ΤΟΜΕΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ - ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΙΚΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

Τ.Ε.Ι ΚΡΗΤΗΣ – ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ

ΧΑΝΙΑ
2007

ΔΕΚΤΗΣ ΑΕΡΟΠΟΡΙΑΣ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟΥ ΔΕΚΤΗ ΑΜ

υπό

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ Λ. ΜΠΟΛΟΒΙΝΗ &

Ιωάννου Γ. Πιτσικάκη

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΓΕΩΡΓΙΟΣ Α. ΑΔΑΜΙΔΗΣ, ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ

Πτυχιακή Εργασία

για το τμήμα Ηλεκτρονικής, Παραρτήματος Χανίων

του Τ.Ε.Ι Κρήτης

Τομέας Τηλεπικοινωνιών

Χανιά, Οκτώβρης 2007

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη…….....σελ 2

Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή
1.1 Υπερετερόδυνος δέκτης ΑΜ και ποιοτικά χαρακτηριστικά του….....σελ 3
1.2 Επιλογή ενδιάμεσης συχνότητας και είδωλα…….....σελ 4
1.3 Θόρυβος……..σελ 5
1.4 Κεραίες…….....σελ 7

Κεφαλαίο 2 - Σχεδιασμός υπερετερόδυνου δέκτη ΑΜ
2.1 Ανάλυση βαθμίδων υπερετερόδυνου δέκτη ΑΜ..……..….....σελ 10
2.2 Αναλυτική παρουσίαση υπερετερόδυνου δέκτη ΑΜ……...σελ 11
2.3 Προσαρμογή ολοκληρωμένων κυκλωμάτων…….....σελ 14
2.4 Λίστα εξαρτημάτων……...σελ 19

Κεφάλαιο 3 - Υλοποίηση κατασκευής δέκτη
3.1 Διαδικασία υλοποίησης…….....σελ 20
3.2 Σχεδίαση φίλτρου…….....σελ 20
3.3 Εργαστηριακές μετρήσεις φίλτρου……..…..σελ 25
3.4 Σχεδίαση τυπωμένου κυκλώματος……σελ 27

Κεφάλαιο 4 – Μετρήσεις επιδόσεων και βελτιώσεις
4.1 Διαδικασία λήψης μετρήσεων……...σελ 29
4.2 Παρουσίαση μετρήσεων και ανάλυση τους……..σελ 30
4.3 Βελτιώσεις……σελ 33

Κεφάλαιο 5 – Κατασκευή τροφοδοτικού
5.1 Παρουσίαση κυκλωματικής διάταξης τροφοδοτικού…….....σελ 35
5.2 Λίστα εξαρτημάτων……...σελ 36

Παράρτημα Α - Διαφάνειες τυπωμένων…….σελ37

Παράρτημα Β – Φυλλάδια πληροφοριών ολοκληρωμένων κυκλωμάτων…...σελ42

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πτυχιακή μας αναφέρεται στην μελέτη και κατασκευή ενός αναλογικού AM δέκτη αεροπορίας, ο οποίος συντονίζεται στις VHF συχνότητες 118-135Mhz.

Ο δέκτης λαμβάνει συνομιλίες μεταξύ αεροπλάνου και πύργου ελέγχου ή κάποια σήματα που εκπέμπουν τα αεροσκάφη. Οπουδήποτε, τοποθετηθεί ο δέκτης μπορεί να λαμβάνει τα σήματα και τις συνομιλίες μέχρι 100 μίλια. Ένα σήμα στα 35.000 πόδια, είναι ακόμα δυνατόν να ληφθεί από τον δέκτη. Επίσης είναι δυνατόν, να ακούσουμε κάποιους επίγειους σταθμούς που εκπέμπουν ή παρεμβάλλονται στις ίδιες συχνότητες.

Στα παρακάτω 5 κεφάλαια, γίνετε αναλυτική περιγραφή για την μελέτη και κατασκευή του δέκτη και παρέχονται όλες οι χρήσιμες πληροφορίες που χρειάζεται κάποιος για να κατασκευάσει τον δέκτη.

Στο 1^{ο} κεφάλαιο γίνεται εισαγωγή για τους υπερετερόδυνους δέκτες και αναφέρονται κάποια χαρακτηριστικά που τους διακρίνουν.

Στο 2^{ο} κεφάλαιο περιγράφεται ο σχεδιασμός του δέκτη που κατασκευάσαμε, γίνεται αναλυτική παρουσίαση των βαθμίδων του και ο τρόπος προσαρμογής των ολοκληρωμένων εξαρτημάτων που χρησιμοποιήθηκαν.

Στο 3^{ο} κεφάλαιο αναφέρουμε την διαδικασία υλοποίησης του δέκτη καθώς και την μελέτη για τον σχεδιασμό του φίλτρου.

Στο 4^{ο} κεφάλαιο περιγράφεται η διαδικασία λήψης μετρήσεων του δέκτη, παρουσίαση και ανάλυση αυτών, και αναφέρονται βελτιώσεις που έγιναν και που μπορούν να γίνουν για καλυτέρευση του δέκτη.

Τέλος στο 5^{ο} κεφάλαιο παρουσιάζεται η κατασκευή ενός τροφοδοτικού για τον δέκτη μας.

Στο παράρτημα Α περιέχονται όλες οι διαφάνειες τυπωμένων κυκλωμάτων και στο παράρτημα Β όλα τα φυλλάδια πληροφοριών των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων που χρησιμοποιήθηκαν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1$^{\underline{ο}}$

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στα συστήματα ραδιοεπικοινωνιών, το εκπεμπόμενο σήμα είναι πολύ ασθενές όταν φθάνει στο δέκτη, ειδικά όταν έχει διανύσει αρκετή απόσταση. Επιπλέον, το σήμα κατά την διαδρομή του μοιράζεται το μέσο μετάδοσης (κενό) με χιλιάδες άλλα ραδιοσήματα. Επίσης, διάφορα είδη θορύβου έχουν προστεθεί στο σήμα. Η αποστολή του δέκτη επομένως είναι να έχει την ευαισθησία και την επιλεκτικότητα για πλήρη αναπαραγωγή του διαμορφώνοντος σήματος στην έξοδό του. Το είδος του ραδιοδέκτη του πλέον κατάλληλου για αυτή την υπόθεση είναι ο υπερετερόδυνος δέκτης. Ο υπερετερόδυνος δέκτης επινοήθηκε στις αρχές του 1900, και σήμερα ουσιαστικά κάθε επικοινωνιακός δέκτης είναι σχεδιασμένος όμοια με αυτόν.

1.1 Υπερετερόδυνος δέκτης ΑΜ και ποιοτικά χαρακτηριστικά του

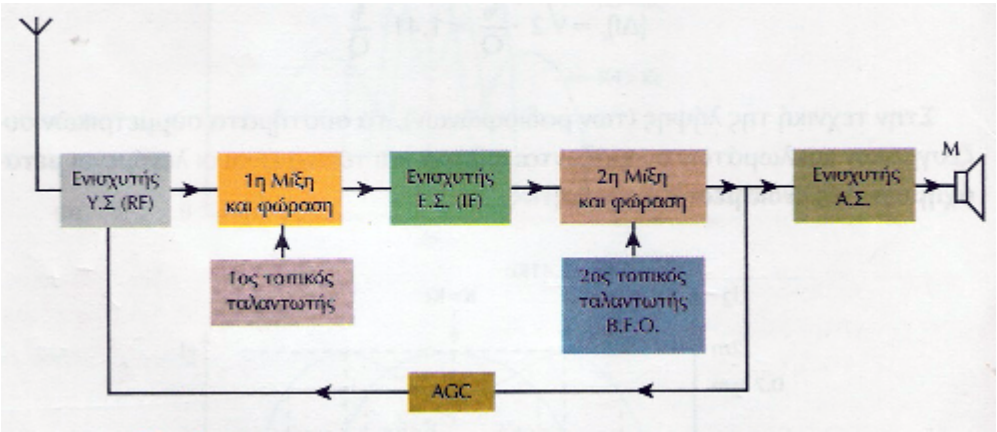
Στο σχήμα 1.1 φαίνεται ένας υπερετερόδυνος δέκτης για την λήψη αδιαμόρφωτων και διαμορφωμένων κατά πλάτος σημάτων.

Τα σήματα που φτάνουν στην κεραία είναι διάφορα, και διαμορφωμένα και αδιαμόρφωτα. Μετά την επιλογή του κατάλληλου σήματος, το σήμα ενισχύεται και με το παραγόμενο σήμα του τοπικού ταλαντωτή οδηγούνται τα δυο σήματα στην βαθμίδα μίξης. Στην έξοδο του μίκτη το σήμα είναι σε ενδιάμεση συχνότητα. Το σήμα αυτό ενισχύεται από μια ή δυο ενισχυτικές διατάξεις και στη συνέχεια εφαρμόζεται στην βαθμίδα της φώρασης, για αποδιαμόρφωση. Αν το σήμα είναι αδιαμόρφωτο, ο φωρατής δέχεται και το σήμα του δεύτερου τοπικού ταλαντωτή για να δώσει μετά από την δεύτερη μίξη το σήμα ακουστικής συχνότητας.

Αν το σήμα είναι διαμορφωμένο, η δεύτερη μίξη δεν χρειάζεται και ο φωρατής αναδεικνύει το σήμα ακουστικής συχνότητας.

Ο δεύτερος τοπικός ταλαντωτής δεν χρησιμοποιείται στα ραδιόφωνα του εμπορίου που λαμβάνουν μόνο μουσική ή ομιλία.

Το ακουστικής συχνότητας σήμα ενισχύεται από τον αντίστοιχο ενισχυτή ακουστικών συχνοτήτων κατά τάση και ισχύ και διεγείρει τελικά το μεγάφωνο του δέκτη.



Σχήμα 1.1) Υπερετερόδυνος δέκτης για σήματα ΑΜ.

Έναν επικοινωνιακό δέκτη πρέπει να τον διακρίνουν κάποια ποιοτικά χαρακτηριστικά όπως η επιλεκτικότητα, η ευαισθησία και η πιστότητα.

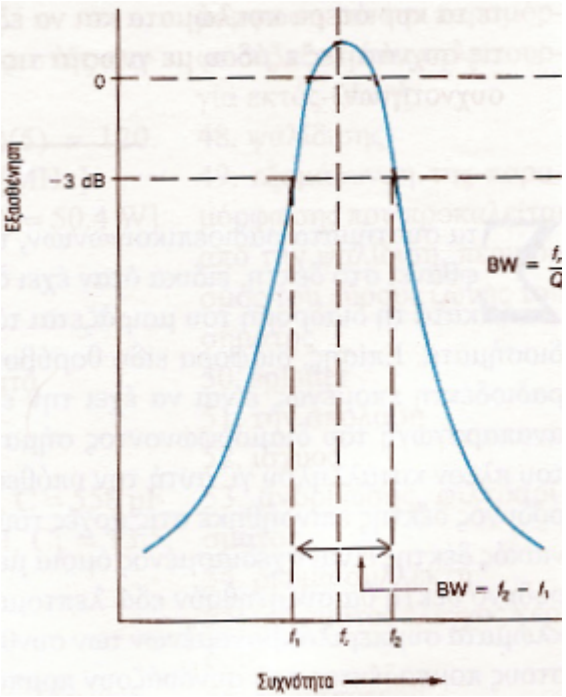
Η **επιλεκτικότητα** αναφέρεται στην ικανότητα ενός δέκτη να επιλέγει ένα σήμα μιας επιθυμητής συχνότητας ενώ απορρίπτει εκείνα που βρίσκονται σε πολύ γειτονικές συχνότητες. Ένας δέκτης με καλή επιλεκτικότητα θα απομονώνει το επιθυμητό σήμα στο RF φάσμα και θα εξαλείφει τα άλλα σήματα.

Η **ευαισθησία** ενός δέκτη αναφέρεται στην ικανότητα του να «πιάνει» ασθενή σήματα. Η ευαισθησία είναι κυρίως μια συνάρτηση του συνολικού κέρδους του δέκτη. Κέρδος (απολαβή), φυσικά, είναι ο παράγοντας με τον οποίον πολλαπλασιάζετε ένα σήμα εισόδου για παραγωγή του σήματος εξόδου. Γενικά, όσο πιο υψηλό είναι το κέρδος ενός δέκτη, τόσο μικρότερο είναι το απαραίτητο σήμα εισόδου για παραγωγή μιας επιθυμητής στάθμης στην έξοδο. Υψηλά κέρδη λαμβάνονται χρησιμοποιώντας πολλαπλές βαθμίδες ενίσχυσης.

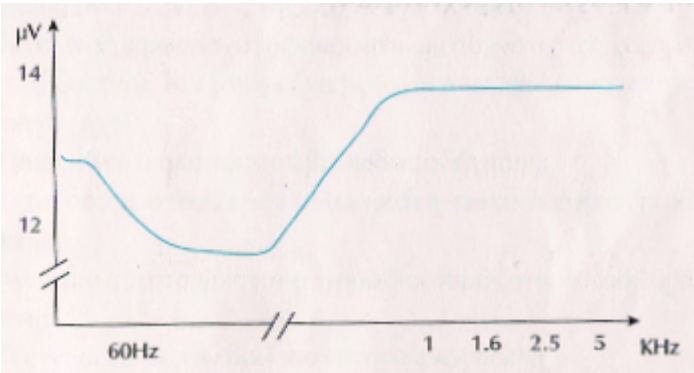
Η ευαισθησία ενός δέκτη εκφράζεται συνήθως σαν το ελάχιστο ποσό τάσης του σήματος εισόδου που θα δώσει ένα σήμα εξόδου 10db υψηλότερο από το θόρυβο που ενυπάρχει στο δέκτη. Μερικές προδιαγραφές δίνουν ένα λόγο σήμα προς θόρυβο 20db. Ένα τυπικό χαρακτηριστικό ευαισθησίας θα μπορούσε να είναι 1μV στην είσοδο. Όσο πιο χαμηλό είναι αυτό το χαρακτηριστικό, τόσο καλύτερη είναι η ευαισθησία. Οι καλοί δέκτες έχουν τυπικά μια ευαισθησία 0.2-1μV.

Η **πιστότητα** είναι η ικανότητα του δέκτη να αποδίδει στην έξοδο του την μορφή του διαμορφωμένου σήματος χωρίς παραμορφώσεις.

Στα σχήματα 1.2 και 1.3 διακρίνονται οι χαρακτηριστικές καμπύλες επιλεκτικότητας και ευαισθησίας αντίστοιχα.



Σχήμα 1.2) Χαρακτηριστική καμπύλη επιλεκτικότητας.



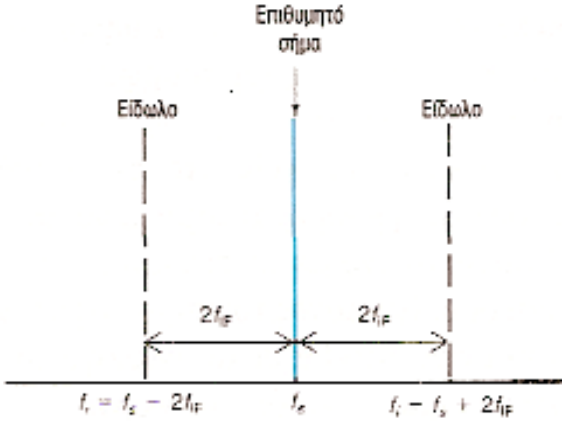
Σχήμα 1.3) Χαρακτηριστική καμπύλη ευαισθησίας.

1.2 Επιλογή ενδιάμεσης συχνότητας και είδωλα

Η εκλογή της IF ενδιάμεσης συχνότητας είναι συνήθως ένα σχεδιαστικός συμβιβασμός. Ο κύριος σκοπός είναι η λήψη καλής επιλεκτικότητας. Η IF γίνεται όσο το πιο δυνατό πιο μεγάλη για ουσιαστική εξάλειψη του προβλήματος του ειδώλου, ενώ συγχρόνως όσο το δυνατό πιο μικρή για απλοποίηση της σχεδίασης. Η IF στους περισσότερους δέκτες γενικά διαφέρει ανάλογα με τις συχνότητες που πρέπει να καλυφθούν. Στις χαμηλές συχνότητες, χρησιμοποιούνται χαμηλές τιμές IF. Μια τιμή 455 KHz είναι συνήθης για AM δέκτες και για άλλους που καλύπτουν αυτή την γενική περιοχή συχνοτήτων AM εκπομπών. Σε υψηλότερες

συχνότητες, μέχρι περίπου τα 30 MHz, συνήθης IF συχνότητες είναι 3385 KHz και 9 MHz. Στις FM ραδιοφωνικές λήψεις που δέχονται συχνότητες στην περιοχή των 88-108 MHz, μια τυπική IF είναι 10.7 MHz. Στους δέκτες τηλεόρασης μια IF στην περιοχή των 40-50 MHz είναι συνηθισμένη. Οι δέκτες ραντάρ τυπικά χρησιμοποιούν μια IF στην περιοχή των 60 MHz, και στις δορυφορικές επικοινωνίες οι συχνότητες 70 MHz και 140MHz είναι συνήθης IFs.

Όταν επιλέγονται χαμηλές IF παρουσιάζεται ένα άλλο πρόβλημα ειδικά αν το σήμα που πρόκειται να ληφθεί είναι πολύ υψηλό σε συχνότητα. Αυτό είναι το πρόβλημα των ειδώλων. **Είδωλο** είναι ένα RF που απέχει από το επιθυμητό εισερχόμενο σήμα κατά μια συχνότητα διπλάσια της IF πάνω ή κάτω της εισερχόμενης συχνότητας. Δηλαδή, $F_1=F_s\pm 2F_{if}$ όπου F_1=συχνότητα ειδώλου, F_s=επιθυμητή συχνότητα σήματος, F_{if}=ενδιάμεση συχνότητα. Αυτό απεικονίζεται στο σχήμα 1.4. Μόνο ένα από αυτά τα είδωλα θα εμφανισθεί, ανάλογα με το αν η συχνότητα του τοπικού ταλαντωτή είναι πάνω ή κάτω της συχνότητας του σήματος.



Σχήμα 1.4) Σχέση των συχνοτήτων σήματος και ειδώλων.

1.3 Θόρυβος

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα σε οποιοδήποτε επικοινωνιακό σύστημα είναι ο θόρυβος. Ο θόρυβος είναι τυχαία ενέργεια που παρεμβάλλεται στο σήμα πληροφορίας. Μπορούμε να ακούσουμε θόρυβο θέτοντας σε λειτουργία οποιονδήποτε AM ή FM δέκτη και συντονίζοντας τον σε κάποια θέση μεταξύ σταθμών. Το σφύριγμα ή τα παράσιτα που ακούτε είναι θόρυβος. Ο θόρυβος εμφανίζεται σε μια τηλεοπτική εικόνα επίσης σαν χιόνι ή έγχρωμο χιόνι γνωστό σαν "κονφετί". Αν η στάθμη θορύβου είναι πολύ υψηλή ή το σήμα πολύ ασθενές, ο θόρυβος μπορεί να υπερισχύσει και να καταστήσει τη λήψη αναξιόπιστη. Ο θόρυβος μπορεί να είναι τόσο υψηλός ώστε να καλύπτει εντελώς το σήμα.

