



**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΟΥΣΙΚΗΣ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ Τ.Ε.**

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ & ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ (ΡΕΘΥΜΝΟ)

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
“ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΡΑΔΙΟΦΩΝΙΚΟΥ ΔΕΚΤΗ FM
(ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ)”**



**ΦΟΙΤΗΤΗΣ :
ΧΡΗΣΤΟΣ ΤΩΝΗΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ :
ΠΙΟΤΟΓΙΑΝΝΑΚΗΣ ΣΤΕΛΙΟΣ**

ΡΕΘΥΜΝΟ 2014

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σ' αυτή την εργασία υλοποιείται κατασκευή ραδιοφωνικού δέκτη FM (διαμόρφωσης συχνότητας). Αρχικά παρατίθεται θεωρητική εισαγωγή για το ραδιόφωνο κάνοντας ιστορική αναδρομή από την οποία αναδεικνύεται η σημασία της διαμόρφωσης συχνότητας. Η συνέχεια αναλώνεται στον σχεδιασμό του κυκλώματος και την αναλυτική περιγραφή λειτουργίας του. Ακολουθεί η κατασκευή του κυκλώματος η οποία προϋποθέτει την αναζήτηση και προμήθεια των υλικών τα οποία τοποθετούνται σε κουτί και απαρτίζουν μια ολοκληρωμένη συσκευή έτοιμη για χρήση. Πραγματοποιείται έλεγχος της ορθής λειτουργίας της συσκευής και μετρήσεις των τεχνικών χαρακτηριστικών της. Τέλος διατυπώνονται συμπεράσματα από την αξιολόγηση της συσκευής.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

ραδιοφωνικός δέκτης FM, ηλεκτρικό σήμα, διαμόρφωση συχνότητας, ηλεκτρομαγνητικό κύμα, κεραία, συντονισμένο φίλτρο LC, ενδιάμεση συχνότητα, περιοριστής, διευκρινιστής, ευαισθησία, επιλεκτικότητα

ABSTRACT

In this study is materialized manufacture of radio receiver FM (frequency modulation). Initially it is mentioned a theoretical introduction for the radio, making historical way from which is elected the importance of frequency modulation. It is constantly spent in the designing of a circuit and it's analytic description of running. Following, the manufacture of circuit is done which presupposes the search and supply of materials which are placed in box and compose a completed device ready to use. Besides, an inspection of correct operation of device and measurements of her technical characteristics are realized. Finally are formulated conclusions from the appreciation of device.

KEY WORDS

radio receiver FM, electrical signal, frequency modulation, electromagnetic wave, antenna, tuned filter LC, intermediate frequency, limiter, discriminator, sensitivity, selectivity

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στόχος αυτής της εργασίας είναι η παρουσίαση όλων των συνιστωσών και προϋποθέσεων για να επιτευχθεί η λήψη ραδιοφωνικού σήματος FM (δηλαδή σήμα διαμορφωμένο κατά συχνότητα). Σκοπός αυτής της εργασίας είναι ο αναγνώστης να κατανοήσει την διαδικασία που πραγματοποιείται ώστε να επιτευχθεί μία ραδιοφωνική τηλεπικοινωνία και να έχει μία γενική εικόνα τόσο σε θεωρητικό όσο και σε πρακτικό επίπεδο.

Στα πρώτα 6 κεφάλαια τα οποία αποτελούν θεωρητικό υπόβαθρο, παρουσιάζονται βασικές έννοιες, ορισμοί και διαδικασίες που πραγματοποιούνται κατά την μετάδοση και λήψη σημάτων αλλά και συγκεκριμένα των ραδιοφωνικών σημάτων. Συγκεκριμένα στο κεφάλαιο 1 παρουσιάζεται η έννοια του ηλεκτρικού σήματος, στο κεφάλαιο 2 η έννοια του φίλτρου και στο κεφάλαιο 3 η διαδικασία της διαμόρφωσης ενός σήματος. Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται η έννοια του ηλεκτρομαγνητικού κύματος και στο κεφάλαιο 5 οι κεραίες που τα εκπέμπουν ή τα λαμβάνουν. Τέλος στο κεφάλαιο 6 παρουσιάζονται οι βαθμίδες του υπερετερόδυνου δέκτη FM.

Στη συνέχεια υλοποιείται ο σχεδιασμός και η περιγραφή του κυκλώματος ραδιοφωνικού δέκτη FM. Ακολουθεί η κατασκευή του και οι μετρήσεις των τεχνικών χαρακτηριστικών. Τέλος διατυπώνονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την αξιολόγηση του δέκτη.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	7
------------------------	---

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ

2.2 Ορισμός του σήματος.....	9
2.3 Διάκριση των σημάτων.....	9
2.4 Ανάλυση των σημάτων.....	13

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΦΙΛΤΡΑ

3.1 Ορισμός του φίλτρου.....	14
3.2 Κατηγορίες του φίλτρου.....	14

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ

4.1 Γενικές αρχές διαμόρφωσης.....	17
4.2 Διαμόρφωση πλάτους AM.....	17
4.3 Διαμόρφωση συχνότητας FM.....	19
4.4 Διαφορές στη διαμόρφωση AM-FM.....	21

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΚΥΜΑ

5.1 Ορισμός του ηλεκτρομαγνητικού κύματος.....	23
5.2 Ισχύς και πόλωση του ηλεκτρομαγνητικού κύματος.....	23
5.3 Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα.....	24

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΚΕΡΑΙΕΣ

6.1 Ορισμός της κεραίας.....	26
6.2 Τύποι κεραιών.....	27
6.3 Χαρακτηριστικά κεραιών.....	29

