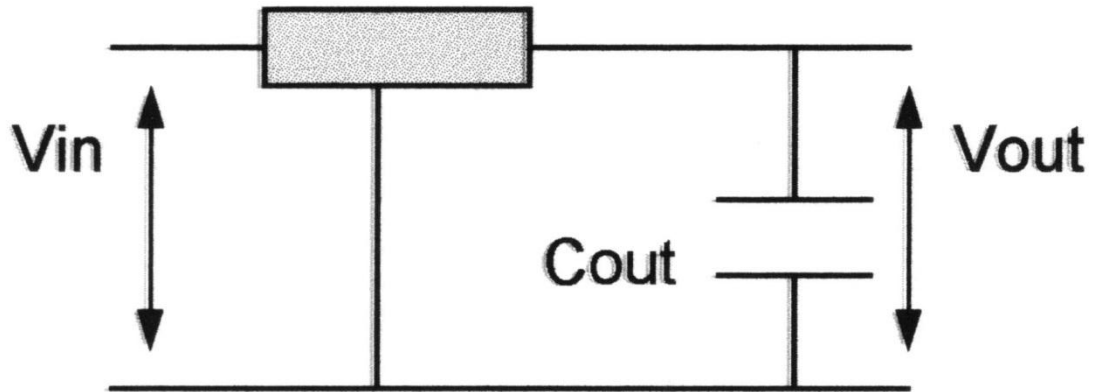
$$\text{Άρα : } C_f = 23,75 / 18,3 * 50 * 30 = 0,00095F \sim 1000\mu F$$

Έτσι οι πυκνωτές φίλτρου υπολογίστηκαν = Cf1 και Cf2 1000μF

Οι σταθεροποιητές (regulators) αγοράστηκαν από το εμπόριο ως ολοκληρωμένα 7815 (για σταθεροποίηση θετικής τάσης +15) και 7915. (για σταθεροποίηση αρνητικής τάσης -15) .

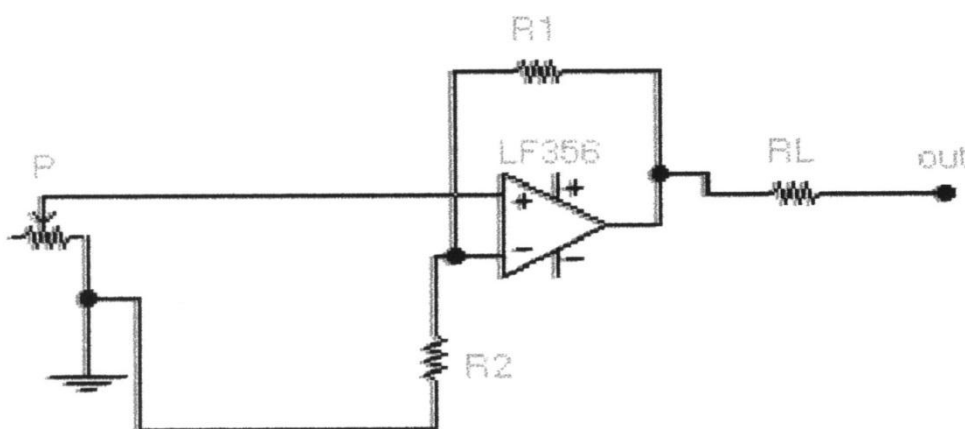
Συνδεσμολογήθηκαν όπως παρακάτω

78XX / 79XX



## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ, ΒΑΘΜΙΔΑ ΤΕΛΙΚΟΥ ΕΝΙΣΧΥΤΗ ΕΞΟΔΟΥ