Ο θόρυβος είναι ένα πρόβλημα στα συστήματα επικοινωνίας απλώς επειδή τα λαμβανόμενα σήματα είναι πολύ χαμηλά σε πλάτος. Όταν η εκπομπή γίνεται σε μικρές αποστάσεις ή όταν χρησιμοποιούνται πομποί πολύ υψηλής ισχύος, το σήμα είναι αρκετά ισχυρό και ο θόρυβος δεν αποτελεί πρόβλημα. Αλλά στα περισσότερα συστήματα επικοινωνίας, με ασθενή σήματα ο θόρυβος καθίσταται ένας σημαντικός παράγοντας στη σχεδίαση του επικοινωνιακού εξοπλισμού. Ο θόρυβος είναι περισσότερο προβληματικός στο δέκτη επειδή ο δέκτης έχει την ευθύνη της ενίσχυσης του ασθενούς σήματος και της ανάκτησης της πληροφορίας αξιόπιστα.

Σε οποιαδήποτε συζήτηση συστημάτων επικοινωνίας και απόδοσης δεκτών, χρησιμοποιείται ο όρος λόγος σήμα-προς-θόρυβο. Ο λόγος *σήμα-προς-θόρυβο (S/N)* είναι απλώς ένας αριθμός που δείχνει τις σχετικές ισχείς σήματος και θορύβου. Όσο ισχυρότερο είναι το σήμα και ασθενέστερος ο θόρυβος, τόσο πιο μεγάλος είναι ο λόγος (S/N). Αν το σήμα είναι ασθενές και ο θόρυβος ισχυρός, ο λόγος (S/N) θα είναι

μικρός και η λήψη θα είναι λιγότερο αξιόπιστη. Η σχεδίαση επικοινωνιακών εξοπλισμών έχουν σαν στόχο την παραγωγή του μεγαλύτερου δυνατού (S/N) λόγου.

Ο θόρυβος προέρχεται από δυο βασικές πηγές. Πρώτον, υπάρχει θόρυβος που γεννάται εξωτερικά του δέκτη. Επίσης υπάρχει εσωτερικός θόρυβος που παράγεται μέσα στον ίδιο τον δέκτη. Και οι δυο τύποι επηρεάζουν τον λόγο σήμα προς θόρυβο (S/N).

Ο εξωτερικός θόρυβος προέρχεται συνήθως από βιομηχανικές, ατμοσφαιρικές ή εξωγήινες ή διαστημικές πηγές. Ο βιομηχανικός θόρυβος παράγεται από μηχανήματα και εξαρτήματα, όπως τα συστήματα ανάφλεξης των αυτοκινήτων, οι ηλεκτρικοί κινητήρες και οι γεννήτριες. Οποιοσδήποτε ηλεκτρικός εξοπλισμός που προκαλεί απότομες μεταγωγές υψηλών τάσεων ή ρευμάτων παράγει θόρυβο.

Άσχετα από την πηγή του, ο θόρυβος έχει τη μορφή τυχαίας ac τάσης. Αυτό μπορούμε πραγματικά να το δούμε σε ένα παλμογράφο. Το πλάτος μεταβάλλεται μέσα σε μια ευρεία περιοχή όπως μεταβάλλεται η συχνότητα. Μπορούμε να πούμε ότι ο θόρυβος γενικά περιέχει όλες τις συχνότητες, που μεταβάλλονται με τυχαίο τρόπο.

Εκτός από τον εξωτερικό θόρυβο, οι σχεδιαστές επικοινωνιακών συστημάτων έχουν να αντιμετωπίσουν και τον εσωτερικό θόρυβο, τον θόρυβο εκείνο που παράγεται εντός των επικοινωνιακών δεκτών. Τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα όπως οι αντιστάτες, οι δίοδοι και τα τρανζίστορς είναι οι κύριες πηγές θορύβου. Αν και αυτός ο θόρυβος είναι χαμηλής στάθμης, είναι συχνά αρκετός για παρεμβολή με τα ασθενή σήματα. Ωστόσο, εφόσον οι πηγές εσωτερικού θορύβου είναι γνωστές, ο σχεδιαστής μπορεί να τις ελέγχει κάπως.

Ο περισσότερος εσωτερικός θόρυβος προκαλείται από ένα φαινόμενο γνωστό σαν θερμική διέγερση. Η θερμική διέγερση αναφέρεται στην τυχαία κίνηση των ατόμων και ηλεκτρονίων σε ένα ηλεκτρονικό εξάρτημα που προκαλείται από την θερμότητα. Αυξάνοντας την θερμοκρασία προκαλείται αύξηση αυτής της κίνησης. Εφόσον τα εξαρτήματα είναι αγωγοί, η κίνηση των ηλεκτρονίων αποτελεί μια ροή ρεύματος που προκαλεί μια μικρή τάση στα άκρα αυτού του εξαρτήματος.

Μπορούμε πραγματικά να διαπιστώσουμε αυτό το θόρυβο συνδέοντας απλώς ένα αντιστάτη σε ένα παλμογράφο πολύ υψηλού κέρδους. Η κίνηση των ηλεκτρονίων στον αντιστάτη θα έχει σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση μιας τάσης στα άκρα του. Η διακύμανση της τάσης είναι τελείως τυχαία και σε μια πολύ χαμηλή στάθμη. Η θερμική διέγερση συχνά αναφέρεται σαν λευκός θόρυβος.

Η ισχύς θορύβου που αναπτύσσεται στα άκρα ενός αντιστάτη είναι ευθέως ανάλογη της θερμοκρασίας. Σε ένα σχετικά μεγάλο αντιστάτη σε θερμοκρασία δωματίου η μεγαλύτερη τάση θορύβου στα άκρα της μπορεί να είναι μέχρι μερικά μV. Αυτή είναι η ίδια τάξη μεγέθους πολλών ασθενών RF σημάτων. Κάποια σήματα θα έχουν ακόμα μικρότερο πλάτος και επομένως θα καλύπτονται τελείως από τον θόρυβο.

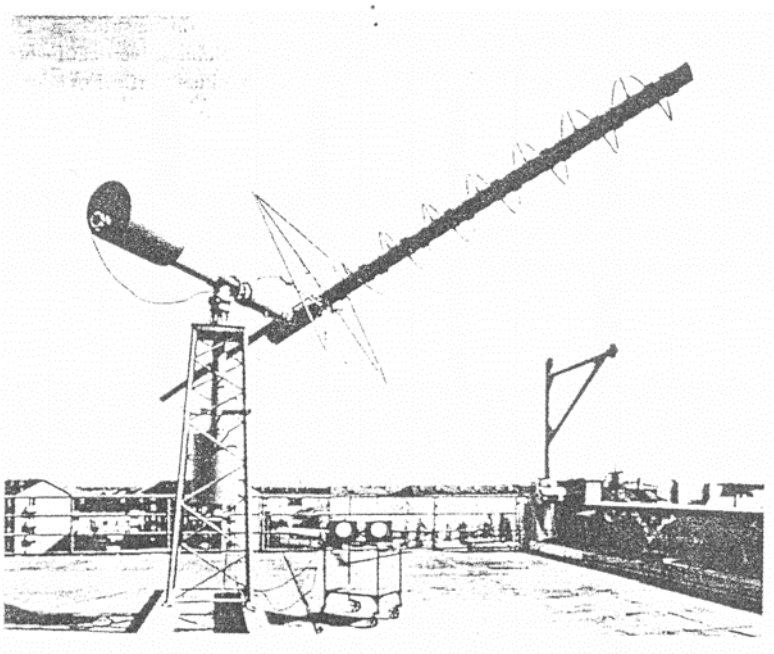
Εφόσον ο θόρυβος είναι ένα σήμα πολύ ευρείας ζώνης που περιέχει ένα τεράστιο ποσό συχνοτήτων, η στάθμη του μπορεί να μειωθεί περιορίζοντας το εύρος ζώνης. Οδηγώντας ένα σήμα θορύβου σε ένα επιλεκτικό συντονισμένο κύκλωμα, πολλές από τις συχνότητες θορύβου θα απορριφθούν και η συνολική στάθμη θορύβου θα ελαττωθεί. Η στάθμη θορύβου είναι ευθέως ανάλογη προς το εύρος ζώνης οποιουδήποτε κυκλώματος στο οποίο εφαρμόζεται. Αν και το φιλτράρισμα ελαττώνει τη στάθμη θορύβου, δεν την εξαλείφει τελείως.

1.4 Κεραίες

Η VHF ζώνη συχνοτήτων, η οποία περιλαμβάνει και την περιοχή συχνοτήτων από 30 έως 300MHz, παρουσιάζει επικαλύψεις με άλλες περιοχές. Ορισμένες UHF και μικροκυματικές κεραίες μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν στην ζώνη αυτή. Παρακάτω αναφέρονται αναλυτικά κάποιες κεραίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα δέκτη αεροπορίας.

Ελικοειδής Κεραία

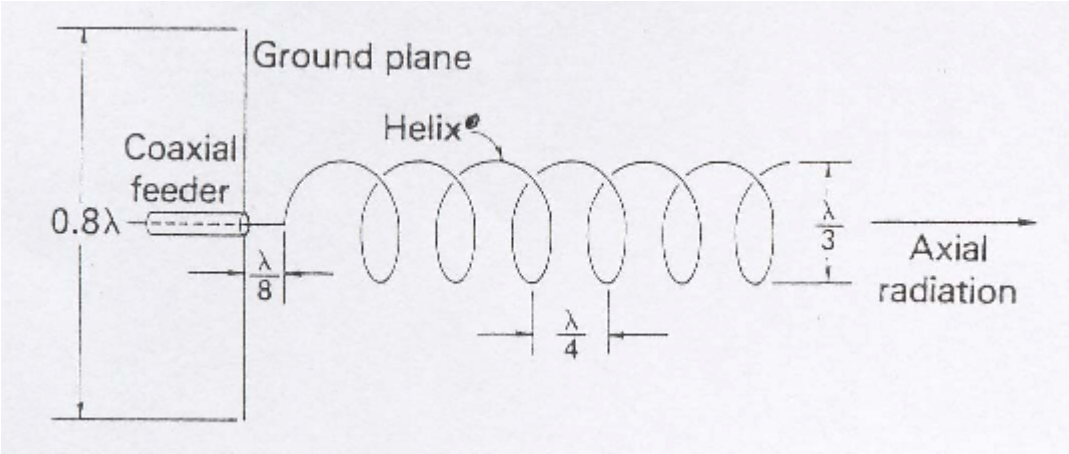
Η ελικοειδής κεραία, που απεικονίζεται στο σχήμα 1.5, είναι μία ευρείας ζώνης VHF και UHF κεραία η οποία χρησιμοποιείται όταν είναι επιθυμητό να εξασφαλιστούν χαρακτηριστικά κυκλικής πόλωσης.



Σχήμα 1.5) Ελικοειδής κεραία (Courtesy of Rhode and Schwartz, Munich.)

Η κεραία αποτελείται από έναν χαλαρό έλικα που συγκρατείται από ένα ground plane, το οποίο είναι απλά μία οθόνη (screen) κατασκευασμένη από σύρμα περίφραξης. Υπάρχουν δύο ρυθμοί ακτινοβολίας, ο κανονικός (δηλαδή ο κάθετος) και ο αξονικός. Στον πρώτο, η κατεύθυνση της ακτινοβολίας είναι σε ορθή γωνία με τον άξονα του έλικα. Ο δεύτερος ρυθμός παράγει μια ευρείας ζώνης, αρκετά κατευθυντική ακτινοβολία κατά την διεύθυνση του άξονα. Αν η περιφέρεια του έλικα προσεγγίζει το μήκος κύματος, μπορεί να δειχτεί ότι το κύμα ταξιδεύει κατά μήκος των στροφών του έλικα, και η δέσμη της ακτινοβολίας σε αυτήν την ακροπυροδοτική ενέργεια είναι κυκλικά πολωμένη. Τυπικές διαστάσεις της κεραίας δίνονται στο σχήμα 1.6.

Όταν η ελικοειδής κεραία έχει τις αναλογίες που φαίνονται στο σχήμα 1.6, έχει τυπικές τιμές κατευθυντικότητας κοντά στο 25, εύρος δέσμης ακτινοβολίας μεταξύ μηδενικών 90° και ζώνη συχνοτήτων περίπου 20% πάνω και κάτω από την κεντρική συχνότητα. Η ενέργεια του κυκλικά πολωμένου κύματος διαιρείται ισόποσα ανάμεσα στην οριζόντια και την κατακόρυφη συνιστώσα: οι δύο συνιστώσες βρίσκονται σε διαφορά φάσης 90°, με μία από τις δύο να ηγείται, ανάλογα με την κατασκευή. Η εκπομπή από μια κυκλικά πολωμένη κεραία θα ληφθεί από κατακόρυφες ή οριζόντιες κεραίες, και παρόμοια μια ελικοειδής κεραία θα λάβει είτε κατακόρυφη είτε οριζόντια πόλωση.

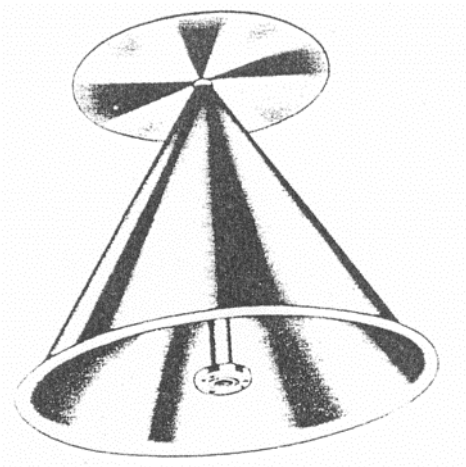


Σχήμα 1.6) Διαστάσεις ελικοειδούς κεραίας.

Η ελικοειδής κεραία χρησιμοποιείται είτε μόνη της είτε σε διάταξη. Χρησιμοποιείται λοιπόν συχνά για δορυφορικές ή probe επικοινωνίες, κυρίως για την ραδιοτηλεομετρία. Όταν η περιφέρεια του έλικα είναι πολύ μικρή συγκρινόμενη με το μήκος κύματος, η συνολική ακτινοβολία είναι ο συνδυασμός της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από ένα μικρό δίπολο τοποθετημένο κατά μήκος του άξονα του έλικα, και εκείνης από έναν μικρό βρόχο τοποθετημένου στις στροφές του έλικα (σε αυτήν την περίπτωση το ground plane δεν χρησιμοποιείται). Και οι δύο αυτές κεραίες έχουν πανομοιότυπα διαγράμματα ακτινοβολίας, και είναι τοποθετημένες σε ορθές γωνίες, έτσι ώστε η ακτινοβολία να είναι κυκλικά πολωμένη αν οι δύο συνιστώσες είναι ίσες ή ελλειπτικά πολωμένη αν η μία από τις δύο κυριαρχεί.

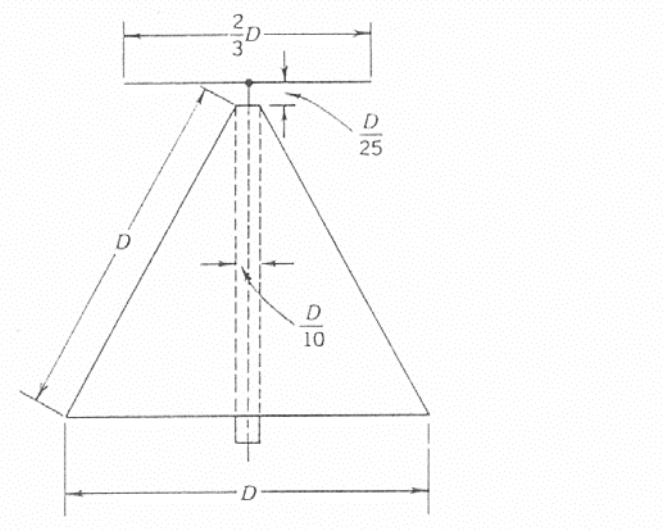
Δισκωνική Κεραία

Απεικονισμένη στο σχήμα 1.7, η δισκωνική κεραία είναι, όπως ορθώς υποδηλώνει και το όνομά της, ένας συνδυασμός δίσκου και κώνου σε στενή εγγύτητα. Είναι μια ground plane κεραία προερχόμενη από το κατακόρυφο δίπολο και έχει ένα παρόμοιο διάγραμμα ακτινοβολίας. Τυπικές διαστάσεις δίνονται στο σχήμα 1.8, όπου D = λ/4 στην χαμηλότερη συχνότητα λειτουργίας. Η δισκωνική κεραία χαρακτηρίζεται από το εξαιρετικά μεγάλο εύρος ζώνης, τοσο της σύνθετης αντίστασης εισόδου όσο και του διαγράμματος ακτινοβολίας. Συμπεριφέρεται σαν ο δίσκος να ήταν ανακλαστήρας. Όπως φαίνεται στο σχήμα 1.9, υπάρχει ένα ανεστραμμένο είδωλο του κώνου επάνω από τον δίσκο, που ανακλάται από τον δίσκο.



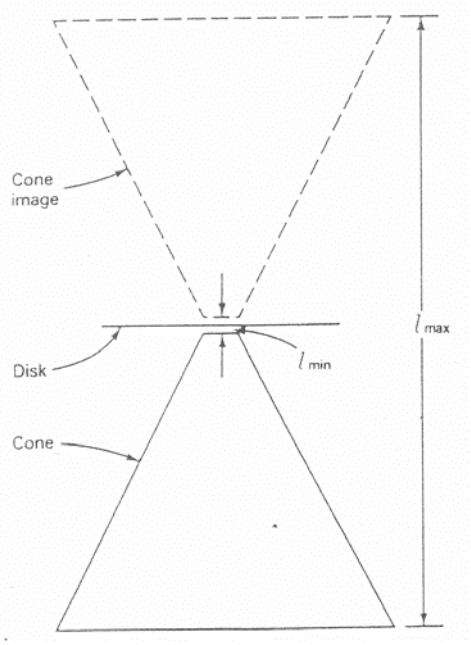
Σχήμα 1.7) Δισκωνική κεραία (Courtesy of Andrew Antennas of Australia.)

Ας θεωρήσουμε τώρα μια γραμμή κάθετη στον δίσκο, που ξεκινάει από τον κάτω κώνο και φτάνει ως το πάνω είδωλο του κώνου. Αν αυτή η γραμμή μετακινηθεί σε κάποια από τις άκρες του κέντρου του δίσκου, το μήκος της θα μεταβάλλεται από μια ελάχιστη τιμή (lmin) στο κέντρο, μέχρι μια μέγιστη (lmax) στην άκρη του κώνου. Η συχνότητα λειτουργίας αντιστοιχεί στη ζώνη συχνοτήτων στο οποίο αυτή η φανταστική γραμμή είναι το μισό μήκος κύματος, και μπορεί να αποδειχτεί ότι ο λόγος του lmax προς το lmin είναι πολύ μεγάλος. Η δισκωνική κεραία είναι λοιπόν μια ευρείας ζώνης κεραία επειδή είναι μια κεραία σταθερής γωνίας. Για τις αναλογίες που φαίνονται στο σχήμα1.8, το SWR στο ομοαξονικό καλώδιο που συνδέεται με την δισκωνική κεραία μπορεί να παραμείνει κάτω του 1.5 για 7:1 ζώνη συχνοτήτων. Η συνολική λειτουργία πάντως είναι ακόμα ικανοποιητική για 9:1 ζώνη συχνοτήτων.