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΒΑΘΜΙΔΕΣ ΡΑΔΙΟΦΩΝΙΚΟΥ ΔΕΚΤΗ FM

7.1 Λειτουργικό διάγραμμα του δέκτη FM.....	30
7.2 Συντονισμός.....	31
7.3 Ετεροδύναση	32

7.4 Ενισχυτής	33
7.5 Περιοριστής.....	34
7.6 Διευκρινιστής.....	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8	
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΡΑΔΙΟΦΩΝΙΚΟΥ ΔΕΚΤΗ FM	
Εισαγωγή.....	37
8.1 Ηλεκτρονικό σχέδιο κυκλώματος.....	38
8.2 Ανάλυση του κυκλώματος.....	40
8.3 Κατασκευή του κυκλώματος.....	45
8.3.1 Πίνακας εξαρτημάτων.....	45
8.3.2 Κατασκευή σε breadboard.....	46
8.3.3 Κατασκευή σε πλακέτα.....	47
8.3.4 Κατασκευή τροφοδοτικού.....	48
8.3.5 Κατασκευή κουτιού.....	49
8.4 Μέτρηση των τεχνικών χαρακτηριστικών του δέκτη FM.....	52
8.5 Σύγκριση με δέκτη του εμπορίου.....	56
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	59
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	60
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	70

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Οι εφευρέσεις της τηλεγραφίας και της τηλεφωνίας άνοιξαν το δρόμο για επικοινωνία χωρίς όρια, όμως απαιτούσε εγκατάσταση καλωδίου ανάμεσα στον πομπό και στον δέκτη με το κόστος να είναι υψηλό στις μεγάλες αποστάσεις.

Ο Σκότος Τζαίμς Μάξουελ (JamesMaxwell) στην “Ηλεκτρομαγνητική Θεωρία του φωτός” που ανέπτυξε μεταξύ του 1867 και του 1873, είχε προβλέψει την ύπαρξη των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων και τη δυνατότητα διάδοσής τους στον χώρο. Ο γερμανός Χάινριχ Χερτς (HeinrichHerz) υπήρξε ο πρώτος που το 1887 κατόρθωσε να παραγάγει στο εργαστήριό του ραδιοκύματα και να επιβεβαιώσει τη θεωρία του Μάξουελ. Γι’ αυτό τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα ονομάζονται και “ερτζιανά”.

Ο πομπός του Χερτς ήταν κατασκευασμένος από δυο μεταλλικές πλάκες στερεωμένες η κάθε μια σε μια μεταλλική ράβδο η οποία κατέληγε σε μια μεταλλική μπάλα. Το κάθε σύστημα ήταν συνδεδεμένο στην έξοδο ενός επαγωγικού πηνίου. Όταν στο πρωτεύον πηνίο εφαρμοζόταν συνεχής τάση, στο δευτερεύον πηνίο εμφανιζόταν μια αρκετά μεγαλύτερη τάση. Τότε περνούσε ένα σύντομο εναλλασσόμενο ρεύμα υψηλής συχνότητας με τη μορφή σπινθήρα και οι πλάκες ακτινοβολούσαν ηλεκτρομαγνητικά κύματα.

Ο ιταλός Γουλιέλμος Μαρκόνι (GuglielmoMarconi) μελέτησε τις θεωρίες του Χερτς και στα πρώτα πειράματα το 1895 πέτυχε μετάδοση σημάτων Μορς σε απόσταση ενός μιλίου (~1600m) και αποτελεί το χρονικό ορόσημο γέννησης της ασύρματης επικοινωνίας. Ο Μαρκόνι αύξησε την εμβέλεια του πομπού του Χερτς αντικαθιστώντας τη μια πλάκα με μια κατακόρυφη κεραία εναέριου καλωδίου και συνδέοντας τη δεύτερη στη γη (γείωση).

Ο αμερικανός Φρανκ Κόνραντ (FrankConrad) ήταν ο πρώτος που βγήκε στον αέρα με το ραδιόφωνο και απόκτησε φανατικό κοινό. Στο Πιτσμπουργκ των ΗΠΑ το 1920 έγινε ο πρώτος ραδιοφωνικός σταθμός KDKA που λειτουργεί ακόμα και σήμερα. Στην Ελλάδα ο πρώτος ραδιοφωνικός σταθμός εξέπεμψε στην Θεσσαλονίκη το 1926 από τον Χρίστο Τσιγγιρίδη.

Το ραδιόφωνο είναι κυρίως ένα μέσο ψυχαγωγίας. Ωστόσο έχει σημαντική συμμετοχή σε περιόδους πολέμου αλλά και σε πολιτικά, πολιτισμικά και κοινωνικά δρώμενα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

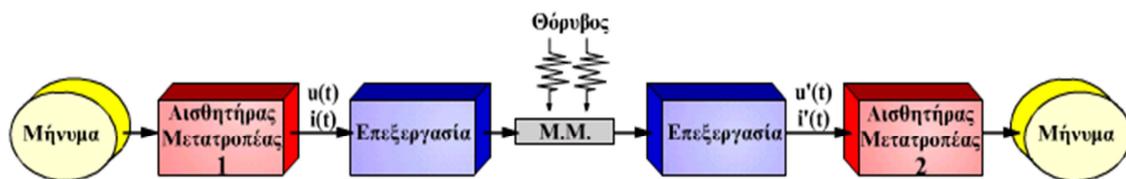
ΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ

2.1 Εισαγωγή στις τηλεπικοινωνίες

Ο όρος τηλεπικοινωνίες αναφέρεται στο σύνολο των μέσων και των απαραίτητων τεχνικών, για την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ δύο ή περισσότερων ανταποκριτών σε οποιαδήποτε απόσταση με υψηλή πιστότητα και αξιοπιστία. Οι πληροφορίες ποικίλουν στη μορφή τους. Οι βασικότερες είναι:

- Οι ακουστικές πληροφορίες, δηλαδή τα ηχητικά μηνύματα.
- Οι οπτικές πληροφορίες, δηλαδή τα οπτικά μηνύματα.
- Τα μηνύματα δεδομένων μεταξύ υπολογιστών.