Ο τελικός ενισχυτής , είναι ενισχυτής μη αναστρέφων , όπως και ο προηγούμενος που είχαμε αναλύσει παραπάνω .Έχει μεγάλη σημασία , διότι μέσω του τελικού ενισχυτή , μπορούμε και μεταβάλλουμε το πλάτος των σημάτων ( $V_{p-p}$ ) από 2V εως 20V. Η δυνατότητα ρύθμισης της εξωτερικής τάσης , δίνεται αν συνδέσουμε στην μη αναστρέφουσα είσοδο (+) ένα ποτενσιόμετρο  $P2 = 10k\Omega$ . Αυτό το ποτενσιόμετρο μεταβλητής αντίστασης , σε συνδυασμό με τις άλλες δύο αναδραστικές αντιστάσεις ( $r1$  ,  $r2$ ) μεταβάλλει το κέρδος (την ενίσχυση ) του ενισχυτή και έχουμε το μεταβλητό πλάτος . Ο τελεστικός ενισχυτής είναι LF356 , και είναι συνδεδεμένος σε διάταξη μη αναστρέφοντος ενισχυτή , όπως παρακάτω :



Ως γνωστό η συνάρτηση μεταφοράς του είναι :

$$V_o = (1 + R_1/R_2) * E(s)$$

Η τάση εισόδου του , που είναι η μη αναστρέφουσα δέχεται το σήμα της κυματομορφής που έχουμε επιλέξει . Αλλάζοντας εμείς το ποτενσιόμετρο  $P2$  , αλλάζουμε συγχρόνως και την πτώση τάσης πάνω στην μεταβλητή αντίσταση του

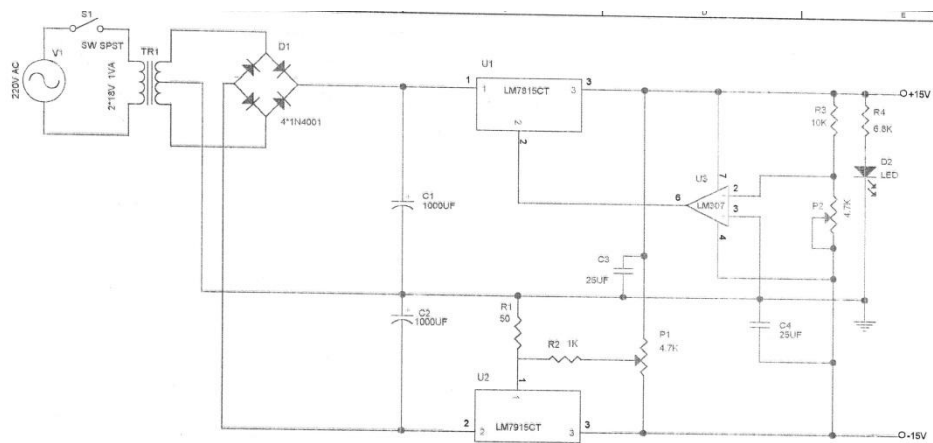
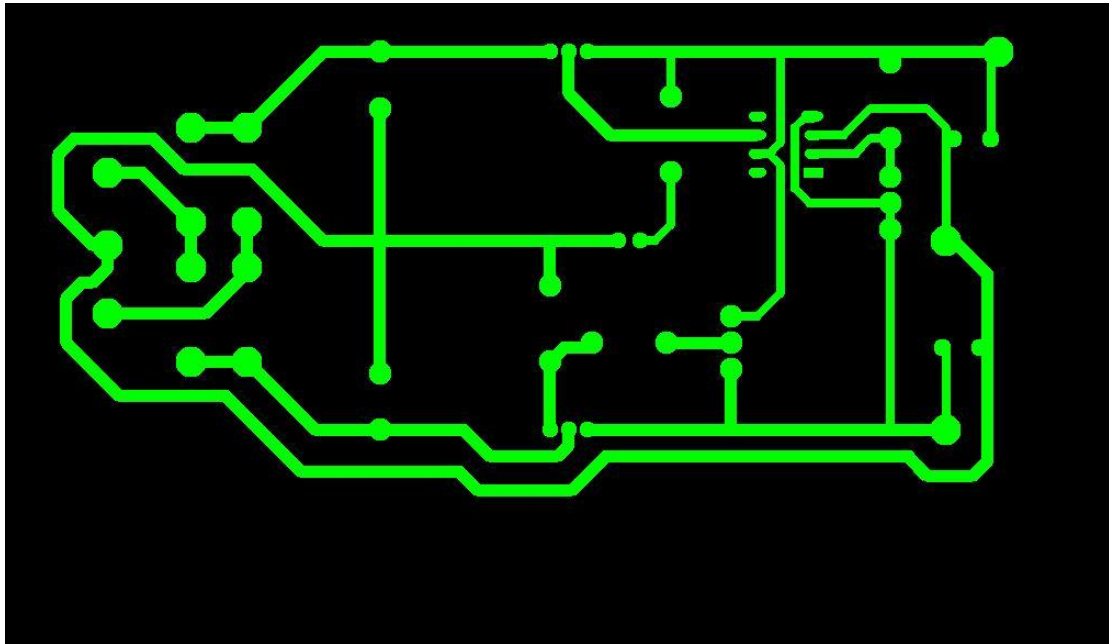
ποτενσιομέτρου (από τον τύπο  $V=I \cdot R$ ) . π.χ. αυξάνοντας την αντίσταση , αυξάνεται και η πτώση τάσης  $V$  , δηλαδή αυξάνεται η τάση  $E(s)$  του μη αναστρέφω ενισχυτή .