Σχήμα 1.8) Διαστάσεις δισκωνικής κεραίας.

Η δισκωνική κεραία είναι μια χαμηλού-κέρδους μη κατευθυντική κεραία. Χρησιμοποιείται συχνά ως VHF και UHF κεραία εκπομπής και λήψης, ιδιαίτερα σε αεροδρόμια όπου οι επικοινωνίες πρέπει να διατηρηθούν από όποια κατεύθυνση και αν έρχονται τα αεροσκάφη.



Σχήμα 1.9) Συμπεριφορά δισκωνικής κεραίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2$^{\underline{\underline{ο}}}$

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΠΕΡΕΤΕΡΟΔΥΝΟΥ ΔΕΚΤΗ

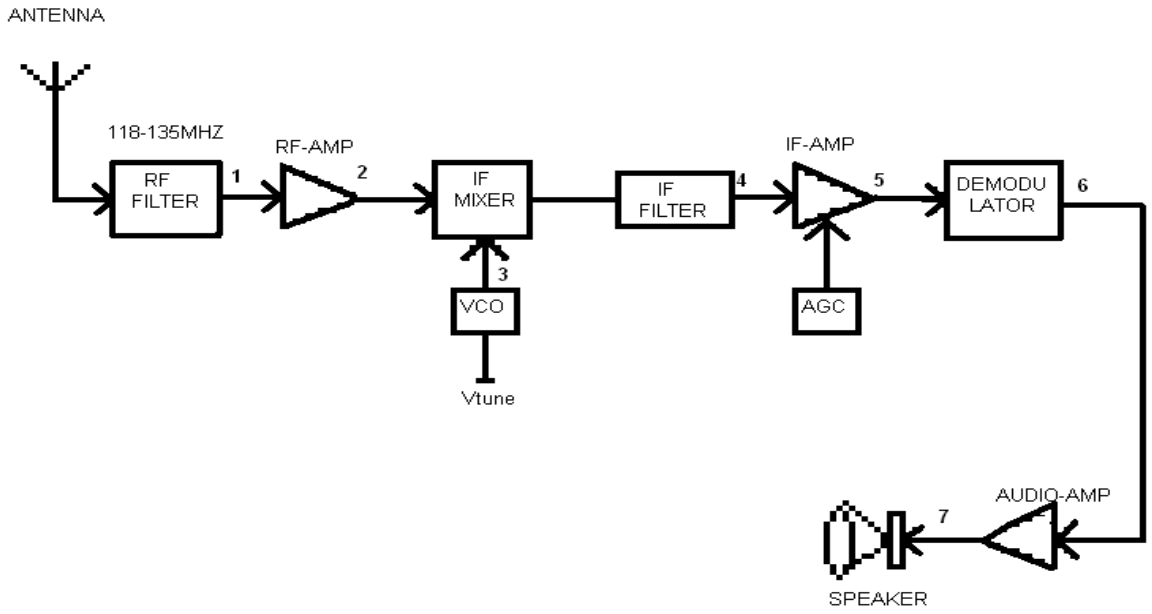
Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αναλυτική περιγραφή του μπλοκ διαγράμματος του υπερετερόδυνου δέκτη καθώς και η αναλυτική παρουσίαση της κυκλωματικής διάταξης αυτού.

2.1 Ανάλυση βαθμίδων υπερετερόδυνου δέκτη

Ένας υπερετερόδυνος δέκτης AM του οποίου το μπλοκ διάγραμμα φαίνεται στο σχήμα 2.1 αποτελείται από τις παρακάτω βαθμίδες :

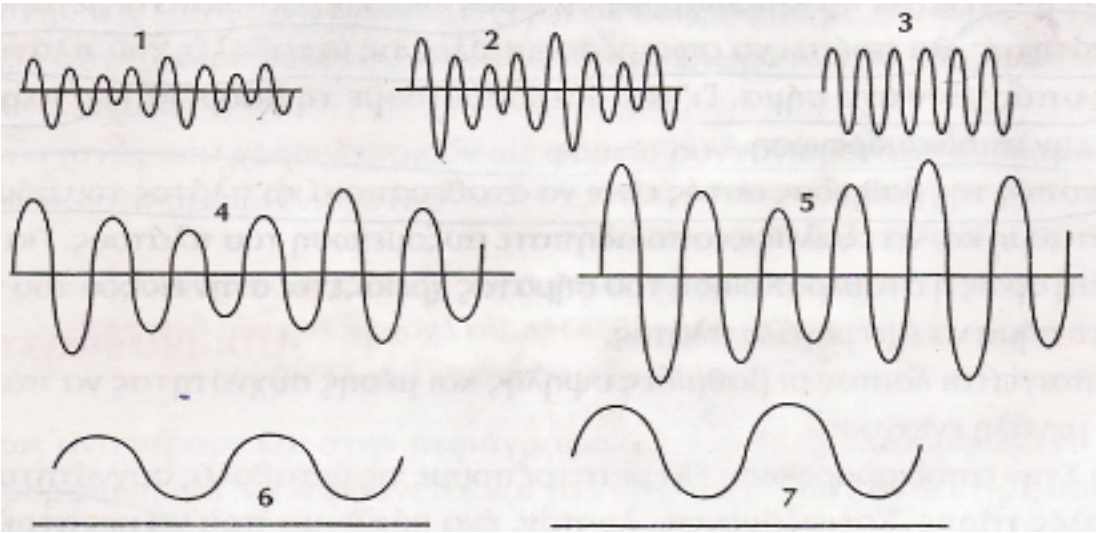
1) Κεραία
2) RF-φίλτρο
3) RF-ενισχυτής
4) IF-μίκτης
5) Τοπικός Ταλαντωτής
6) IF-φίλτρο(10,7MHz)
7) IF-ενισχυτής
8) AGC(auto gain control)
9) Φωρατής
10) Ακουστικός ενισχυτής

Το σήμα που λαμβάνεται από την κεραία οδηγείται στην βαθμίδα RF-φίλτρου εύρους 118-135MHz. Έπειτα το φιλτραρισμένο σήμα εισέρχεται σε μια βαθμίδα ενίσχυσης. Μετά στην είσοδο του μίκτη εισέρχεται το ενισχυμένο RF σήμα καθώς και το σήμα που παράγεται από τον τοπικό ταλαντωτή το οποίο μεταβάλλεται από 128.7 έως 145.7MHz. Η έξοδος του μίκτη, που είναι η διαφορά μεταξύ των συχνοτήτων του εισερχόμενου σήματος και του τοπικού ταλαντωτή, εισέρχεται σε ένα IF-φίλτρο. Στην συνέχεια η έξοδος του IF-φίλτρου οδηγείται σε έναν IF-ενισχυτή, το ενισχυμένο IF σήμα διέρχεται από έναν φωρατή όπου στην έξοδο του έχουμε το ακουστικό σήμα το οποίο μεταβαίνει σε ένα ακουστικό ενισχυτή.



Σχήμα 2.1) Μπλοκ διάγραμμα υπερετερόδυνου δέκτη.

Στο σχήμα 2.2 διακρίνουμε τις κυματομορφές εισόδου και εξόδου κάθε βαθμίδας του υπερετερόδυνου δέκτη ΑΜ.



Σχήμα 2.2) Κυματομορφές σε διάφορα σημεία του δέκτη ΑΜ.

2.2 Αναλυτική παρουσίαση υπερετερόδυνου δέκτη

Στο σχήμα 2.3 βλέπουμε την κυκλωματική διάταξη του υπερετερόδυνου δέκτη. Όπως οι περισσότεροι σύγχρονοι δέκτες , το κύκλωμα είναι ένας συνδυασμός διακριτών στοιχείων και ολοκληρωμένων κυκλωμάτων.

Το σήμα λαμβάνεται από την κεραία και οδηγείται μέσω μιας γραμμής μεταφοράς στο βύσμα εισόδου J1. Η σύζευξη του σήματος γίνεται μέσω του πυκνωτή C1 σε ένα φίλτρο συντονισμού που αποτελείται από τα κυκλώματα συντονισμού σε σειρά και παράλληλα από τα L1, L2, L3, L4, L5, L6 και C2, C3, C4, C5, C6. Αυτό το εκτεταμένο ζωνοπερατό φίλτρο τύπου butterworth, επιτρέπει την διέλευση όλης της περιοχής από 118 έως 135 MHz.

Η έξοδος του φίλτρου οδηγείται σε έναν RF ενισχυτή μέσω του πυκνωτή C7. Ο RF ενισχυτής αποτελείται από τον ενισχυτή MAX 2650 που έχει αντίσταση εισόδου 50 Ω. Το σήμα κατόπιν εφαρμόζεται στο U1(SA602AN),μέσω του C8. Ως γνωστό, το SA602AN, περιέχει έναν ισοσταθμισμένο μίκτη και έναν τοπικό ταλαντωτή. Η συχνότητα του τοπικού ταλαντωτή καθορίζεται από το κύκλωμα που αποτελείται από το πηνίο L6 και τα σχετικά στοιχειά. Ο πυκνωτής C14 και η δίοδος D1 σε σειρά σχηματίζουν τον πυκνωτή που συντονίζει με το L6 και δίνουν τη συχνότητα του τοπικού ταλαντωτή. Ο συντονισμός του τοπικού ταλαντωτή πετυχαίνεται μεταβάλλοντας την dc πόλωση της varactor D1. Η αντίσταση R1 καθορίζει την ανάστροφη πόλωση, η οποία στην συνέχεια μεταβάλει τη χωρητικότητα για συντονισμό του ταλαντωτή.

Υπενθυμίζεται, ότι για συντονισμό του υπερετερόδυνου δέκτη, πρέπει να μεταβληθεί η συχνότητα τοπικού ταλαντωτή η οποία τίθεται σε μια συχνότητα ίση με την συχνότητα του εισερχόμενου σήματος συν την ενδιάμεση συχνότητα (IF). Στο συγκεκριμένο δέκτη, η IF είναι 10,7 MHz , μια τυπική τιμή για πολλούς VHF δέκτες. Αυτό σημαίνει ότι για συντονισμό του δέκτη στην περιοχή 118 – 135 MHz, ο τοπικός ταλαντωτής πρέπει να μεταβάλλεται από 128,7 – 145,7MHz.

Στον ακροδέκτη 8 του ολοκληρωμένου U1(SA602AN) συνδέεται η τροφοδοσία, μέσω της αντίστασης προστασίας R7 και του πυκνωτή απόζευξης C10.

Η έξοδος του μίκτη, που είναι η διαφορά μεταξύ των συχνοτήτων του εισερχόμενου σήματος και του τοπικού ταλαντωτή, εμφανίζεται στον ακροδέκτη 4 του SA602AN και οδηγείται σε ένα κεραμικό

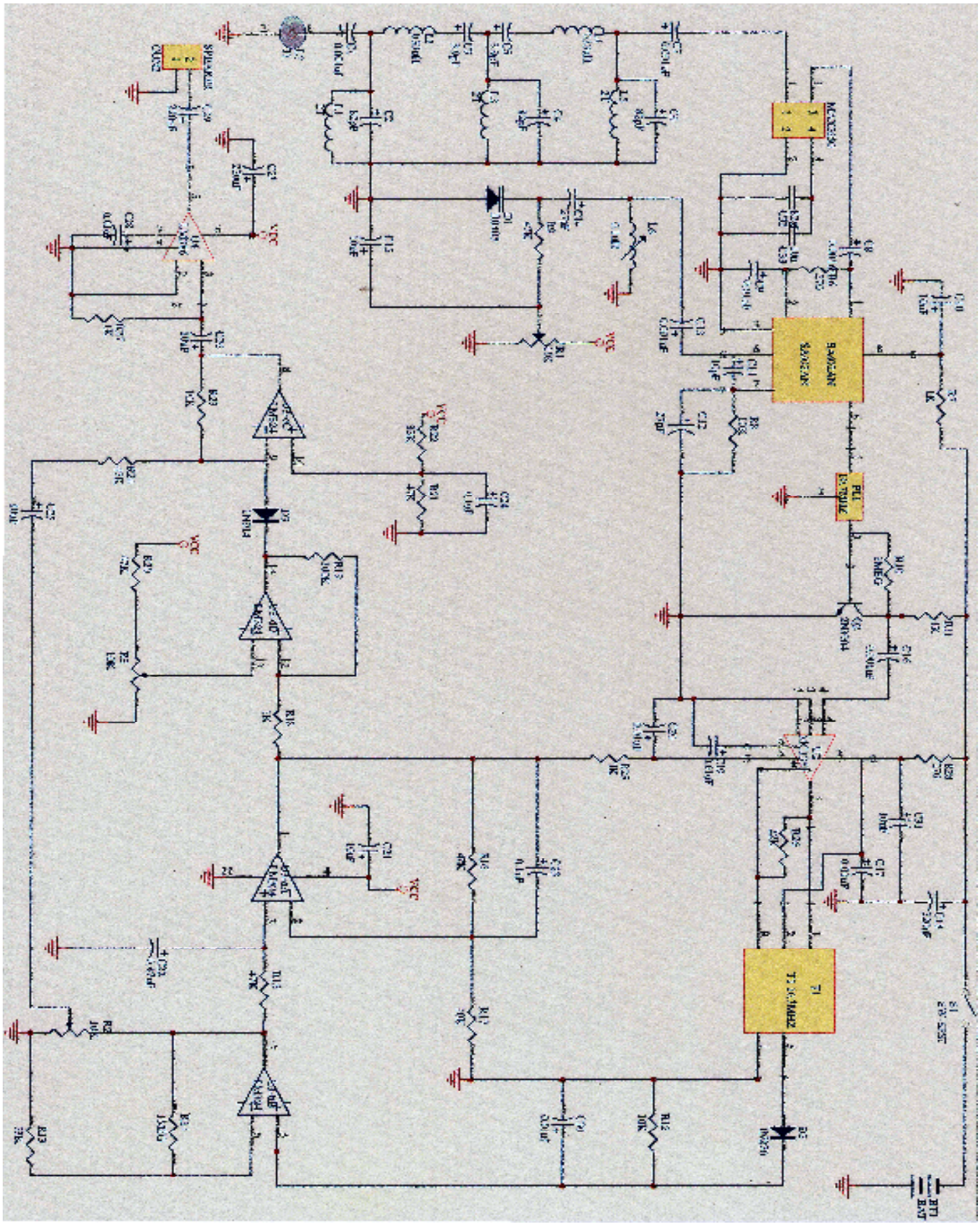
ζωνοπερατό φίλτρο συντονισμένο στην συχνότητα IF των 10,7MHz. Το φίλτρο αυτό παρέχει την περισσότερη επιλεκτικότητα στο δέκτη. Η εισαγόμενη απώλεια του φίλτρου αντισταθμίζεται από έναν ενισχυτή αποτελούμενο από το τρανζίστορ Q2, τον αντιστάτη πόλωσης του R10 και το φορτίο συλλέκτη R11. Η έξοδος του ενισχυτή αυτού οδηγεί το MC1350 IC μέσω του C16. Ο MC1350 IC είναι ένας ολοκληρωμένος ενισχυτής IF που παρέχει επιπλέον κέρδος και επιλεκτικότητα. Η επιλεκτικότητα προέρχεται από τον συντονισμένο κύκλωμα που αποτελείται από τον IF μετασχηματιστή T1. Το MC1350 IC παρέχει επίσης όλα τα κυκλώματα του AGC.

Το σήμα στο δευτερεύον του T1 οδηγείται κατόπιν σε μια απλή AM δίοδο –ανιχνευτή που αποτελείται από την δίοδο D2, την αντίσταση R12 και τον πυκνωτή C30. Το αποδιαμορφομένο ακουστικό σήμα εμφανίζεται στα άκρα της αντίστασης R12 και κατόπιν οδηγείται σε ένα τελεστικό ενισχυτή U3-b (ο τελεστικός ενισχυτής U3-b περιέχεται μέσα στο ολοκληρωμένο LM324 καθώς και οι τελεστικοί ενισχυτές U3-a,U3-c.U3-d). Ο ενισχυτής U3-b είναι ένα μη αναστρέφον κύκλωμα πολωμένο από τις αντιστάσεις R13 και R14. Παρέχει επιπλέον ενίσχυση για το αποδιαμορφομένο ακουστικό σήμα και το συνεχές ρεύμα στην έξοδο της διόδου-ανιχνευτή. Ο ενισχυτής αυτός τροφοδοτεί την ένταση ήχου, που είναι ο αντιστάτης R2. Το ακουστικό σήμα από το σημείο εκείνο πηγαίνει μέσω του πυκνωτή C25 και της αντίστασης R24 , σε ένα άλλο τελεστικό ενισχυτή U3-c. Το σήμα εδώ ενισχύεται περαιτέρω και κατόπιν οδηγείται στο LM386 ενισχυτή ισχύος U4. Το κύκλωμα αυτό οδηγεί το μεγάφωνο που συνδέεται μέσω του βύσματος J2.

Το ακουστικό σήμα από τη δίοδο –ανιχνευτή περιέχει την dc στάθμη σαν αποτέλεσμα της ανίχνευσης (ανόρθωσης). Το ακουστικό σήμα και το συνεχές ρεύμα ενισχύονται από το U3-b και περαιτέρω φιλτράρονται προς σε ένα σχεδόν καθαρό συνεχές ρεύμα από το χαμηλοπερατό φίλτρο που σχηματίζουν η αντίσταση R15 και ο πυκνωτής C12. Αυτό το dc σήμα εφαρμόζεται στον τελεστικό ενισχυτή U3-a, όπου ενισχύεται σε μια dc τάση έλεγχου. Το συνεχές ρεύμα στον ακροδέκτη εξόδου 1 του U3-a ανατροφοδοτεί τον ακροδέκτη 5 του MC1350 IC μέσω ενός φίλτρου RC (R25,C20) για την παροχή AGC έλεγχου . Αυτό εξασφαλίζει μια σταθερή ευχάριστη ακουστική στάθμη που δεν επηρεάζεται από μεγάλες μεταβολές της ισχύος του σήματος.

Η AGC τάση από τον τελεστικό ενισχυτή U3-a επίσης οδηγείται σε ένα κύκλωμα τελεστικού ενισχυτή συγκριτή αποτελούμενο από τον ενισχυτή U3-d. Η άλλη είσοδος σε αυτόν τον συγκριτή είναι μια dc τάση από την αντίσταση R3 η οποία χρησιμοποιείται σαν έλεγχος της φίμωσης. Εφόσον η AGC τάση από τον τελεστικό ενισχυτή U3-a είναι απευθείας ανάλογη της ισχύος του σήματος, χρησιμοποιείτε σαν η βάση για τοποθέτηση της φίμωσης σε μια στάθμη που θα διατηρεί τον δέκτη «σιωπηλό» έως ότου φτάσει κάποιο σήμα προκαθορισμένης ισχύος.