Στο σχήμα 2.1.1 απεικονίζεται η βασική δομή ενός συστήματος τηλεπικοινωνίας.



Σχήμα 2.1.1 : Διαδικασία μετάδοσης του μηνύματος

Όλα τα συστήματα τηλεπικοινωνίας επεξεργάζονται ηλεκτρικές τάσεις ή ηλεκτρικά ρεύματα. Έτσι το μήνυμα (φωνή, εικόνα) πρέπει να μετατραπεί σε ηλεκτρική τάση ή σε ηλεκτρικό ρεύμα. Στο σχήμα 2.1.1 φαίνεται ότι η διαδικασία μετατροπής εκτελείται από τον «αισθητήρα μετατροπέα 1». Το ηλεκτρικό μέγεθος στην έξοδο του μετατροπέα αντιπροσωπεύει πιστά το μέγεθος της εισόδου και ονομάζεται βασικό σήμα. Το βασικό σήμα κατευθύνεται από την έξοδο του μετατροπέα στο μέσο μετάδοσης, αφού πρώτα υποστεί κατάλληλη επεξεργασία ώστε να είναι εφικτή η αποστολή του στον δεύτερο ανταποκριτή.

Το μέσο μετάδοσης είναι το μέσον με το οποίο το μήνυμα μεταβιβάζεται από τον πρώτο ανταποκριτή στον δεύτερο και ποικίλει στην μορφή του. Μπορεί να είναι ενσύρματο (δηλαδή καλώδιο), ασύρματο (δηλαδή ηλεκτρομαγνητικά κύματα) ή οπτική ίνα (δηλαδή γυάλινο καλώδιο που μεταφέρει φως). Καθώς το βασικό σήμα ταξιδεύει στο μέσο μετάδοσης προστίθεται σε αυτό θόρυβος. Θόρυβος είναι η ανεπιθύμητη ηλεκτρική ενέργεια που παρεμβάλλεται στο μεταδιδόμενο σήμα με αποτέλεσμα να αλλοιώνει την ποιότητά του και να προκαλεί την παραμόρφωσή του.

Το βασικό σήμα το οποίο λαμβάνει ο αποδέκτης από το μέσο μετάδοσης, ενδεχομένως απαιτεί νέα επεξεργασία για να έρθει στην αρχική του μορφή. Η τελευταία ενέργεια είναι να μετατραπεί το βασικό σήμα σε μήνυμα. Η διαδικασία μετατροπής εκτελείται από τον «αισθητήρα μετατροπέα 2». Ο μετατροπέας στην έξοδο του αποδίδει το αρχικό μήνυμα (φωνή, εικόνα) που εισήλθε στην είσοδο του συστήματος.

2.2 Ορισμός του σήματος

Βασικό ηλεκτρικό σήμα - το οποίο αντιπροσωπεύει το αρχικό φυσικό μέγεθος της πληροφορίας- ονομάζεται η τάση ή η ένταση του ρεύματος που μεταβάλλεται ως συνάρτηση του χρόνου και συμβολίζεται:

- $v(t)$: μεταβαλλόμενη τάση
- $i(t)$: μεταβαλλόμενο ρεύμα
- $f(t)$: γενικός συμβολισμός σήματος

Το σήμα παρουσιάζει χρονικές μεταβολές με θετικές και αρνητικές τιμές οι οποίες δείχνουν τις υπερπιέσεις ή υποπιέσεις που υφίσταται από τον πομπό. Η ακριβής εικόνα του σήματος μπορεί να απεικονιστεί στον παλμογράφο.

Βασικά χαρακτηριστικά του σήματος είναι το πλάτος και η συχνότητα. Πλάτος είναι το μέγεθος που αναδεικνύει την ένταση του σήματος και προσδιορίζει αν είναι ισχυρότερο ή ασθενέστερο από ένα άλλο σήμα. Συχνότητα είναι το μέγεθος που αναδεικνύει το ρυθμό μεταβολής του σήματος στο χρόνο και προσδιορίζει αν έχει πιο γρήγορες ή πιο αργές εναλλαγές από ένα άλλο σήμα.

2.3 Διάκριση των σημάτων

Τα σήματα ταξινομούνται με βάση:

α) Τα στοιχεία του σήματος

Τα σήματα διακρίνονται σε αιτιοκρατικά και στατιστικά.

Αιτιοκρατικά ονομάζονται τα σήματα που περιγράφονται από ορισμένο αριθμό παραμέτρων (για παράδειγμα μια εναλλασσόμενη τάση).