Τις αντιστάσεις  $r_1$  και  $r_2$  τις επιλέξαμε  $r_1 = 8,8\text{k}\Omega$  και  $r_2 = 2,7\text{k}\Omega$   
Έτσι μετά την ενίσχυση το πλάτος  $V_o$  της κυματομορφής θα είναι

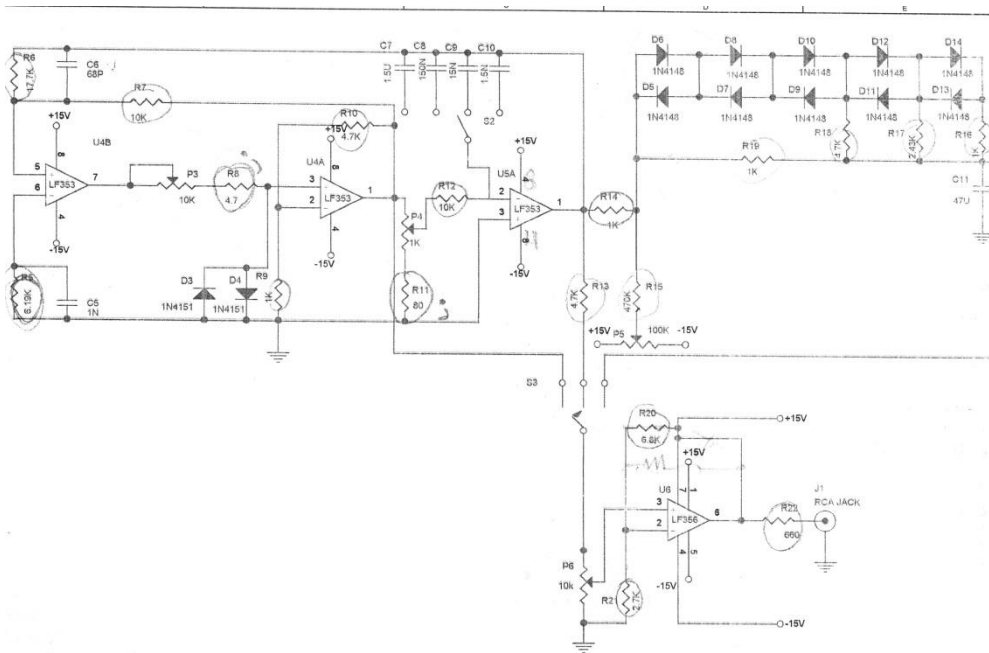
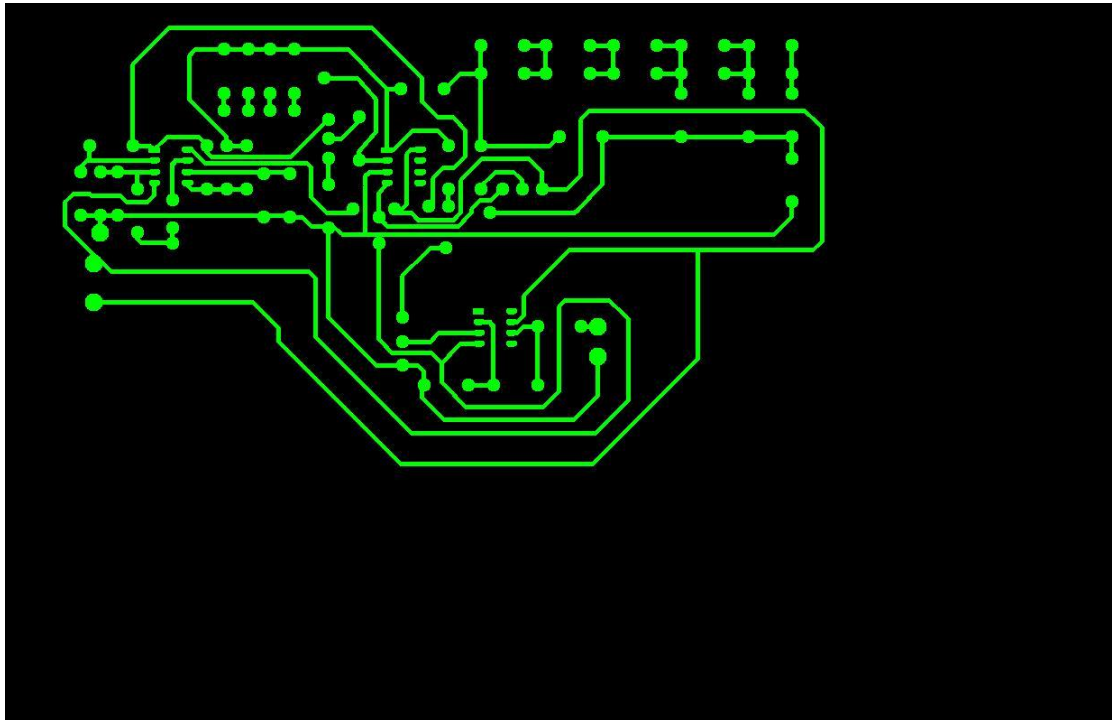
$$V_o = (1 + r_1/r_2) \cdot E(s) \Rightarrow (1 + 8,8/2,7) \cdot E(s) = 4,03 E(s)$$

Τέλος στην έξοδο του συστήματος, εισάγουμε αντίσταση φορτίου  $R_L = 600\Omega$ .