Αν η ισχύς του σήματος είναι πολύ μικρή ή αν δεν υπάρχει σήμα στην συχνότητα συντονισμού, η AGC τάση θα είναι πολύ μικρή ή ανύπαρκτη. Αυτό προκαλεί αγωγιμότητα στην δίοδο D3 και ουσιαστικά απενεργοποίηση του τελεστικού ενισχυτή U3-c, που στη συνέχεια εμποδίζει το ακουστικό σήμα να περάσει τον έλεγχο της έντασης ήχου στον ενισχυτή ισχύος. Με την εμφάνιση ενός ισχυρού σήματος, η δίοδος D3 πολώνεται ανάστροφα και επομένως απομονώνετε από τον ενισχυτή U3-c. Το αποτέλεσμα είναι, το σήμα να περνά από τον έλεγχο της έντασης ήχου στον ενισχυτή ισχύος και να ακούγεται στο μεγάφωνο.

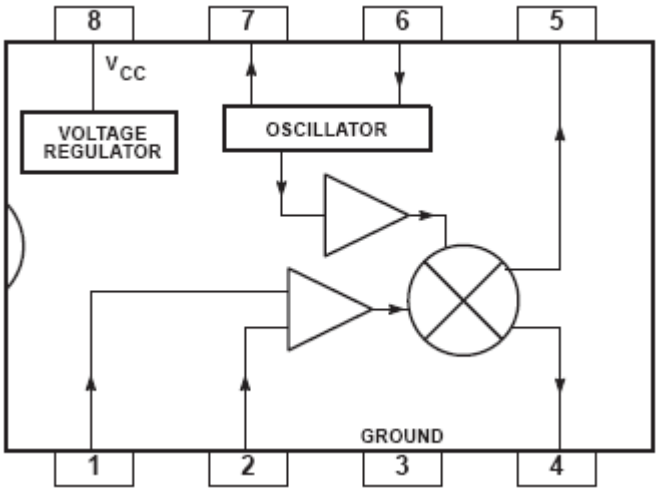


Σχήμα 2.3) Κυκλωματική διάταξη υπερετερόδυνου δέκτη ΑΜ.

2.3 Προσαρμογή ολοκληρωμένων κυκλωμάτων

Στην κυκλωματική διάταξη όπως αναφέραμε και παραπάνω χρησιμοποιήσαμε τα ολοκληρωμένα κυκλώματα SA602AN, MC1350,MAX2650,LM324,LM386. Η προσαρμογή τους στο κύκλωμα έγινε με χρήση των φυλλαδίων πληροφοριών για καθένα αντίστοιχα τα οποία παρατίθενται αναλυτικά στο παράρτημα Β. Πιο συγκεκριμένα ας δούμε για καθένα ξεχωριστά πως έγινε η προσαρμογή τους.

SA602AN

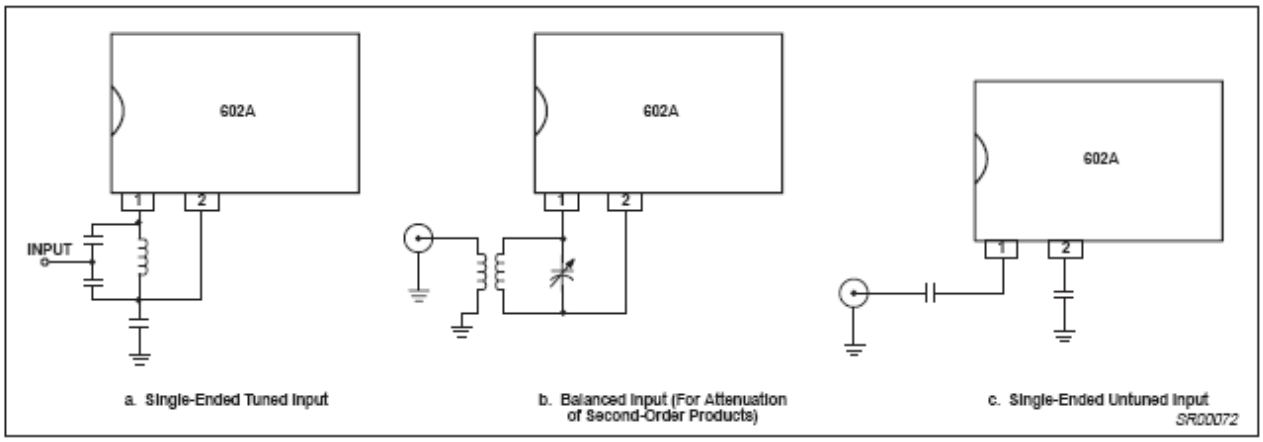


Σχήμα 2.4) Ολοκληρωμένο κύκλωμα SA602AN.

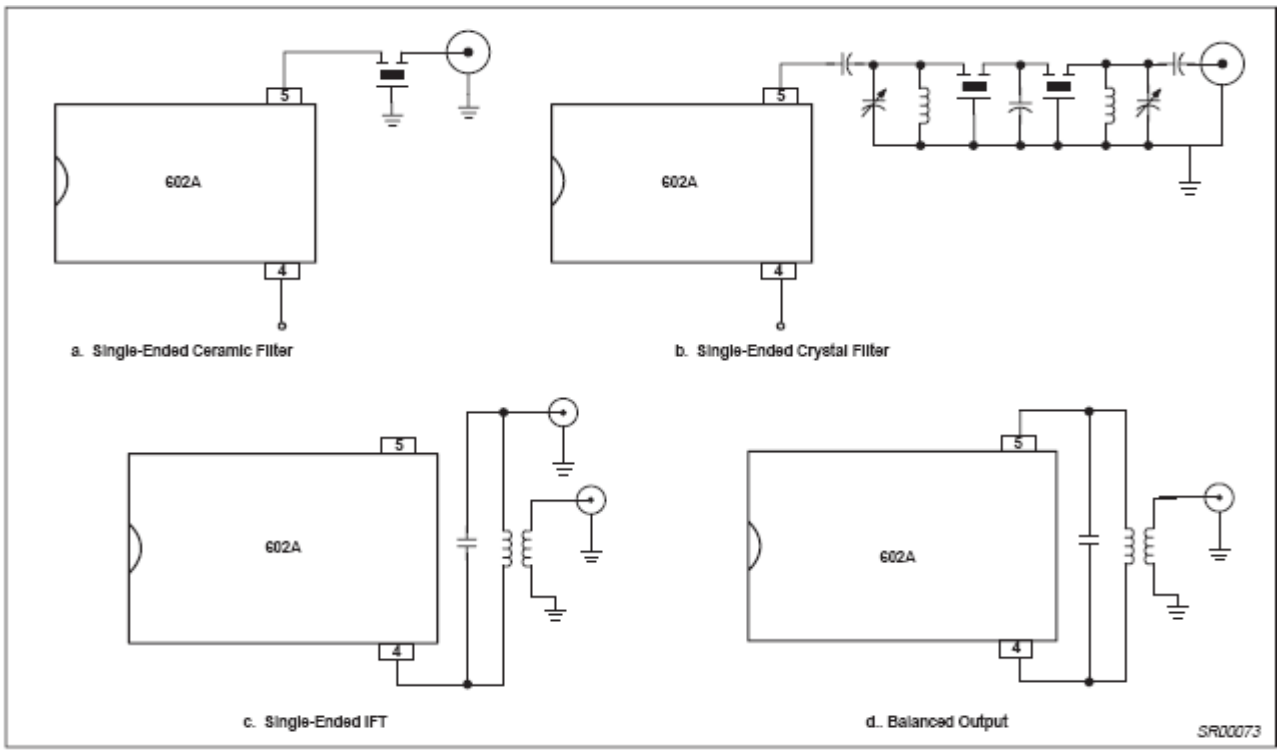
Στο σχήμα 2.4 βλέπουμε την εσωτερική δομή του ολοκληρωμένου κυκλώματος SA602AN. Το SA602AN αποτελείται από 8 ακροδέκτες. Περιέχει έναν ισοσταθμισμένο μίκτη και έναν τοπικό ταλαντωτή. Επίσης χαρακτηρίζεται για το εξαιρετικό κέρδος και την ευαισθησία του καθώς και για τις διάφορες εφαρμογές που μπορεί να χρησιμοποιηθεί όπως πομποδέκτες VHF, μετατροπέα συχνοτήτων HF/VHF και σε διάφορες άλλες εφαρμογές. Αναλυτικότερα στους ακροδέκτες 1 και 2 έχουμε τις RF εισόδους οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν εναλλάξ αλλά θα πρέπει να προσέξουμε να μην διαφέρει η DC τιμή τους. Το σχήμα 2.5 αναφέρεται για τα κυκλώματα εισόδου και το πως πρέπει να προσαρμοστεί στο κύκλωμα του δέκτη το ολοκληρωμένο, διακρίνουμε ότι έχουμε επιλέξει την συνδεσμολογία (συνδεσμολογία c). Ο ακροδέκτης 3 πηγαίνει κατευθείαν στην γείωση.

Οι ακροδέκτες 4 και 5 όπως βλέπουμε είναι δυο έξοδοι και μπορούμε να επιλέξουμε όποιο θέλουμε αν στην κατασκευή μας χρειαζόμαστε μόνο μια από της δυο εξόδους. Στην εφαρμογή μας έχει επιλεχτεί για έξοδο ο ακροδέκτης 4, ο οποίος καταλήγει σε ένα κεραμικό φίλτρο 10,7MHz. Στο σχήμα 2.6 μπορούμε να δούμε διάφορες συνδεσμολογίες για την έξοδο του ολοκληρωμένου. Στην κατασκευή μας επιλέξαμε την πρώτη συνδεσμολογία της οποίας η έξοδος καταλήγει σε ένα κεραμικό φίλτρο.

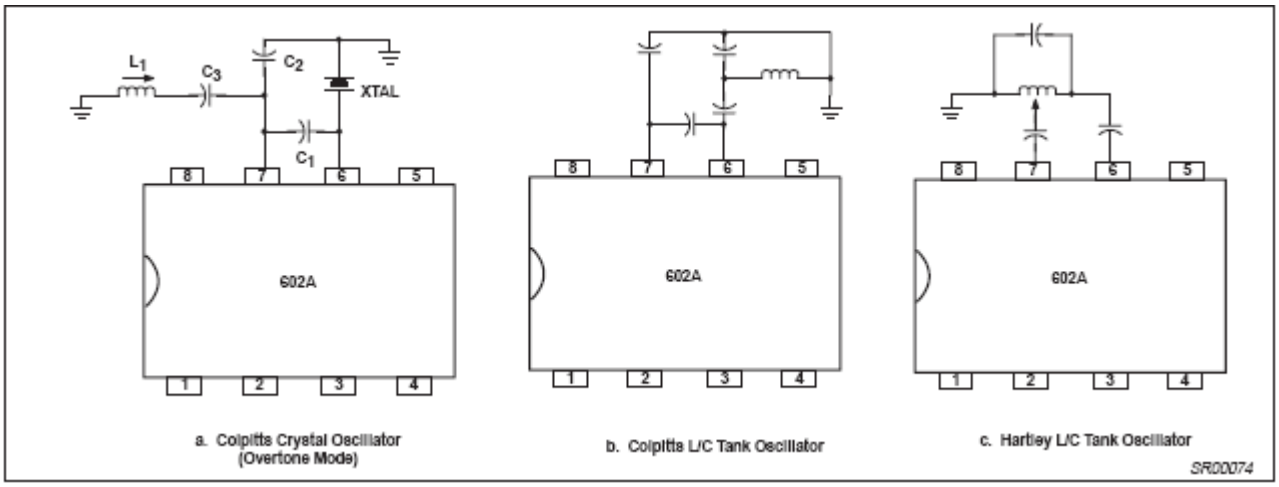
Συνεχίζοντας οι ακροδέκτες 6 και 7 είναι οι είσοδοι του τοπικού ταλαντωτή που υπάρχει στο SA602AN. Για την ορθή λειτουργία του ο τοπικός ταλαντωτής θα πρέπει να ρυθμίζεται σε μια σωστή συχνότητα. Στην εφαρμογή μας καθορίζεται από το πηνίο L6 και τα λοιπά στοιχεία όπως είχαμε αναφέρει στην ανάλυση του κυκλώματος. Στο σχήμα 2.7 φαίνονται τα κυκλώματα που δίνουν την συχνότητα του τοπικού ταλαντωτή, από το οποίο επιλέχτηκε η δεύτερη συνδεσμολογία όπου είναι ένα κύκλωμα Colpitts με στοιχεία L/C. Τέλος η τροφοδοσία για την λειτουργία του ολοκληρωμένου κυκλώματος είναι 9 volt και παρέχονται από το τροφοδοτικό στον ακροδέκτη 8 μέσω της αντίστασης R7 που χρησιμοποιείται για προστασία.



Σχήμα 2.5) Συνδεσμολογίες κυκλώματος εισόδου.

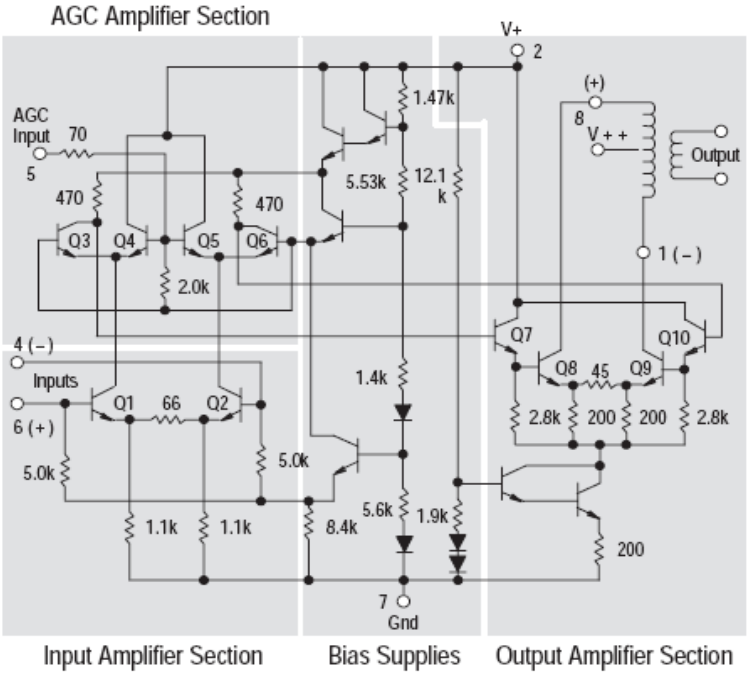


Σχήμα 2.6) Συνδεσμολογίες κυκλώματος εξόδου.



Σχήμα 2.7) Συνδεσμολογίες εισόδου τοπικού ταλαντωτή.

MC1350

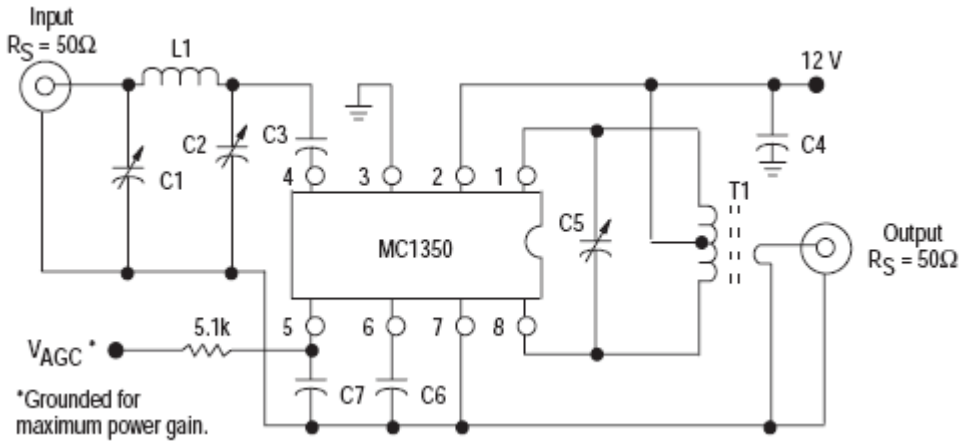


Σχήμα 2.8)Ολοκληρωμένο κύκλωμα MC1350.

Στο σχήμα 2.8 βλέπουμε την εσωτερική δομή του ολοκληρωμένου κυκλώματος MC1350, το οποίο είναι ένας ολοκληρωμένος ενισχυτής που περιέχει όλα τα κυκλώματα AGC. Είναι κατασκευασμένο με 8 ακροδέκτες εκ το οποίων οι ακροδέκτες 4 και 6 είναι οι είσοδοι του ενισχυτή, που δέχονται το σήμα από την προηγούμενη βαθμίδα .Ο ακροδέκτης 5 είναι η είσοδος του AGC, το οποίο προέρχεται από την έξοδο 1 του U3-a τελεστικού ενισχυτή της βαθμίδας audio amplifier. Ο ακροδέκτης 7 είναι για την γείωση του ολοκληρωμένου κυκλώματος, ενώ οι ακροδέκτες 1 και 8 είναι οι έξοδοι οι οποίοι καταλήγουν στον μετασχηματιστή ενδιάμεσης συχνότητας T1. Ο ακροδέκτης 2 είναι αυτός που δέχεται τα 9 volt για την λειτουργία του ολοκληρωμένου κυκλώματος. Αναλυτικότερα για το πώς είναι εσωτερικά σχεδιασμένο το ολοκληρωμένο μπορούμε να το δούμε στην σελίδα 3 του φυλλαδίου πληροφοριών MC1350 στην εικόνα 4. Αυτό το οποίο διακρίνουμε ουσιαστικά είναι ότι διαιρείται σε 3 τμήματα. Το τμήμα εισόδου του

ενισχυτή ,το τμήμα στο οποίο γίνεται η ενίσχυση και τέλος στο τμήμα εξόδου του ενισχυτή. Όπως είπαμε παραπάνω στο τμήμα εισόδου υπάρχουν οι ακροδέκτες 4, 5, 6. Οι ενισχυτές στην είσοδο του ολοκληρωμένου λειτουργούν με σταθερά ρεύματα εκπομπών έτσι ώστε η σύνθετη αντίσταση εισόδου να παραμένει ανεξάρτητη από τη δράση του AGC . Οι ακροδέκτες 4 και 6 μπορούν να οδηγηθούν από έναν μετασχηματιστή, αλλά το dc ρεύμα για καθένα από τα δυο τερματικά δεν επιτρέπεται να γειωθεί. Οι ενισχυτές εξόδου τροφοδοτούνται από μια ενεργή πηγή ρεύματος σταθερής τιμής. Η τάση συλλέκτη των ενισχυτών εξόδου πρέπει να παρασχεθεί από το μεσαίο σημείο του μετασχηματιστή που συνδέονται οι ακροδέκτες 1 και 8.

Κοιτάζοντας το φυλλάδιο πληροφοριών του MC1350 χρησιμοποιήσαμε την συνδεσμολογία που φαίνεται στο σχήμα 2.9 η οποία μας επιτρέπει να έχουμε μέγιστο κέρδος ισχύος το οποίο είναι και επιθυμητό .