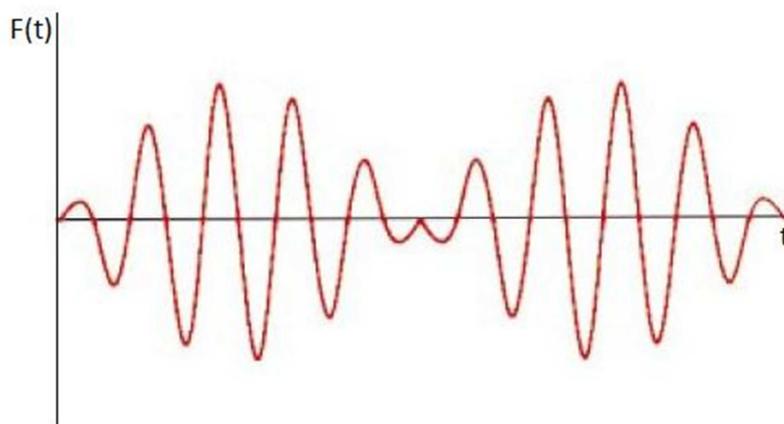
Στατιστικά ονομάζονται τα σήματα που έχουν τυχαία τιμή σε κάθε χρονική στιγμή (για παράδειγμα ο θόρυβος).

β) Μερικές βασικές μαθηματικές ιδιότητες

ι) Η συνέχεια

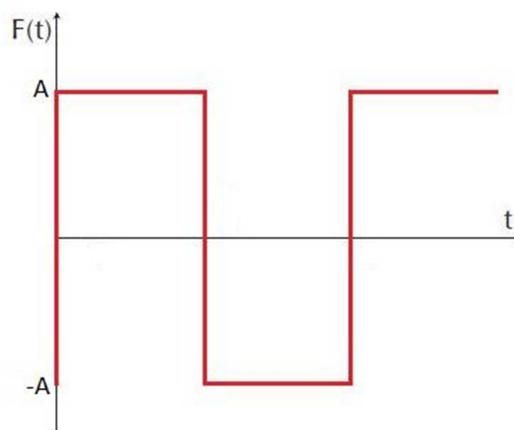
Τα σήματα διακρίνονται σε αναλογικά και ψηφιακά.

Αναλογικά ονομάζονται τα σήματα που είναι συνεχείς συναρτήσεις του χρόνου δηλαδή μια μεταβαλλόμενη τάση ή ρεύμα. Η φωνή και η εικόνα είναι αναλογικά σήματα. Το φάσμα συχνοτήτων της φωνής εκτείνεται από 0-4 KHz και οι ακουστικές συχνότητες εκτείνονται από 0-20 KHz. Το φάσμα συχνοτήτων της εικόνας είναι 0-5 MHz. Στο σχήμα 2.3.1 φαίνεται το αναλογικό σήμα.



Σχήμα 2.3.1 : Αναλογικό σήμα

Ψηφιακά ονομάζονται τα σήματα που έχουν διακριτές τιμές στο πεδίο του χρόνου. Στο σχήμα 2.3.2 φαίνεται το ψηφιακό σήμα.

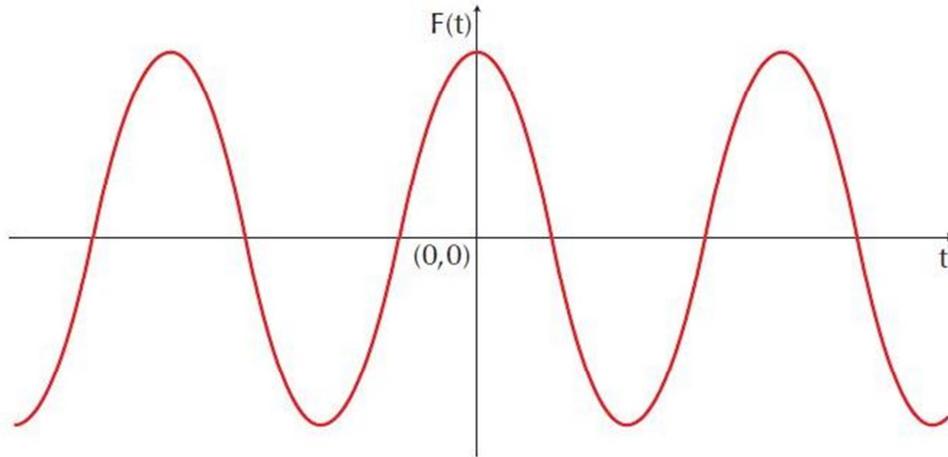


Σχήμα 2.3.2 : Ψηφιακό σήμα

ii) Η συμμετρία

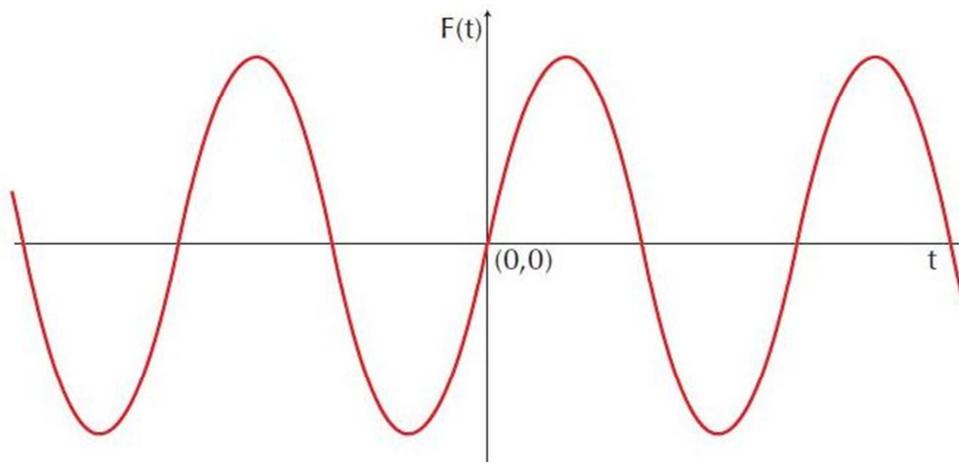
Τα σήματα διακρίνονται σε άρτια και περιττά.