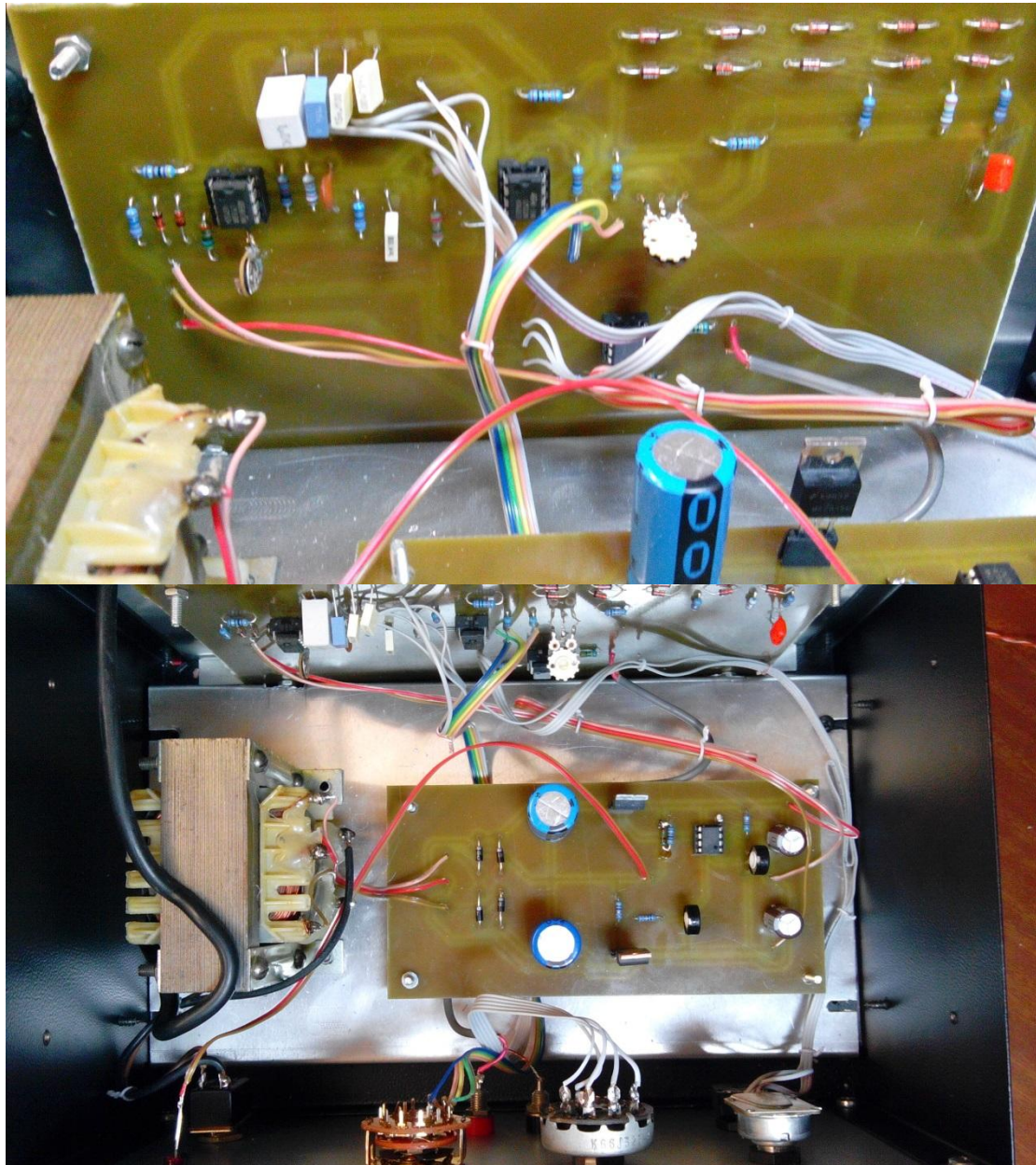
# ΤΕΛΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟΥ