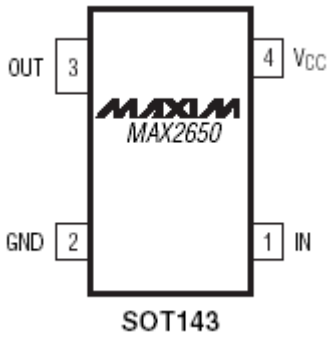


Σχήμα 2.9) Συνδεσμολογία που χρησιμοποιήθηκε στον δέκτη AM.

MAX2650

Το MAX2650 το οποίο το βλέπουμε στο σχήμα 2.10 είναι ένας ενισχυτής χαμηλού θορύβου μικρών διαστάσεων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί εύκολα σε κυκλώματα όπου ο χώρος είναι πολύ περιορισμένος. Λειτουργεί με +5 volt τροφοδοσία και έχει ένα καλό κέρδος που ανταποκρίνεται στα 900 MHz. Λόγω του χαμηλού θορύβου και της δυνατότητας να έχει υψηλό κέρδος το κάνει ιδανικό για να χρησιμοποιείται στην εκπομπή, στην λήψη και σε άλλες εφαρμογές.

Όπως είναι εσωτερικά η κυκλωματική διάταξη αποτρέπει την χρήση εξωτερικών διατάξεων όπως αντιστάσεις και πηνία. Σε τυπικές εφαρμογές τα μόνα εξωτερικά εξαρτήματα που χρειάζεται στις εισόδους και τις εξόδους είναι μόνο οι πυκνωτές και στον ακροδέκτη τροφοδοσίας.



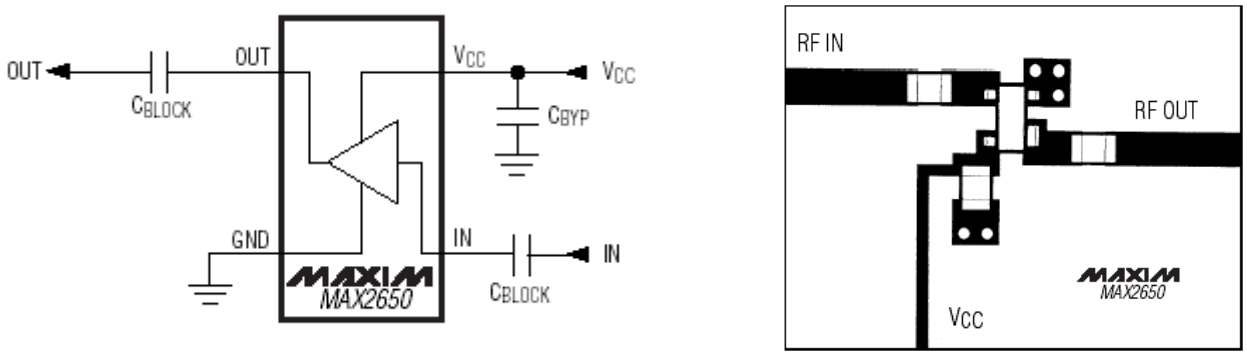
Σχήμα 2.10) Ενισχυτής MAX2650

Όπως βλέπουμε στο σχήμα 2.11 ένα τυπικό κύκλωμα του MAX2650 είναι εύκολο να χρησιμοποιηθεί. Στην είσοδο και στην έξοδο είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν πυκνωτές για να εμποδίσουν την dc τάση πόλωσης από την αλληλεπίδραση με το παρακείμενο κύκλωμα. Αυτοί οι πυκνωτές πρέπει να είναι πολύ μεγάλης τιμής για να συμβάλουν στην μηδαμινή μη ωμική αντίσταση των 50Ω του συστήματος για να λειτουργεί στην ελάχιστη συχνότητα. Για να υπολογίσουμε την χαμηλότερη τιμή αρκεί να υπολογίσουμε την παρακάτω εξίσωση

$$C_{block}=53000/f$$

όπου f είναι η τιμή της ελάχιστης συχνότητας που θέλουμε.

Για την σωστή λειτουργία θα πρέπει ο ακροδέκτης τροφοδοσίας να παρακάμπτεται από την RF είσοδο. Για να το πετύχουμε αυτό συνδέουμε όπως και έγινε έναν πυκνωτή πολύ κοντά στον ακροδέκτη Vcc και την γείωση. Για να υπολογίσουμε την ορθή τιμή του πυκνωτή που χρησιμοποιήσαμε υπολογίζουμε την παραπάνω εξίσωση. Επίσης θα πρέπει να προσέξουμε όπως και έγινε να γίνει μια αξιοπρεπείς γείωση του εξαρτήματος για την αποτελεσματικότερη λειτουργία του.



Σχήμα 2.11) Θεωρητική και πρακτική σύνδεση MAX2650

2.4 Λίστα εξαρτημάτων

Ολοκληρωμένα, δίοδοι, τρανζίστορ:

U1 = SA602AN
U2 = MC1350
U3 = LM324
U4 = LM386
MAX= MAX2650 (επιφανειακής στήριξης)
Q2= 2N3904
D1= BB105 ή BB405 ή BB505
D2= 1N270 ή OA91 ή AA119
D3= 1N4148 ή 1N914

Αντιστάσεις:

R1, R2, R3= 10K ποντεσιόμετρα
R9, R15, R16, R20, R21, R24= 47K
R7, R11, R18, R25, R27= 1K
R6, R28= 270 ohm
R8, R12, R17, R23= 10K
R10, R14=1M
R13, R22= 33K
R19= 100K
R26= 22K

Πυκνωτές:

C1, C7, C33= 10nf (επιφανειακής στήριξης)
C2, C4, C6, C32= 82pf (επιφανειακής στήριξης)
C3, C5= 5.6pf (επιφανειακής στήριξης)
C8, C13, C16= 0.001μf (1nf), κεραμικοί
C9, C17, C19, C20, C28, C30= 0.01μf (10nf), κεραμικοί
C10, C15, C21, C25, C26, C31= 4.7-10μf, 16WVDC, ηλεκτρολυτικοί
C18, C27, C29= 100-220μf, 16WVDC, ηλεκτρολυτικοί
C12, C14= 27 pf κεραμικοί
C23, C24= 0.1μf, 16WVDC, ηλεκτρολυτικοί
C11= 10pf κεραμικός
C22= 0.47μf, 16WVDC, ηλεκτρολυτικοί

Πηνία:

L1, L3, L5 = 1.5 στροφή με διάμετρο 5mm
L2, L4 = 6-7 στροφές με διάμετρο 10mm
L6= 7 στροφές με διάμετρο 8mm
T1= 10.7 MHz (42IF123 transformer)
FL1 (FILTER)= 10.7MHz (κεραμικό φίλτρο)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3$^{\underline{ο}}$

ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΔΕΚΤΗ

Στο 3$^{\underline{ο}}$ κεφάλαιο θα αναφερθούμε στην διαδικασία υλοποίησης κατασκευής του υπερετερόδυνου δέκτη ΑΜ, στην σχεδίαση φίλτρου και στην σχεδίαση τυπωμένου κυκλώματος του δέκτη με χρήση προγραμμάτων Η/Υ.

3.1 Διαδικασία υλοποίησης

Για την υλοποίηση του δέκτη ΑΜ, αρχικά μελετήσαμε θεωρία για τους υπερετερόδυνους δέκτες και την λειτουργία αυτών. Στην συνέχεια έγινε μελέτη για τον σχεδιασμό ενός μπλοκ διαγράμματος δέκτη ΑΜ το οποίο φαίνετε στην ενότητα 2.1 του 2^{ου} κεφαλαίου.

Κατόπιν έγινε έρευνα από ποια εξαρτήματα θα αποτελείται η κάθε βαθμίδα, και με την βοήθεια των φυλλαδίων πληροφοριών κάποιων εξαρτημάτων υλοποιήσαμε την κυκλωματική διάταξη του υπερετερόδυνου δέκτη για συντονισμό στις συχνότητες 118-135Mhz. Για τον συντονισμό του δέκτη στις συχνότητες 118-135Mhz σχεδιάσαμε το κατάλληλο φίλτρο με την βοήθεια του προγράμματος σχεδίασης φίλτρων **AADE filter design v4.3**.

Έπειτα έγινε καταγραφή και παραγγελία των εξαρτημάτων που χρησιμοποιήσαμε. Μετά την παραλαβή των εξαρτημάτων και με την βοήθεια του προγράμματος σχεδίασης ηλεκτρονικών κυκλωμάτων **Protel SE 99** σχεδιάσαμε το τυπωμένο κύκλωμα, έγινε εμφάνιση πλακέτας, τρύπημα αυτής για την τοποθέτηση των εξαρτημάτων και κόλληση των εξαρτημάτων ανά βαθμίδες. Αρχικά κολλήσαμε την βαθμίδα του ακουστικού ενισχυτή, έγινε δοκιμή αυτού στον εργαστηριακό χώρο, έπειτα έγινε η κόλληση της βαθμίδας του φίλτρου όπου με την βοήθεια ενός network analyzer πάρθηκαν μετρήσεις για την απόκριση του και ακολούθησε η κόλληση των εξαρτημάτων των βαθμίδων μίξης IF, ενίσχυσης IF, και του φωρατή.

Με την ολοκλήρωση του δέκτη πάρθηκαν κάποιες μετρήσεις για την ευαισθησία του και έτσι παρατηρήσαμε ότι μπορούν να γίνουν κάποιες βελτιώσεις ώστε να έχουμε καλύτερα αποτελέσματα στην λειτουργία του.

Μια από τις βελτιώσεις που πραγματοποιήθηκαν για την βελτίωση της ευαισθησίας του δέκτη είναι η αλλαγή του αρχικού φίλτρου που χρησιμοποιήσαμε με ένα καλύτερης απόκρισης φίλτρο. Μια άλλη βελτίωση που πραγματοποιήθηκε είναι η αντικατάσταση ενισχυτή RF με τρανζίστορ με τον ενισχυτή RF **MAX2650** για καλύτερη ενίσχυση του αρχικού σήματος του δέκτη. Οι βελτιώσεις που έγιναν αναφέρονται αναλυτικότερα σε επόμενο κεφάλαιο.

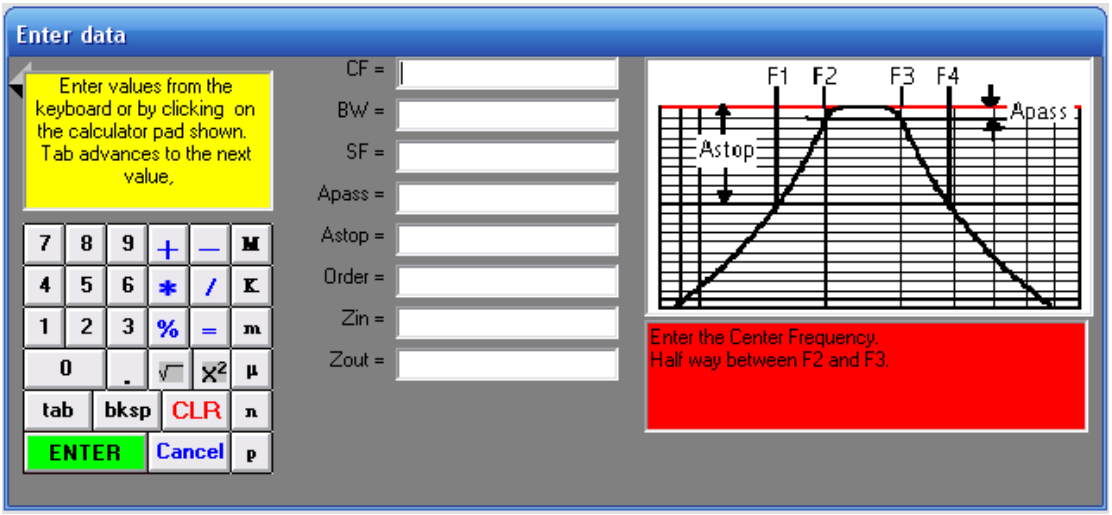
Με αυτές τις τροποποιήσεις υλοποιήσαμε τον τελικό δέκτη σε μια νέα πλακέτα και πήραμε μετρήσεις για την ευαισθησία του δέκτη στον εργαστηριακό χώρο όπου η βελτίωση του ήταν εμφανής.

Επίσης για την τροφοδότηση του δέκτη σχεδιάσαμε και υλοποιήσαμε ένα τροφοδοτικό που παίρνει στην είσοδο του τα 220V και στην έξοδο του βγάζει 5V και 9V.

3.2 Σχεδίαση φίλτρου

Για την σχεδίαση φίλτρου χρησιμοποιήσαμε το πρόγραμμα **AADE filter design v4.3**. που μας παρέχει την δυνατότητα να προσομοιώσουμε διάφορα είδη φίλτρων όπως butterworth, chebyshev, elliptic, Bessel, κ.α . Έτσι προσομοιώνοντας τα φίλτρα μπορέσαμε να λάβουμε τις αποκρίσεις τους, να τις συγκρίνουμε

μεταξύ τους και να επιλέξουμε το κατάλληλο φίλτρο για τον δέκτη μας. Οι μεταβλητές για τις οποίες μας παρέχει την δυνατότητα το πρόγραμμα να ορίσουμε ώστε να προσομοιώσουμε το κατάλληλο φίλτρο είναι: η κεντρική συχνότητα (CF), το εύρος συχνοτήτων του φίλτρου(BW), την εξασθένιση στην συχνότητα αποκοπής(Apass), την σύνθετη αντίσταση εισόδου(Zin), την σύνθετη αντίσταση εξόδου(Zout), κ.α .

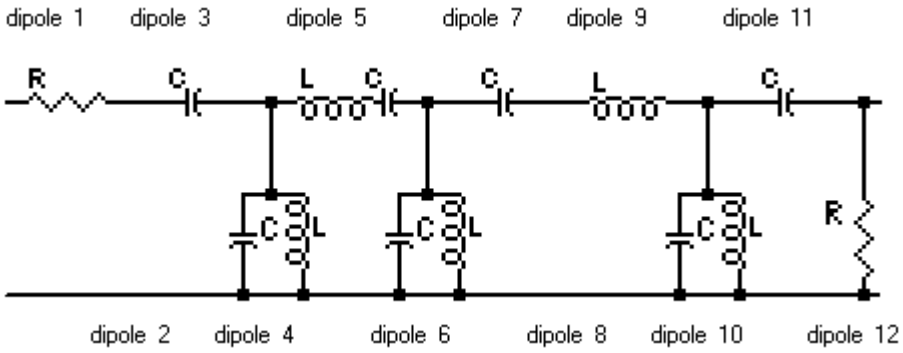


Σχήμα 3.1) Φόρμα συμπλήρωσης μεταβλητών στο AADE filter design.

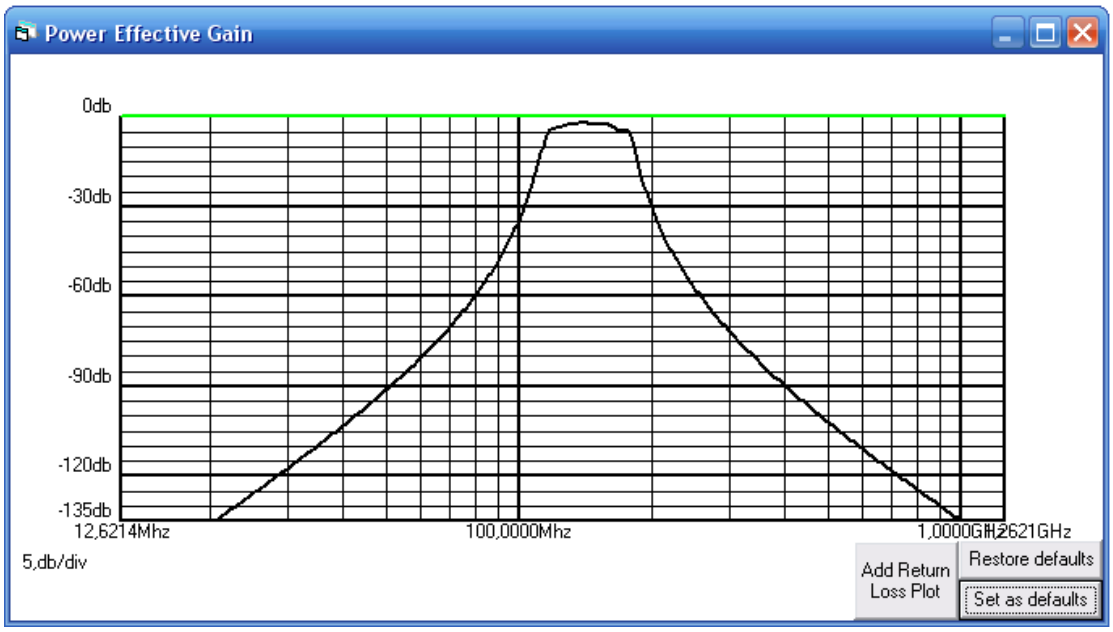
Τα είδη φίλτρων που μελετήσαμε και οι αποκρίσεις τους φαίνονται παρακάτω:

1) Butterworth

Προσομοιώνοντας ένα φίλτρο butterworth του οποίου η κυκλωματική του διάταξη και η απόκριση του φαίνεται στο σχήμα 3.2 και στο σχήμα 3.3 αντίστοιχα, παρατηρήσαμε ότι η απόκριση του είναι πολύ καλή και επίπεδη (δηλ. χωρίς κυμάτωση) στο εύρος συχνοτήτων που θέλουμε και αποκόπτει σχεδόν απότομα στις υπόλοιπες συχνότητες.



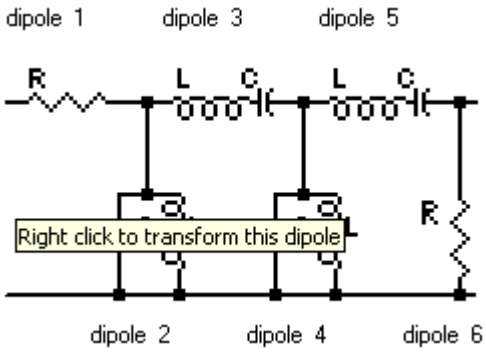
Σχήμα 3.2) Κυκλωματική διάταξη φίλτρου butterworth.