Άρτια ονομάζονται τα σήματα για τα οποία ισχύει η σχέση:
 $f(t) = f(-t)$ για κάθε t .



Σχήμα 2.3.3 : Άρτιο σήμα

Περιττά ονομάζονται τα σήματα για τα οποία ισχύει η σχέση:
 $f(t) = -f(-t)$ για κάθε t .



Σχήμα 2.3.4 : Περιττό σήμα

iii) Η περιοδικότητα

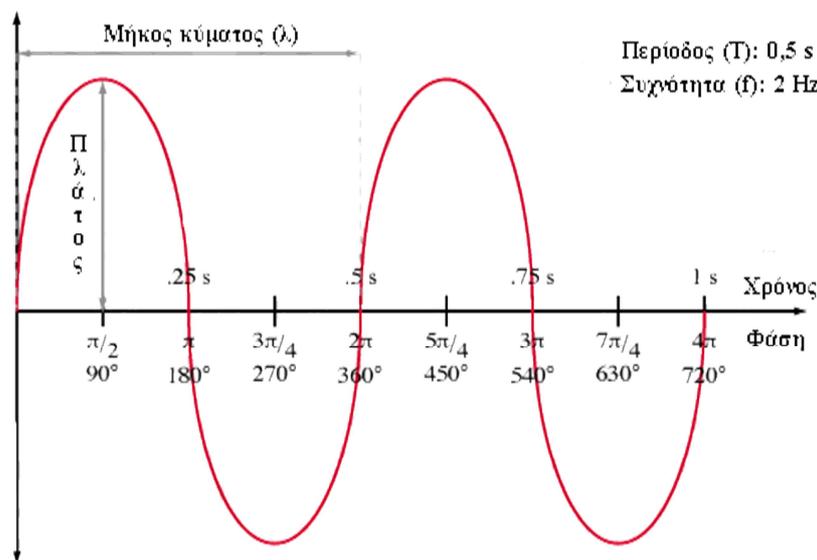
Τα σήματα διακρίνονται σε περιοδικά και μη περιοδικά.

Περιοδικά ονομάζονται τα σήματα που επαναλαμβάνονται στο χρόνο, δηλαδή παίρνουν μετά από συγκεκριμένο χρόνο τις ίδιες τιμές. Ισχύει η σχέση: $f(t) = f(t + nT)$ για κάθε t , όπου n ακέραιος.

Αυτός ο συγκεκριμένος χρόνος ονομάζεται περίοδος T . Συμβολίζεται με T και μετριέται σε sec. Το αντίστροφο της περιόδου ονομάζεται συχνότητα $F = 1/T$. Συμβολίζεται με F και μετριέται σε Hz. Η συχνότητα εκφράζει το ρυθμό επανάληψης του σήματος στη μονάδα του χρόνου που είναι το sec.

Το πιο απλό περιοδικό σήμα είναι το ημιτονικό σήμα. Ονομάζεται έτσι, διότι οι τιμές που παίρνει σε μια περίοδο T αντιστοιχούν στις τιμές του ημιτόνου της γωνίας που σχηματίζεται στον τριγωνομετρικό κύκλο. Είναι το βασικότερο σήμα στις τηλεπικοινωνίες και χρησιμοποιείται ως σήμα αναφοράς για να περιγραφούν τα άλλα σήματα. Αυτό συμβαίνει διότι το ημιτονικό σήμα όταν διεγείρει ένα κύκλωμα, τότε παντού στο κύκλωμα αποκαθίσταται ημιτονικό σήμα διατηρώντας τη μορφή και τη συχνότητά του. Το μόνο που αλλάζει είναι το πλάτος του και η φάση του. Ισχύει η σχέση:

$$f(t) = A_0 \sin(\omega t + \phi_0)$$



Σχήμα 2.3.5 : Περιοδικό σήμα

Μη περιοδικά ονομάζονται τα τυχαία σήματα που δεν παρουσιάζουν επαναληπτικότητα. Τα περισσότερα ηλεκτρικά σήματα στη φύση είναι μη περιοδικά, όπως για παράδειγμα η ομιλία.

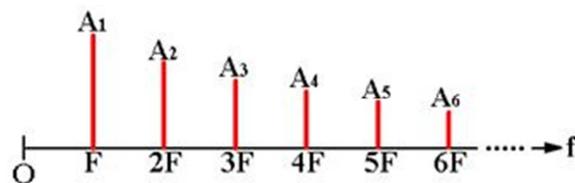
2.4 Ανάλυση των σημάτων

Ο υπολογισμός της απόκρισης ενός συστήματος είναι εύκολος όταν το σήμα είναι ημιτονικό, δύσκολος όμως όταν το σήμα είναι τυχαίο. Αναζητήθηκε λοιπόν μια μέθοδος, ώστε να αναλύεται ένα τυχαίο σήμα σε ένα σύνολο από ημιτονικά σήματα προκειμένου να υπολογίζεται η απόκριση του συστήματος. Η μέθοδος αυτή οδηγεί στην έννοια του φάσματος.

Φάσμα ενός σήματος ονομάζεται το σύνολο των συχνοτήτων των ημιτονικών σημάτων με συγκεκριμένα πλάτη που πρέπει να προστεθούν, ώστε να δώσουν ως αποτέλεσμα το αρχικό σήμα.