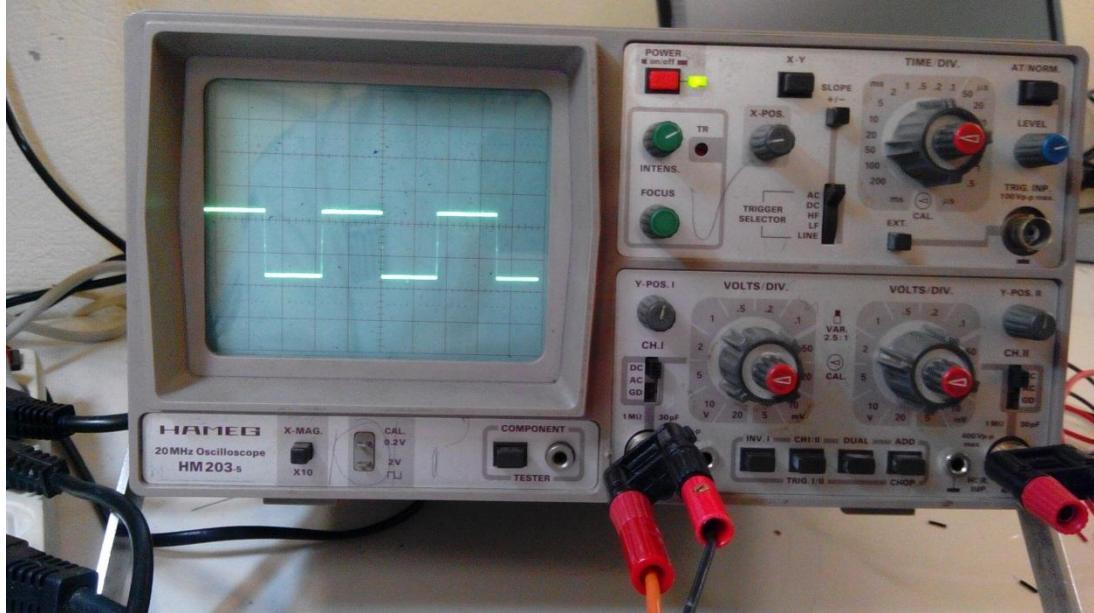
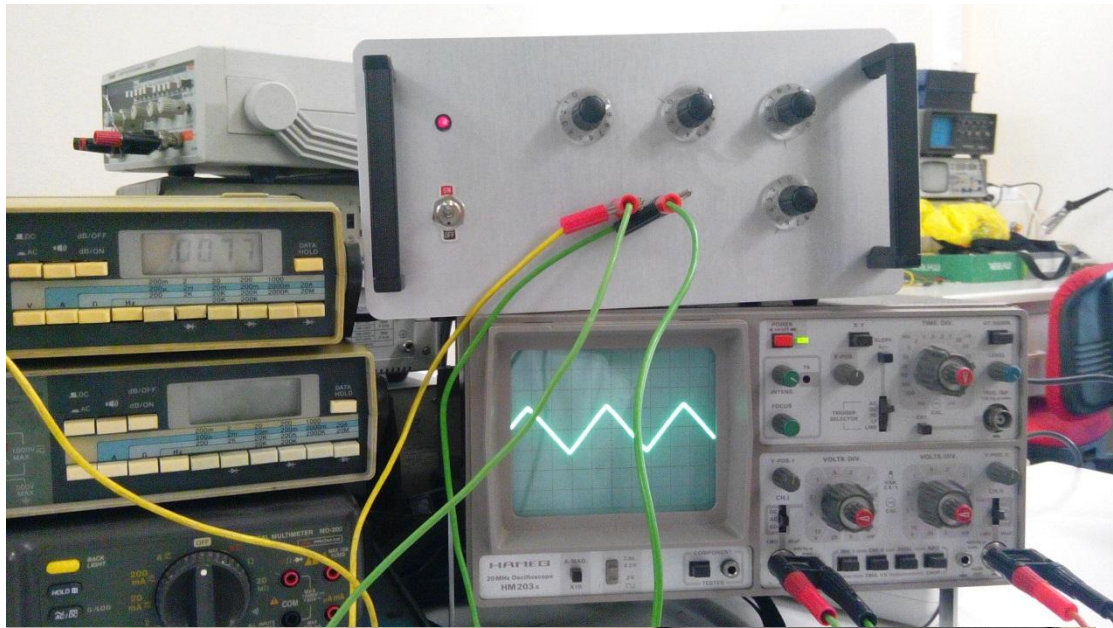
# ΤΕΛΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