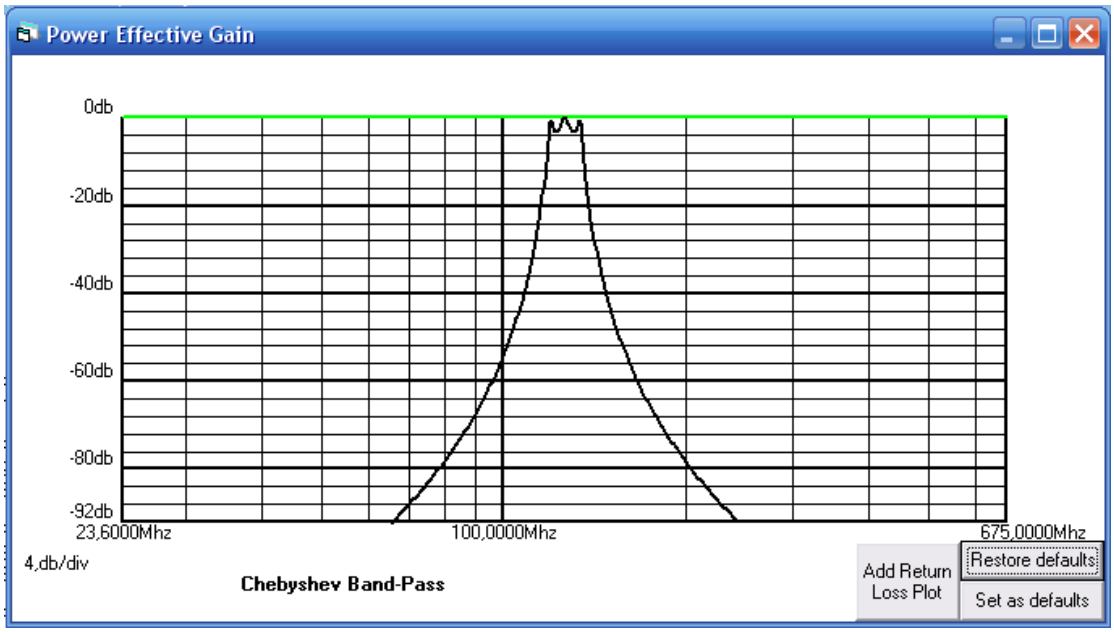
Σχήμα 3.3) Απόκριση του φίλτρου butterworth.

2) Chebyshev

Ένα άλλο φίλτρο που προσομοιώσαμε είναι το φίλτρο chebyshev του οποίου η κυκλωματική του διάταξη και η απόκριση του φαίνεται στο σχήμα 3.4 και στο σχήμα 3.5 αντίστοιχα. Στην απόκριση αυτού του φίλτρου παρατηρήσαμε ότι ενώ αποκόπτει απότομα στις μη επιθυμητές συχνότητες όπως και στο φίλτρο butterworth, υπάρχει μεγάλη κυμάτωση στο εύρος συχνοτήτων μας.



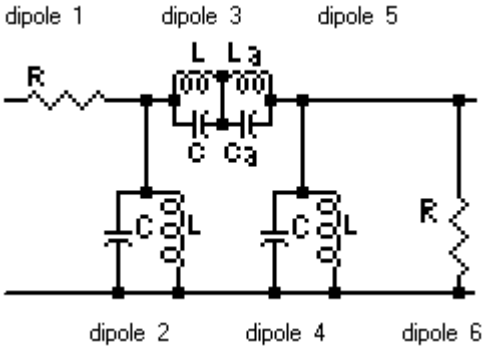
Σχήμα 3.4) Κυκλωματική διάταξη φίλτρου chebyshev.



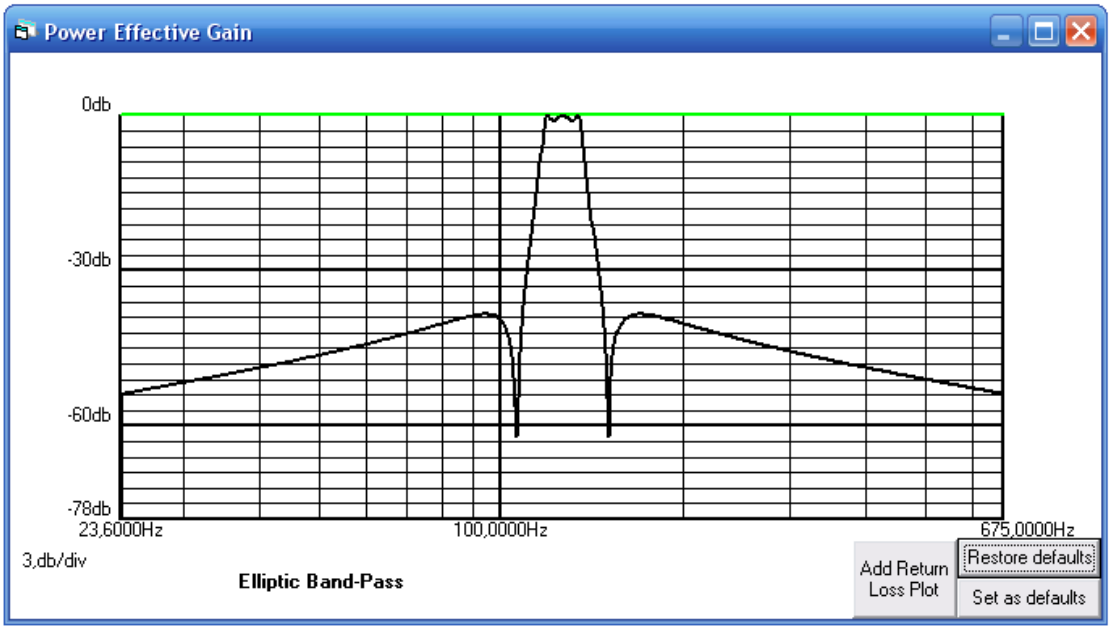
Σχήμα 3.5) Απόκριση του φίλτρου chebyshev.

3) Elliptic

Ένα τρίτο είδος φίλτρου που προσομοιώσαμε είναι το φίλτρο elliptic του οποίου η κυκλωματική του διάταξη και η απόκριση του φαίνεται στο σχήμα 3.6 και στο σχήμα 3.7 αντίστοιχα. Στην απόκριση αυτού του φίλτρου παρατηρήσαμε ότι ενώ αποκόπτει απότομα όπως και στα προηγούμενα φίλτρα που προσομοιώσαμε, στις συχνότητες αποκοπής υπάρχει μεγάλη εξασθένιση και μετά από ένα μικρό διάστημα συχνοτήτων υπάρχει μια ενίσχυση για μερικές συχνότητες. Επίσης παρατηρούμε ότι υπάρχει μια μικρή κυμάτωση στο εύρος συχνοτήτων που θέλουμε.



Σχήμα 3.6) Κυκλωματική διάταξη φίλτρου elliptic.



Σχήμα 3.7) Απόκριση του φίλτρου elliptic.

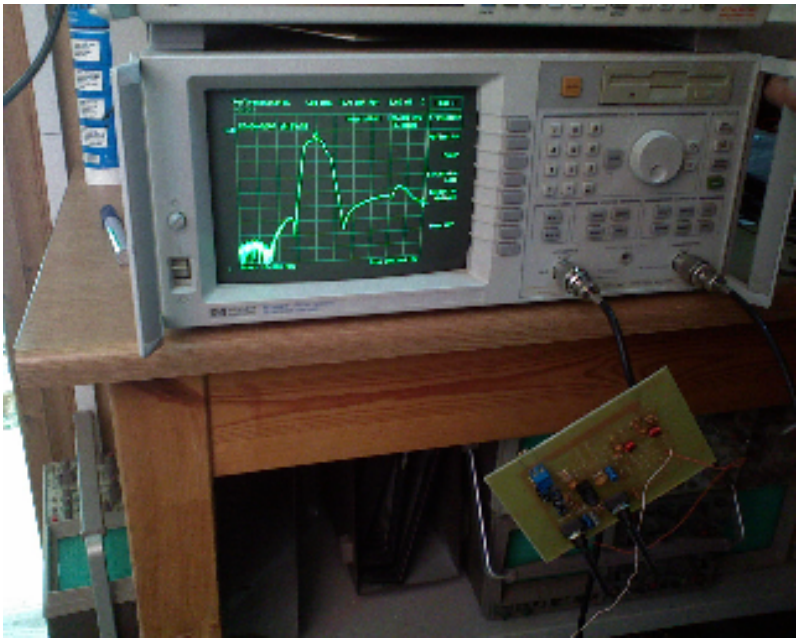
Συμπεράσματα: Κατά την προσομοίωση των διάφορων φίλτρων πήραμε κάποιες μετρήσεις με την βοήθεια ενός κέρσορα πάνω από τις γραφικές των αποκρίσεων για να συγκρίνουμε μεταξύ τους τα φίλτρα και να καταλήξουμε στην επιλογή του κατάλληλου φίλτρου. Οι μετρήσεις φαίνονται παρακάτω στον πίνακα 3.1. Συγκρίνοντας λοιπόν αυτές τις μετρήσεις βλέπουμε ότι στο φίλτρο butterworth η ισχύς είναι πιο σταθερή στο εύρος συχνοτήτων, ενώ στα άλλα δύο φίλτρα chebyshev και elliptic η ισχύς δεν είναι σταθερή και για αυτό παρουσιάζεται η κυμάτωση. Έτσι λοιπόν, καταλήξαμε να προσαρμόσουμε στον δέκτη μας το φίλτρο butterworth.

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (Mhz)	ΙΣΧΥΣ ΣΗΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΕΞΟΔΟ (db)		
	Butterworth	**Chebyshev**	**Elliptic**
94	-42	-62	-38
106	-27	-44	-70
110	-20	-36	-31
117	-4.6	-12	-4.5
118	-4	-6.8	-1
119	-3.6	-1	0
122	-3	-3.32	-1
126	-3	0	0
130	-2.5	-3.33	-1
135	-2.1	-7	-1
136	-8	-11.8	-4
140	-30	-25	-17.23
150	-50	-43	-66
165	-56	-58	-38

Πίνακας 3.1) Μετρήσεις απόκρισης φίλτρων.

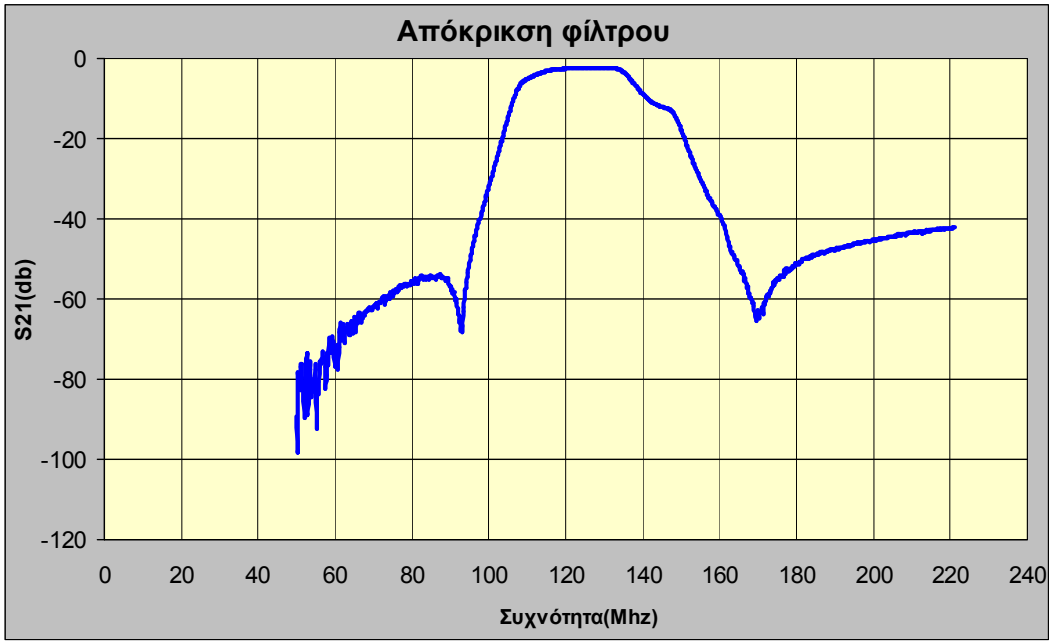
3.3 Εργαστηριακές Μετρήσεις Φίλτρου

Κατά την υλοποίηση του φίλτρου χρησιμοποιήσαμε έναν network analyzer στον εργαστηριακό χώρο του Τ.Ε.Ι όπως φαίνεται στην εικόνα 3.8. Για ένα μεγάλο φάσμα συχνοτήτων που προσαρμόζαμε στην είσοδο του φίλτρου, βλέπαμε στην έξοδο την ανάλογη απόκριση του στο εύρος 118-135MHz.



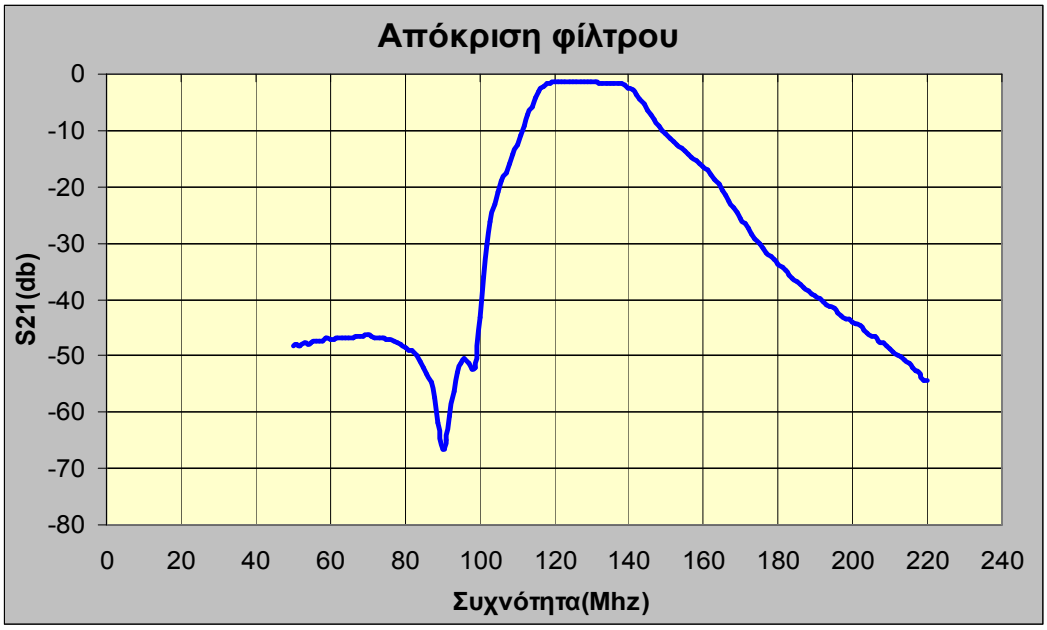
Εικόνα 3.8) Λήψεις μετρήσεων του φίλτρου

Αρχικά έγινε η αυτόματη λήψη μετρήσεων από τον network analyzer για το σχεδιασμό της απόκρισης του πρώτου φίλτρου όπως φαίνεται στο σχήμα 3.9.



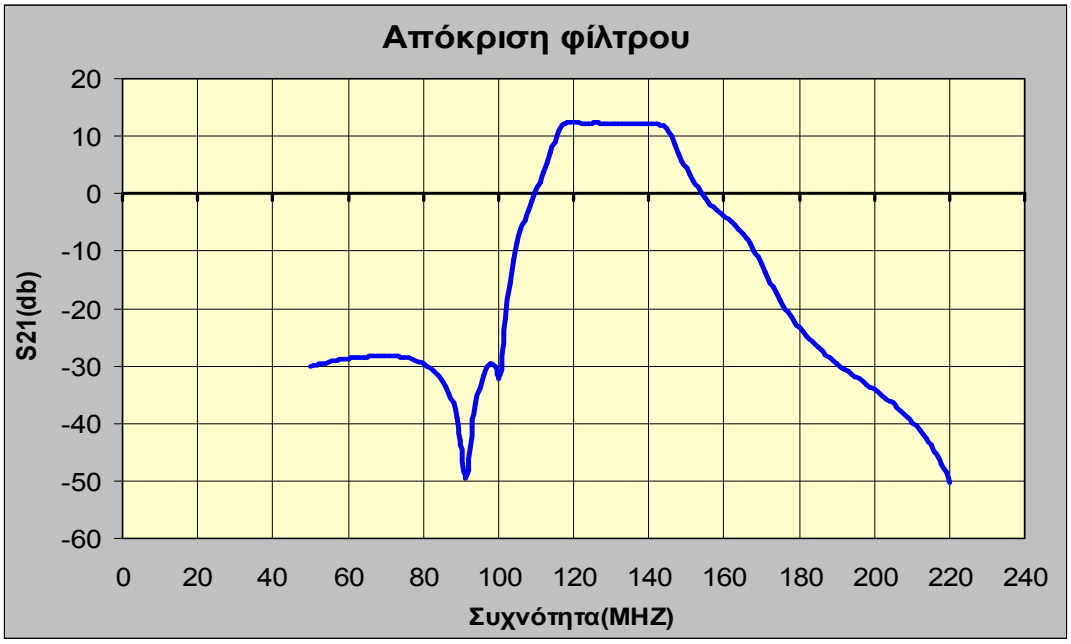
Σχήμα 3.9) Καμπύλη απόκρισης πρώτου φίλτρου

Από την καμπύλη απόκρισης του σχήματος 3.9 διακρίνουμε ότι το φίλτρο, παρά την καλή του απόκριση στο εύρος 118-135 Mhz, είχε περιθώρια βελτίωσης. Γι'αυτό σχεδιάσαμε ένα δεύτερο φίλτρο με εξαρτήματα επιφανειακής στήριξης και επίπεδο γείωσης. Η αρχική απόκριση του δεύτερου φίλτρου που υλοποιήθηκε χωρίς την ενισχυτική διάταξη που προσαρμόζεται στην έξοδο του, φαίνεται στο σχήμα 3.10. Βλέποντας το σχήμα 3.10 ,παρατηρούμε ότι η απόκριση του φίλτρου στο εύρος συχνοτήτων 118-135 Mhz, είναι σχετικά πιο επίπεδη με το πρώτο φίλτρο που υλοποιήθηκε.



Σχήμα 3.10) Καμπύλη απόκρισης δεύτερου φίλτρου χωρίς ενισχυτική διάταξη.

Μετά την προσαρμογή της ενισχυτικής διάταξης του δεύτερου φίλτρου στην έξοδο του, η απόκριση του φίλτρου φαίνεται στο σχήμα 3.11, όπου παρατηρούμε ότι υπάρχει μεγάλη ενίσχυση στο επιθυμητό εύρος συχνοτήτων.