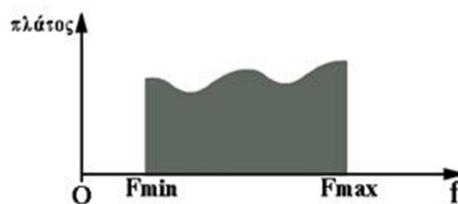
Ένα τυχαίο περιοδικό σήμα με περίοδο T ισούται με το άθροισμα των ημιτονικών σημάτων που οι συχνότητές τους είναι πολλαπλάσιες της F . Οι συχνότητες αυτές λέγονται αρμονικές και το φάσμα λέγεται διακριτό (σχήμα 2.4.1). Ισχύει η σχέση:

$$f(t) = A_1 \sin(\omega t + \varphi_1) + A_2 \sin(2\omega t + \varphi_2) + A_3 \sin(3\omega t + \varphi_3) + \dots$$



Σχήμα 2.4.1 : Διακριτό φάσμα περιοδικού σήματος

Ένα τυχαίο μη περιοδικό σήμα ισούται με το άθροισμα άπειρων ημιτονικών σημάτων που οι συχνότητές τους περιορίζονται μεταξύ δύο ακραίων συχνοτήτων F_{\min} και F_{\max} και τα πλάτη είναι τυχαία. Το φάσμα λέγεται συνεχές (σχήμα 2.4.2).



Σχήμα 2.4.2 : Συνεχές φάσμα τυχαίου σήματος

Η φασματική εικόνα του σήματος μπορεί να απεικονιστεί στον αναλυτή φάσματος. Η χρονική εικόνα του σήματος μπορεί να απεικονιστεί στον παλμογράφο. Ένα σήμα το γνωρίζουμε πλήρως όταν ξέρουμε και τη χρονική και τη φασματική του συμπεριφορά. Η μέθοδος που περιγράφηκε για την ανάλυση των σημάτων ονομάζεται ανάλυση Fourier. Για τα περιοδικά σήματα χρησιμοποιούνται οι σειρές Fourier και για τα τυχαία σήματα ο μετασχηματισμός Fourier.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΦΙΛΤΡΑ

3.1 Ορισμός του φίλτρου

Το σήμα στην έξοδο ενός συστήματος έχει φασματική ζώνη από F_{\min} ως F_{\max} . Από το φάσμα προκύπτει το εύρος ζώνης λειτουργίας (Bandwidth). Ορίζεται ως η ζώνη συχνοτήτων του σήματος η οποία παραμένει αναλλοίωτη μετά τη διέλευση του σήματος στο σύστημα. Υπάρχουν περιπτώσεις που είναι θεμιτή η επεξεργασία σ' ένα σήμα, για παράδειγμα να αλλοιωθεί ή να αλλάξει η φασματική ζώνη του, να γίνει αποχωρισμός του σήματος από το θόρυβο. Ο στόχος αυτός επιτυγχάνεται με το φίλτρο.

Φίλτρο ονομάζεται η ηλεκτρονική διάταξη που επιτρέπει την διέλευση ή την αποκοπή σε ένα φάσμα συχνοτήτων. Ένα φίλτρο χαρακτηρίζεται από την συνάρτηση μεταφοράς H και από την συχνότητα αποκοπής f_c .

Συνάρτηση μεταφοράς H ονομάζεται ο λόγος της τάσης εξόδου προς την τάση εισόδου και εκφράζει την ενίσχυση που δίνει το φίλτρο. Η καμπύλη που απεικονίζει την ενίσχυση συναρτήσει της συχνότητας, ονομάζεται καμπύλη απόκρισης του φίλτρου. Ισχύει η σχέση:

$$H = V_o/V_i$$

Συχνότητα αποκοπής f_c ονομάζεται η συχνότητα που βρίσκεται στα όρια της διέλευσης και της αποκοπής, το σημείο δηλαδή που η στάθμη του σήματος εξόδου είναι μειωμένο κατά 3 dB.

Τα φίλτρα διακρίνονται σε παθητικά και ενεργά.

Τα παθητικά φίλτρα αποτελούνται από παθητικά στοιχεία (αντιστάσεις, πυκνωτές και πηνία). Απαιτούν μεγάλες επαγωγικές αντιστάσεις και ογκώδη πηνία που δημιουργούν ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές. Είναι μη γραμμικά και εξασθενούν το σήμα. Γι' αυτό η χρήση τους περιορίζεται στις υψηλές συχνότητες που μειονεκτούν τα ενεργά φίλτρα.

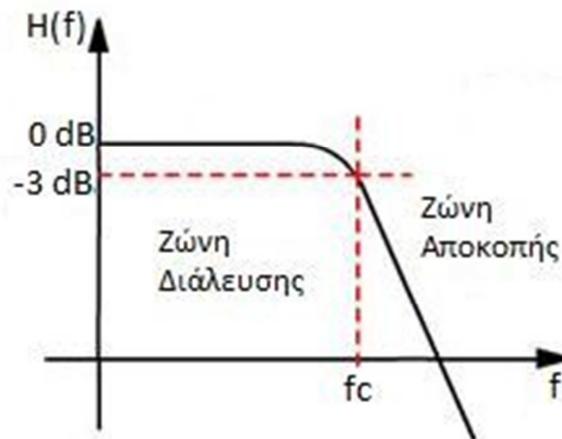
Τα ενεργά φίλτρα αποτελούνται από ενεργά στοιχεία (τρανζίστορ, τελεστικούς ενισχυτές) συνδυασμένα με παθητικά στοιχεία. Είναι απαλλαγμένα από τα μειονεκτήματα των παθητικών φίλτρων, αποδοτικά και φθηνά. Γι' αυτό χρησιμοποιούνται ευρέως, ειδικά στις χαμηλές συχνότητες.