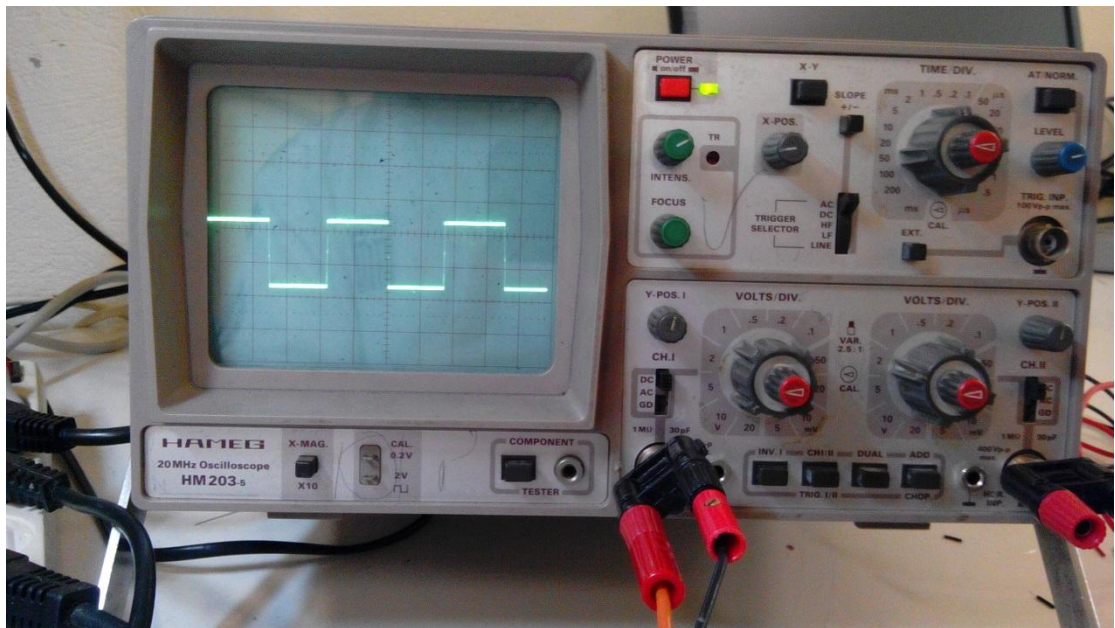
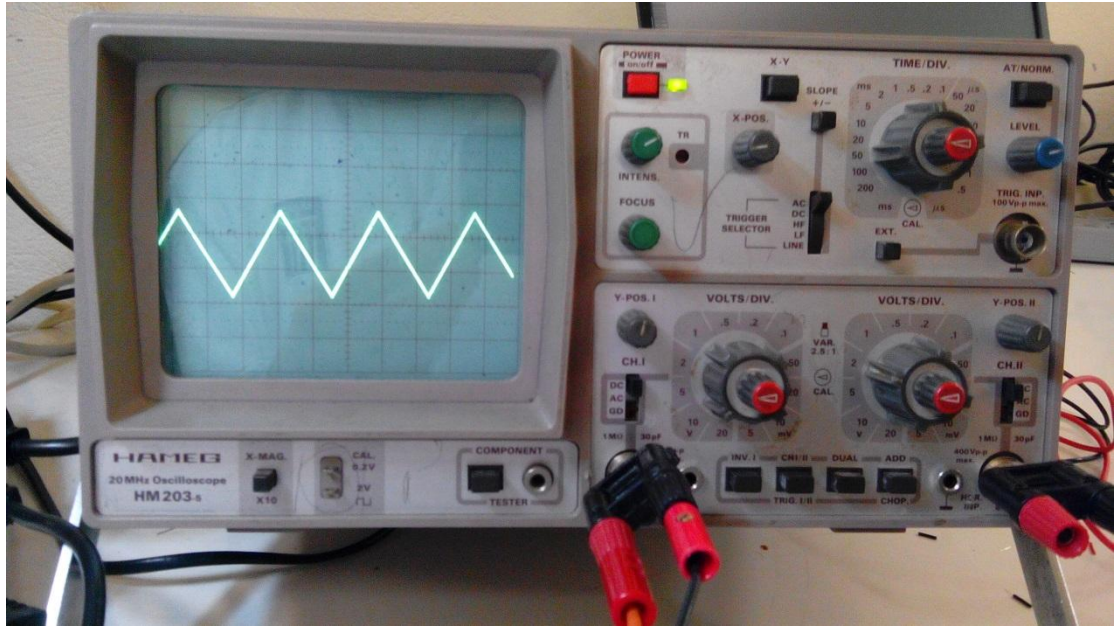