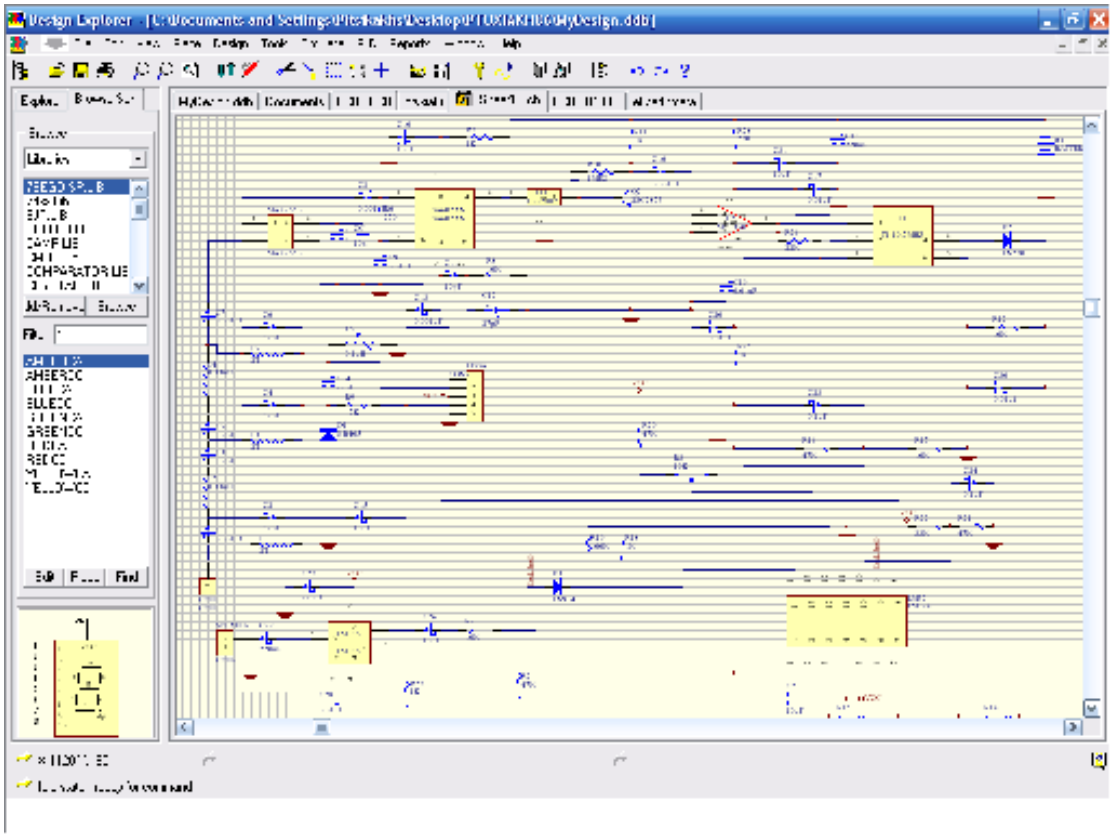


Σχήμα 3.11) Καμπύλη απόκρισης δεύτερου φίλτρου με ενισχυτική διάταξη.

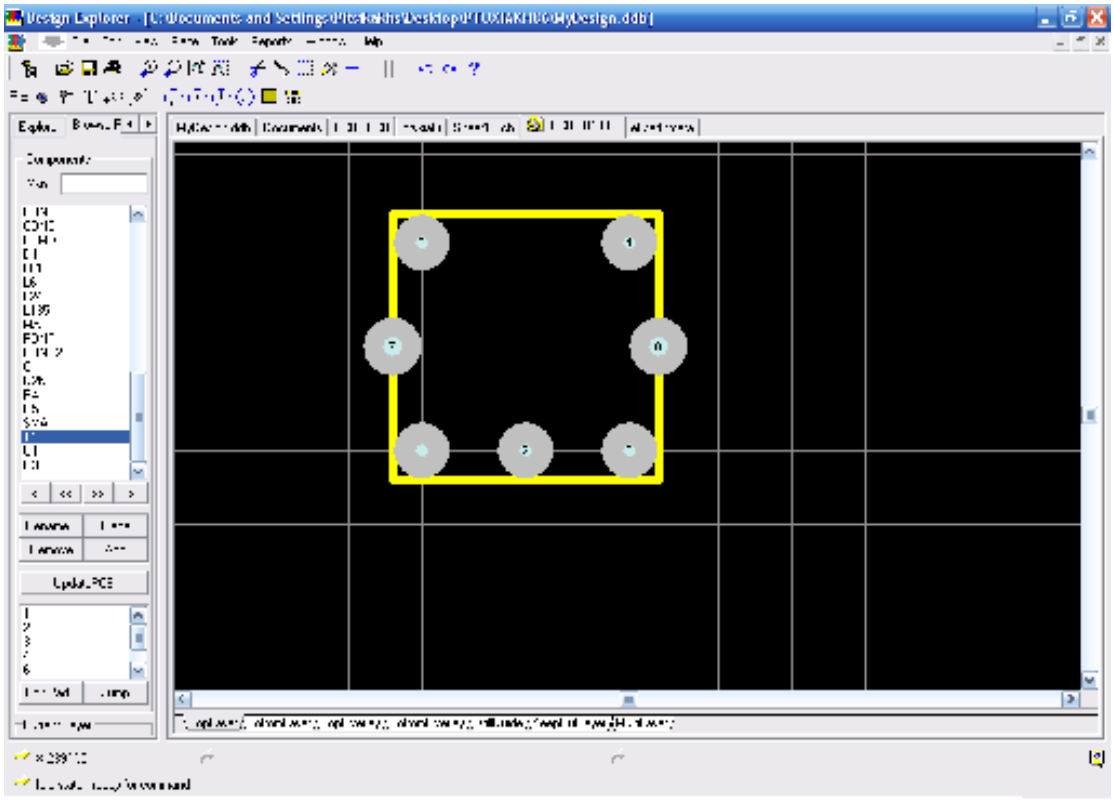
3.4 Σχεδίαση τυπωμένου κυκλώματος.

Για την σχεδίαση του τυπωμένου κυκλώματος χρησιμοποιήσαμε το πρόγραμμα **Protel 99 SE.** Παρακάτω θα εκθέσουμε μερικές εικόνες από το περιβάλλον του προγράμματος και θα παρουσιαστούν με την σειρά που χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα.

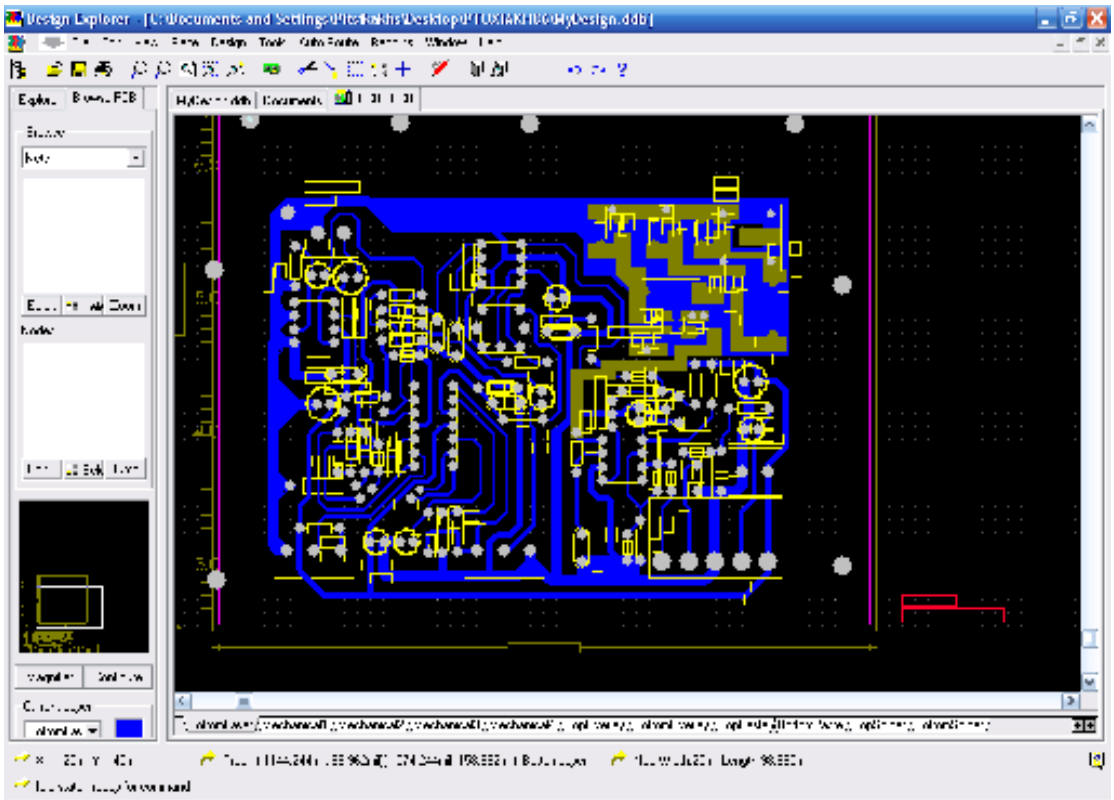
Αρχικά σχεδιάσαμε τη κυκλωματική διάταξη του δέκτη όπως φαίνετε στην εικόνα 3.8. Έπειτα μετρήσαμε το μέγεθος του κάθε εξαρτήματος χωριστά πάνω σε μια διάτρητη πλακέτα και το σχεδιάζαμε ένα-ένα όπως φαίνετε στην εικόνα 3.9, μετά ορίσαμε τα footprints όπως λέγονται, που αυτό γίνετε για την αντιστοιχία των σχεδιασμένων για το μέγεθος εξαρτημάτων με τα εξαρτήματα της κυκλωματικής διάταξης που είχε σχεδιαστεί πριν. Στην συνέχεια με μια βασική λειτουργία του προγράμματος τα εξαρτήματα μεταφέρθηκαν σε ένα άλλο περιβάλλον με το κανονικό τους μέγεθος (σε διαφορετική κλίμακα) που λέγετε PCB όπως φαίνετε στην εικόνα 3.10, εκεί αρχίσαμε τον σχεδιασμό των αγωγών με την κατάλληλη διαδρομή τους ώστε να μην βραχυκυκλώνουν μεταξύ τους. Όταν ολοκληρώθηκε ο σχεδιασμός στο PCB έγινε εκτύπωση του σχεδίου αυτού σε διαφάνεια για την εμφάνιση του σε πλακέτα στην οποία έγινε η υλοποίηση του δέκτη.



Εικόνα 3.8) Σχεδιασμός κυκλωματικής διάταξης στο Protel 99 SE.



Εικόνα 3.9) Σχεδιασμός μεγέθους εξαρτήματος.



Εικόνα 3.10) Σχεδιασμός του PCB.

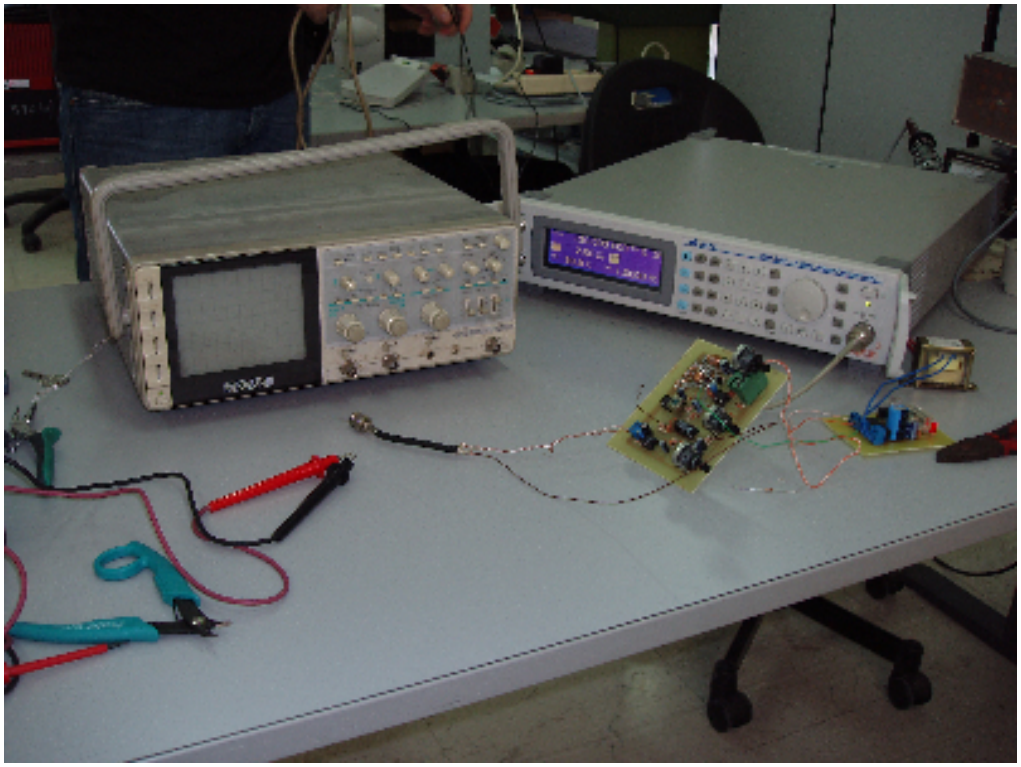
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4$^{\underline{ο}}$

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ & ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ

Σε 4$^{\underline{ο}}$ κεφάλαιο θα αναφερθούμε στην διαδικασία λήψης μετρήσεων, στην παρουσίαση και ανάλυση αυτών καθώς και σε βελτιώσεις που έγιναν και που μπορούν να γίνουν για την καλυτέρευση της ευαισθησίας και της απόδοσης του δέκτη γενικότερα.

4.1 Διαδικασία λήψης μετρήσεων

Για την λήψη μετρήσεων που πραγματοποιήθηκε στον εργαστηριακό χώρο τηλεπικοινωνιών του Τ.Ε.Ι χρησιμοποιήσαμε μια γεννήτρια σημάτων και έναν παλμογράφο. Για μετρήσεις της ευαισθησίας του υπερετερόδυνου δέκτη συνδέσαμε στην είσοδο την γεννήτρια σημάτων και στην έξοδο τον παλμογράφο. Στην γεννήτρια σημάτων ορίσαμε τον δείκτη διαμόρφωσης σε 100%. Έπειτα για διάφορες συχνότητες εκπομπής που μεταβάλαμε στην γεννήτρια σημάτων, μετρήσαμε την ελάχιστη τάση του σήματος για σταθερό σηματοθορυβικό λόγο 20db.



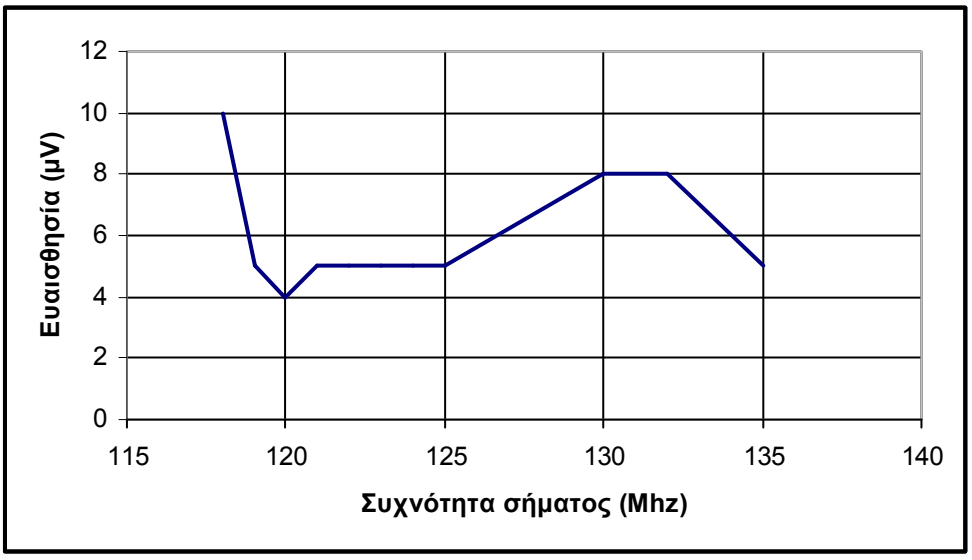
Εικόνα 4.1) Φωτογραφία κατά την λήψη μετρήσεων.

4.2 Παρουσίαση μετρήσεων και ανάλυση τους

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν και η χαρακτηριστική καμπύλη της ευαισθησίας φαίνονται στον πίνακα 4.1 και στο σχήμα 4.2 αντίστοιχα. Παρατηρώντας τον πίνακα μετρήσεων 4.1 που έχουν ληφθεί μετρήσεις για διάφορες συχνότητες μεταξύ 118-135Mhz το οποίο είναι και το εύρος ζώνης του δέκτη μας, διακρίνουμε ότι στην περιοχή 119-125Mhz η ευαισθησία του υπερετερόδυνου δέκτη είναι πιο ποιοτική και κυμαίνεται στα 4-5μV. Στους σύγχρονους δέκτες αναφέρονται ευαισθησίες από 1μV (ποιοτικοί δέκτες), μέχρι 300μV (δέκτες κατώτερης ποιότητας). Άρα ο δέκτης μας είναι ένας ποιοτικός δέκτης.

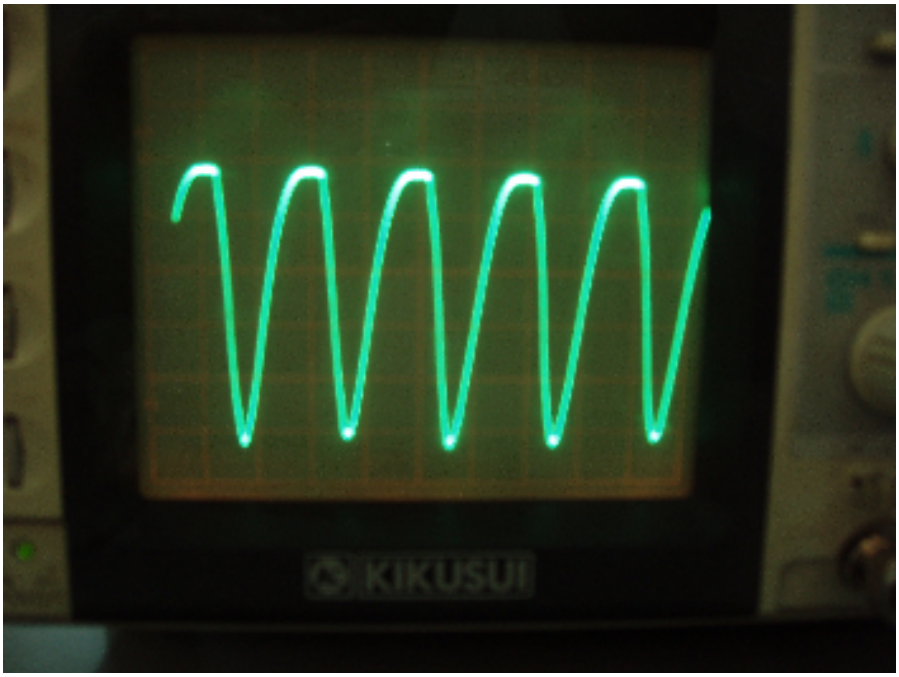
Ευαισθησία (μV)	**Συχνότητα σήματος (Mhz)**
10	118
5	119
4	120
5	121
5	122
5	123
5	124
5	125
8	130
8	132
5	135