3.2 Κατηγορίες του φίλτρου

Ανάλογα με το φάσμα συχνοτήτων στο οποίο επιτρέπουν την διέλευση ή την αποκοπή, τα ενεργά φίλτρα διακρίνονται:

α) Φίλτρο Χαμηλών Συχνοτήτων (Low Pass Filter)

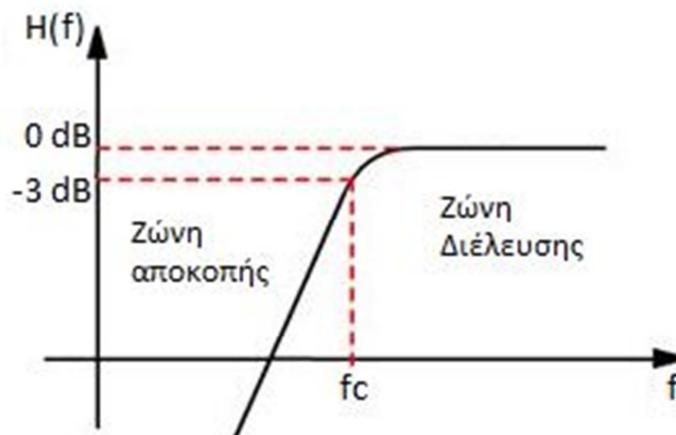
Το φίλτρο αυτό επιτρέπει τη διέλευση σημάτων χαμηλών συχνοτήτων, και αποκόπτει τα σήματα υψηλών συχνοτήτων. Στο σχήμα 3.2.1 φαίνεται η λειτουργία του.



Σχήμα 3.2.1 : Απόκριση φίλτρου χαμηλών συχνοτήτων

β) Φίλτρο Υψηλών Συχνοτήτων (High Pass Filter)

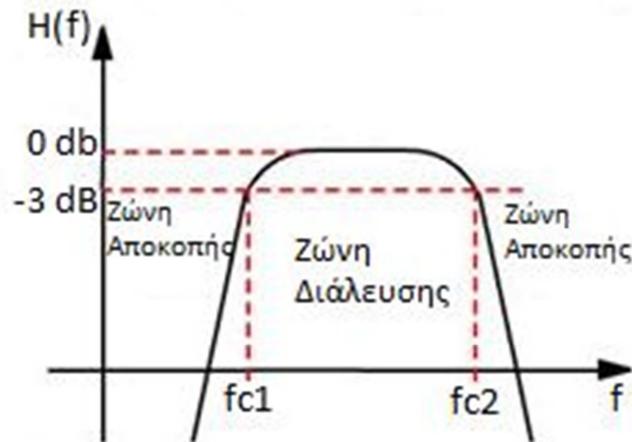
Το φίλτρο αυτό επιτρέπει τη διέλευση σημάτων υψηλών συχνοτήτων, και αποκόπτει τα σήματα χαμηλών συχνοτήτων. Στο σχήμα 3.2.2 φαίνεται η λειτουργία του.



Σχήμα 3.2.2 : Απόκριση φίλτρου υψηλών συχνοτήτων

γ) Φίλτρο Ζώνης Διέλευσης (Band Pass Filter)

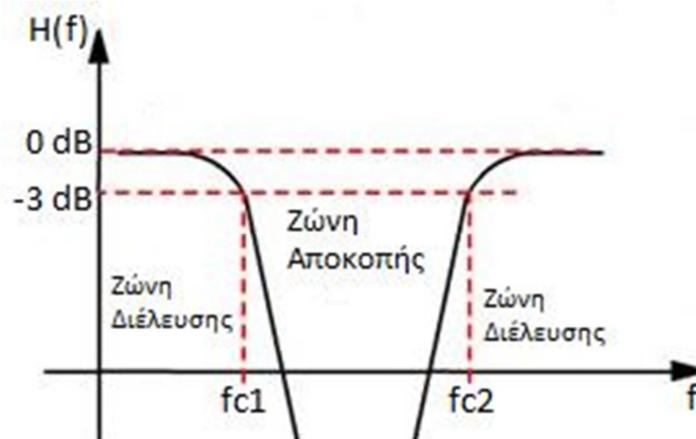
Το φίλτρο αυτό επιτρέπει τη διέλευση σημάτων μεσαίου τμήματος του φάσματος, και αποκόπτει τα σήματα των υπόλοιπων συχνοτήτων. Στο σχήμα 3.2.3 φαίνεται η λειτουργία του.



Σχήμα 3.2.3 : Απόκριση φίλτρου ζώνης διέλευσης

δ) Φίλτρο Ζώνης Αποκοπής (Band Rejection Filter)

Το φίλτρο αυτό αποκόπτει τα σήματα μεσαίου τμήματος του φάσματος, και επιτρέπει τη διέλευση σημάτων των υπόλοιπων συχνοτήτων. Στο σχήμα 3.2.4 φαίνεται η λειτουργία του.