Ενδεικτικές φωτογραφίες από την κατασκευή









## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Έχοντας ολοκληρώσει πια τα Θεωρητικά και υπολογιστικά μέρη και την πρακτική κατασκευή της Γεννήτριας Συναρτήσεων μπορούμε , λοιπόν στο τέλος αυτής της εργασίας , να συνοψίσουμε την μέχρι στιγμής εμπειρία και να καταλήξουμε σε κάποια πολύτιμα συμπεράσματα . Η γεννήτρια κυματομορφών που κατασκευάσαμε , πληροί τις αρχικές προδιαγραφές δηλαδή να παράγει τις 3 ζητούμενες κυματομορφές (τετραγωνική - τριγωνική - ημιτονική) και παρέχει την δυνατότητα ρύθμισης του σήματος εξόδου κατά πλάτος (0 - 25V) , καθώς επίσης και κατά συχνότητα για τα 3 είδη κυματομορφών (από 10Hz έως 100KHz , σε τέσσερις περιοχές . Η τετραγωνική κυματομορφή πραγματοποιείται μέσω συγκριτή , η τριγωνική μέσω ολοκληρωτή και η ημιτονική μέσω ειδικής μορφοποίησης της τριγωνικής κυματομορφής . Οι διάφορες δυνατότητες ρύθμισης του πλάτους εξόδου και των συχνοτήτων , παρέχονται από διακόπτες και ποτενσιόμετρα ενσωματωμένα στο σύστημα.

Όσον αφορά τώρα το υπολογιστικό μέρος , πρέπει να αναφερθεί ότι οι θεωρητικές τιμές είχαν κάποιες διαφορές με τις πρακτικές γιατί τα εξαρτήματα είχαν κάποιες ανοχές ή επειδή οι εξαγόμενες θεωρητικές τιμές δεν υπήρχαν στο εμπόριο , γι'αυτό και κατά τη διάρκεια της μελέτης στηριχτήκαμε πολλές φορές στους πείραματισμούς, όπου με την βοήθεια των εξαρτημάτων του εργαστηρίου εξακριβώναμε και παρατηρούσαμε κάποιες συγκεκριμένες λειτουργίες του κυκλώματος οι οποίες δεν μπορούσαν να υπολογιστούν θεωρητικά .

Όσον αφορά το υλικοτεχνικό μέρος πρέπει να πούμε ότι η αγορά των εξαρτημάτων προσέχτηκε ιδιαίτερα , , πρώτον σε ότι αφορά το οικονομικό μέρος (Το κόστος του κάθε εξαρτήματος και ο τύπος του υπολογιζόταν ανάλογα με τις απαιτούμενες επιδόσεις του) , και δεύτερον σε ότι αφορά την ποιότητά τους και επιλεγόντουσαν για να έχουν όσο το δυνατόν μικρότερες ανοχές .Όσον αφορά το κατασκευαστικό μέρος , την μεγαλύτερη βαρύτητα είχε η κατασκευή της πλακέτας και η κόλληση των εξαρτημάτων . Εγινε με μεγάλη προσοχή και υπομονή και προσέχτηκαν όλα τα πιθανά σημεία βλάβης.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Κουριδάκη για την βοήθεια και την υπομονή που υπέδειξε καθ' όλο αυτό το διάστημα που χρειάστηκε τόσο για την κατασκευή της γεννήτριας όσο και την διόρθωση και βελτίωση του γραπτού.

Κωνσταντίνος Δουζένης 2015