Πίνακας 4.1) Μετρήσεις ευαισθησίας δέκτη

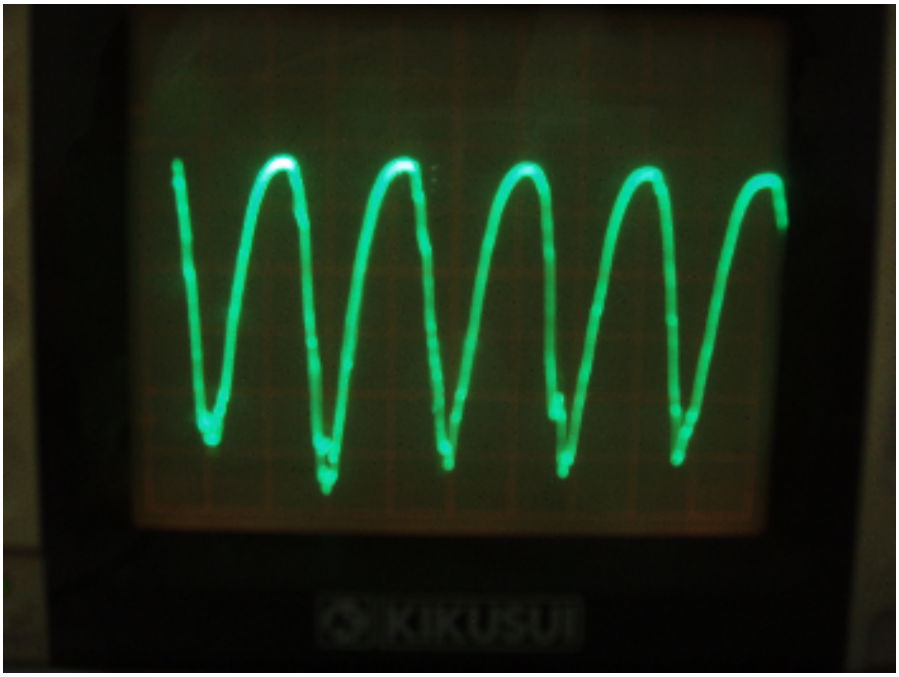


Σχήμα 4.2) Χαρακτηριστική καμπύλη ευαισθησίας

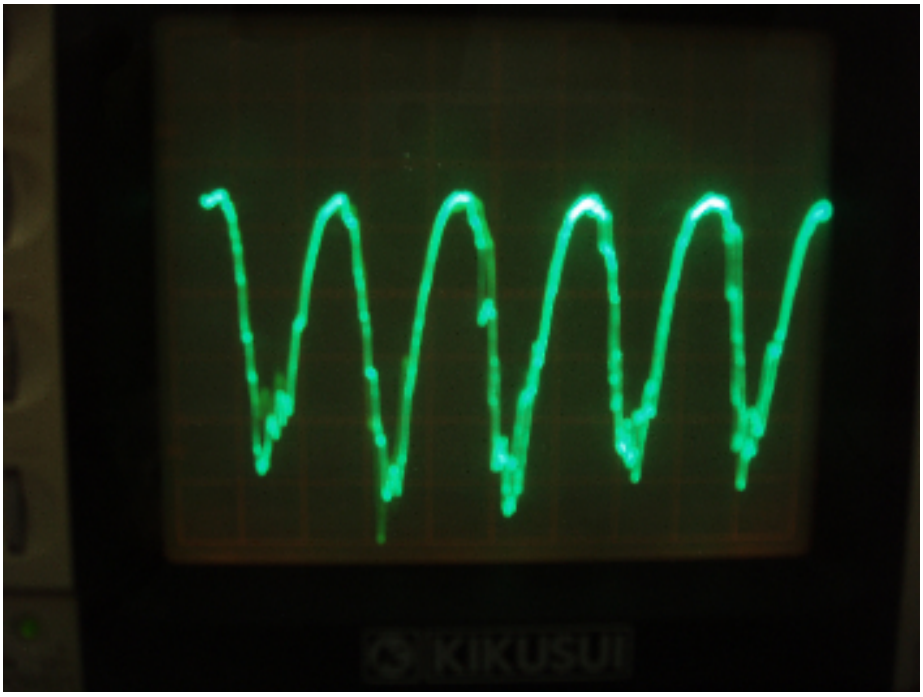
Για σήμα με δείκτη διαμόρφωσης 100% στην συχνότητα 120Mhz και μεταβάλλοντας την τάση του εκπεμπόμενου σήματος από 100-2μV πάρθηκαν οι παρακάτω φωτογραφίες. Ο παλμογράφος είχε ρυθμιστεί στα 0.2V/DIV.



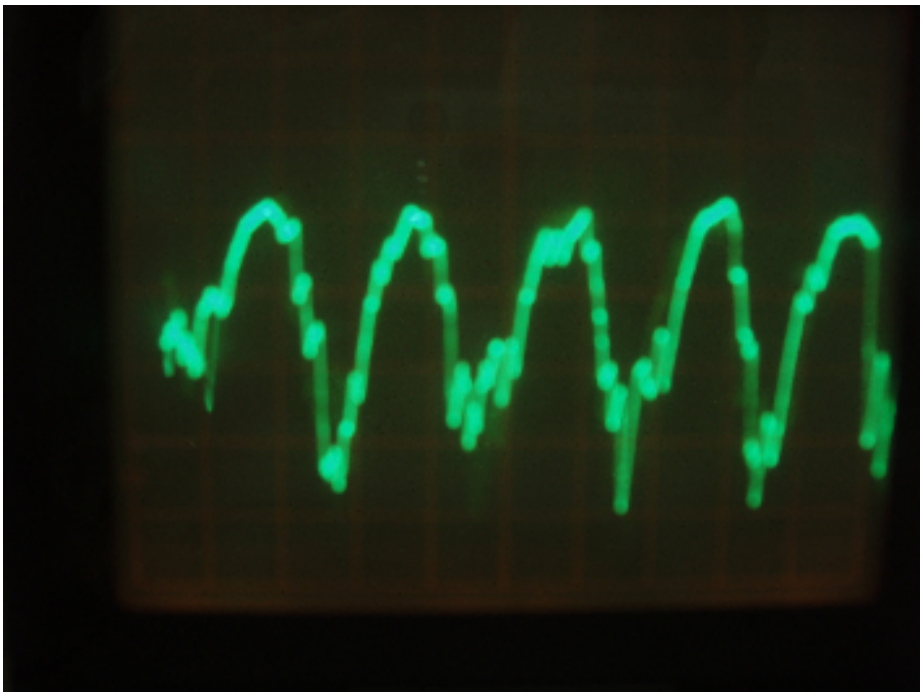
Εικόνα 4.3) Λαμβανόμενο σήμα με τάση σήματος 100μV



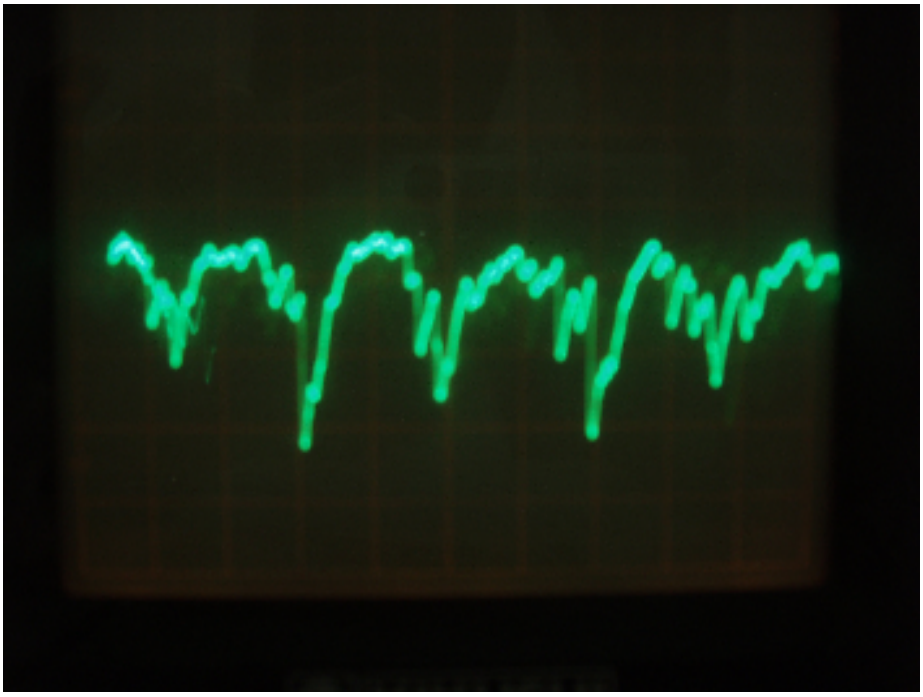
Εικόνα 4.4) Λαμβανόμενο σήμα με τάση σήματος 20μV



Εικόνα 4.5) Λαμβανόμενο σήμα με τάση σήματος 10μV



Εικόνα 4.6) Λαμβανόμενο σήμα με τάση σήματος 5μV

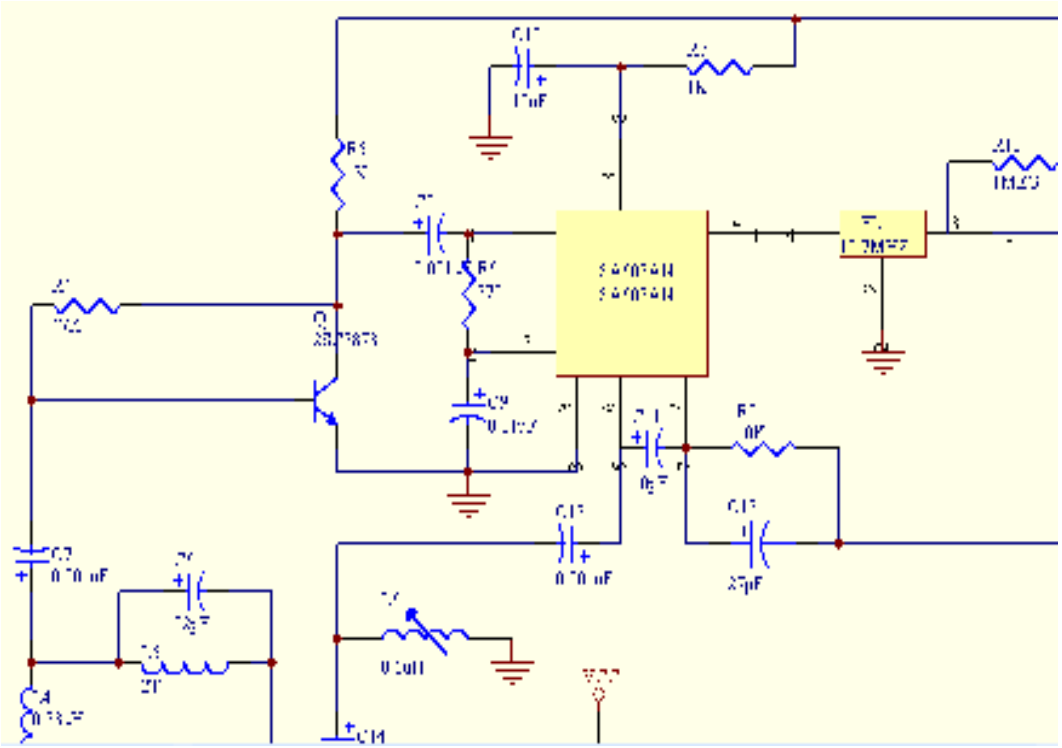


Εικόνα 4.7) Λαμβανόμενο σήμα με τάση σήματος 2μV

4.3 Βελτιώσεις

Για την καλύτερη απόδοση του δέκτη, έγιναν οι εξής βελτιώσεις:

1) Η αντικατάσταση του αρχικού φίλτρου που αποτελούταν από κανονικά εξαρτήματα, από ένα φίλτρο με εξαρτήματα επιφανειακής στήριξης και η κάλυψη των εξαρτημάτων αυτών με ένα επίπεδο γείωσης στην κάτω όψη της πλακέτας, για την καλύτερη απόκριση στο εύρος συχνοτήτων χωρίς παραμόρφωση του σήματος.
2) Η αντικατάσταση του προενισχυτή που αποτελούνταν από ένα τρανζίστορ 2SC2570 και τα εξαρτήματα πόλωσης του R4, R5 όπως φαίνεται στο σχήμα 4.8, από ένα ενισχυτή επιφανειακής στήριξης το MAX2650 όπως φαίνεται στο σχήμα 2.3 στο κεφάλαιο 2, για καλύτερη ενίσχυση του λαμβανόμενου σήματος από το φίλτρο.
3) Η αφαίρεση της αντίστασης R6 που παρεμβάλλονταν στους ακροδέκτες 1 και 2 του SA602AN όπως φαίνεται στο σχήμα 4.8 για την βελτίωση του λαμβανόμενου σήματος.



Σχήμα 4.8) Αρχική συνδεσμολογία προενισχυτή.

Επίσης οι περαιτέρω βελτιώσεις που μπορούν να γίνουν είναι οι εξής:

1) Η δημιουργία ενός balloon στους ακροδέκτες 1 και 2 του SA602AN.
2) Πριν την δίοδο 1N270 που διακρίνουμε στο σχήμα 2.3 του κεφαλαίου 2, η τοποθέτηση ενός τελεστικού ενισχυτή για την καλυτέρευση της ευαισθησίας.
3) Η προσαρμογή ενός κλειστού βρόγχου PLL στην θέση του ποτενσιόμετρου R1 που είναι για την επιλογή της συχνότητας, για ευκολότερο συντονισμό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟΥ

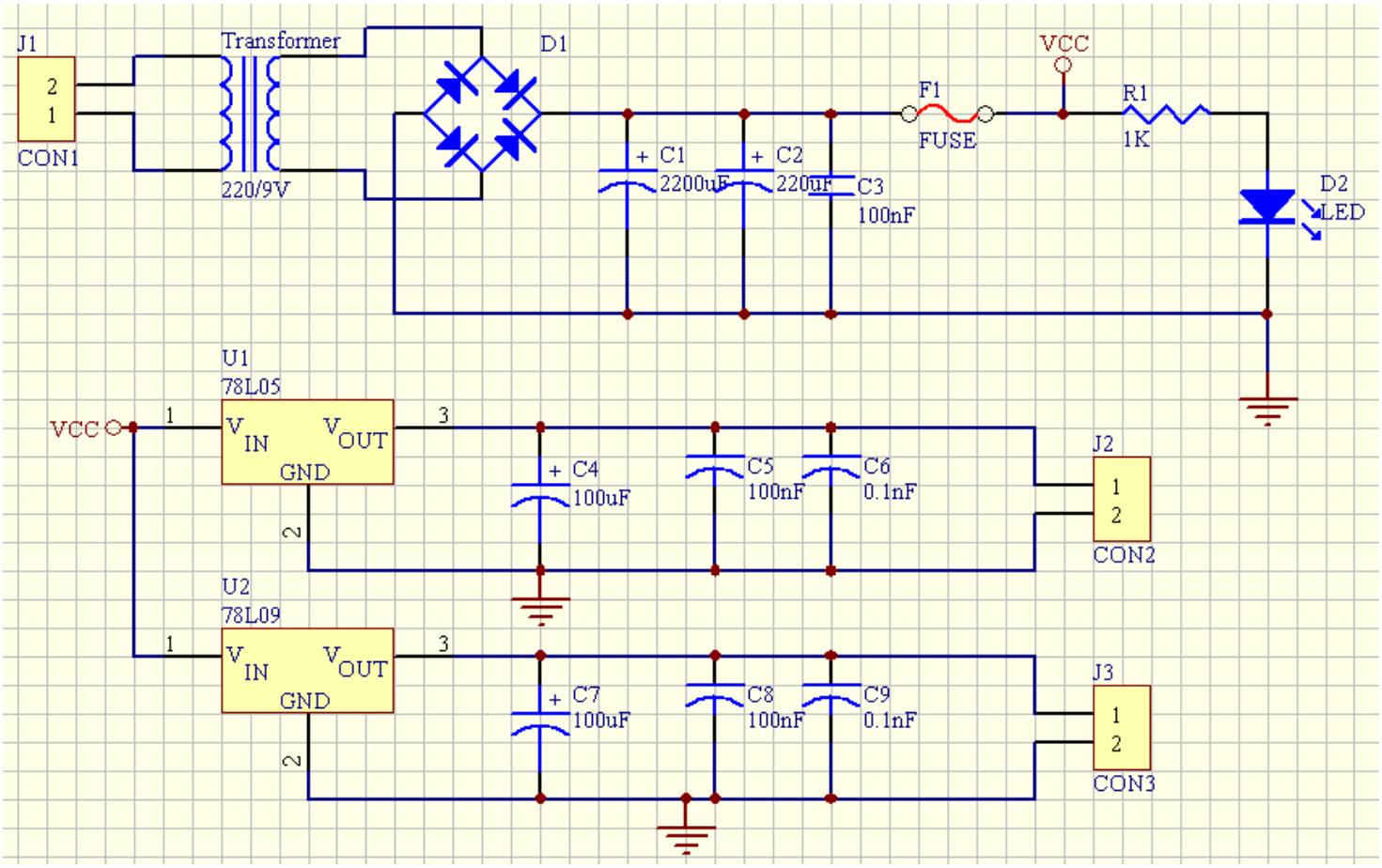
Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε το τροφοδοτικό που προσαρμόσαμε πάνω στο δέκτη μας, το οποίο έχει δυο εξόδους των 5 και 9 Volt.

5.1 Παρουσίαση κυκλωματικής διάταξης τροφοδοτικού

Στο παρακάτω σχήμα 5.1 φαίνεται η κυκλωματική διάταξη του τροφοδοτικού. Το τροφοδοτικό αποτελείται από 3 βαθμίδες.

Η πρώτη βαθμίδα αποτελείται από ένα μετασχηματιστή, μια γέφυρα ανόρθωσης και μερικούς πυκνωτές. Σαν είσοδο του ο μετασχηματιστής έχει τα 220V ac και έξοδο του τα 9V ac. Έπειτα η έξοδος του μετασχηματιστή, συνδέεται στην είσοδο της γέφυρας, η οποία ανορθώνει τα 9V ac και η έξοδο της ισούται με 1.41*9=12.7V dc. Οι πυκνωτές συνδέονται μετά την γέφυρα, για εξομάλυνση της τάσης από διάφορα παράσιτα.

Η δεύτερη και η τρίτη βαθμίδα αποτελείται από τους σταθεροποιητές U1 78L05 και U2 78L09 αντίστοιχα, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για υποβιβασμό της τάσης στα 5 και 9 Volt αντίστοιχα. Μετά από τους σταθεροποιητές συνδέονται μερικοί πυκνωτές για απαλοιφή μερικών παρασίτων που τυχόν υπάρχουν.



Σχήμα 5.1) Κυκλωματική διάταξη τροφοδοτικού

Η υλοποίηση του τροφοδοτικού ακολούθησε ακριβώς την διαδικασία υλοποίησης του δέκτη όπως αναφέραμε αναλυτικά στο 3^{ο} κεφάλαιο με την χρήση του προγράμματος **Protel 99 SE.**

5.2 Λίστα εξαρτημάτων

- 1 μετασχηματιστή 220/9V
- 1 γέφυρα ανόρθωσης
- 1 ασφάλεια
- 1LED
- 3 κονέκτορες
- R1=1K (1/4W)
- C1,C2=220uF
- C3,C5,C8=100nF
- C4,C7=100uF
- C6,C9=0.1nF

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (Α)

ΔΙΑΦΑΝΕΙΕΣ ΤΥΠΩΜΕΝΩΝ

ΤΥΠΩΜΕΝΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΔΕΚΤΗ

ΤΥΠΩΜΕΝΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟΥ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (Β)

ΦΥΛΛΑΔΙΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