Σχήμα 3.2.4 : Απόκριση φίλτρου ζώνης αποκοπής

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ

4.1 Γενικές αρχές διαμόρφωσης

Για να εκπεμφθεί ένα ηλεκτρικό σήμα σε μια ασύρματη ζεύξη όπως η ραδιοφωνία, πρέπει να ενισχυθεί και να μετατραπεί σε ηλεκτρομαγνητικό κύμα το οποίο θα μεταδοθεί στον ελεύθερο χώρο με την ταχύτητα του φωτός. Όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα f ενός σήματος τόσο ευκολότερα ακτινοβολείται στο χώρο. Επίσης το μήκος της κεραίας που ακτινοβολεί το σήμα πρέπει να είναι ανάλογο προς το μήκος κύματος του σήματος. Αυτό σημαίνει ότι αν μετατραπεί το σήμα χαμηλών συχνοτήτων (πληροφορία) απ' ευθείας σε ηλεκτρομαγνητικό κύμα, χρειάζονται κεραίες πάρα πολύ μεγάλες που η κατασκευή τους είναι αδύνατη. Επομένως είναι απαραίτητο να μετατεθεί το σήμα χαμηλών συχνοτήτων σε κατάλληλο φάσμα συχνοτήτων.

Είναι αναγκαίο λοιπόν να χρησιμοποιηθεί ένα σήμα υψηλών συχνοτήτων (ραδιοσυχνότητα RF) στο οποίο θα επιπροστεθεί το σήμα χαμηλών συχνοτήτων, ώστε να επιτευχθεί η μετάθεση του φάσματος. Η διαδικασία της υπέρθεσης της πληροφορίας πάνω στην ραδιοσυχνότητα RF λέγεται διαμόρφωση (modulation).

Διαμόρφωση ονομάζεται η δημιουργία ενός σήματος RF, μερικά χαρακτηριστικά του οποίου μεταβάλλονται σε συμφωνία με το σήμα της πληροφορίας.

Το σήμα υψηλής συχνότητας λέγεται φέρον σήμα (carrier), το σήμα χαμηλής συχνότητας λέγεται διαμορφωτικό σήμα (modulation signal) και το σήμα που προκύπτει από την διαμόρφωση λέγεται διαμορφωμένο σήμα (modulated signal).

Ανάλογα με τη μορφή που έχει το σήμα διαμόρφωσης και το φέρον σήμα οι διαμορφώσεις διακρίνονται:

Αναλογικές διαμορφώσεις όταν το σήμα διαμόρφωσης είναι αναλογικό και το φέρον σήμα είναι ημιτονικό.

Παλμικές διαμορφώσεις όταν το σήμα διαμόρφωσης είναι αναλογικό και το φέρον σήμα είναι παλμικό.

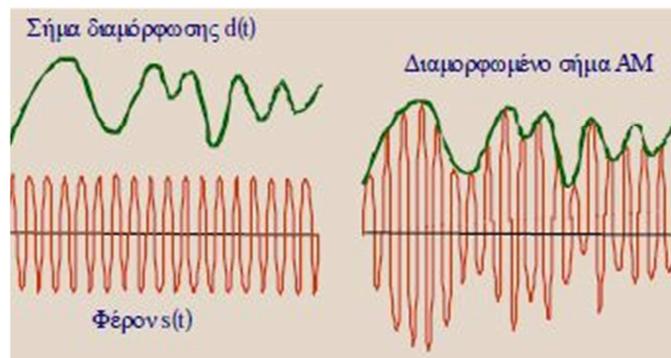
Ψηφιακές διαμορφώσεις όταν το σήμα διαμόρφωσης είναι ψηφιακό.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι δυο βασικές μέθοδοι αναλογικών διαμορφώσεων πλάτους και συχνότητας οι οποίες χρησιμοποιούνται στη ραδιοφωνία.

4.2 Διαμόρφωση πλάτους AM

Έστω ως φέρον σήμα $s(t) = A\sin(\omega t + \phi)$ και σήμα πληροφορίας $d(t)$. Η διαδικασία κατά την οποία το πλάτος A του φέροντος σήματος $s(t)$ μεταβάλλεται

γραμμικά με το σήμα πληροφορίας $d(t)$ γύρω από μια μέση τιμή, ονομάζεται διαμόρφωση πλάτους AM (amplitude modulation). Η διαδικασία αυτή φαίνεται στο σχήμα 4.2.1, όπου το σήμα πληροφορίας χαμηλής συχνότητας διαμορφώνει το πλάτος του φέροντος σήματος υψηλής συχνότητας. Το αποτέλεσμα είναι ένα διαμορφωμένο σήμα AM, όπου η συχνότητά του παραμένει σταθερή αλλά το πλάτος του μεταβάλλεται απεικονίζοντας την πληροφορία.



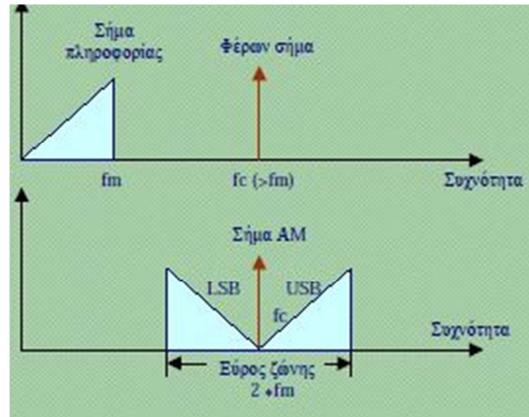
Σχήμα 4.2.1 : Διαμόρφωση σημάτων κατά πλάτος (AM)

Ένα διαμορφωμένο σήμα AM χαρακτηρίζεται από τον συντελεστή διαμόρφωσης μ που ορίζεται ως ο λόγος:

$$\mu = \frac{(A_{max} - A_{min})}{(A_{max} + A_{min})}$$

όπου A_{max} και A_{min} είναι το μεγαλύτερο και το μικρότερο αντίστοιχα πλάτος του διαμορφωμένου σήματος. Ο συντελεστής μ εκφράζεται σαν καθαρός αριθμός ή σαν ποσοστό (%) και στη ραδιοφωνία είναι συνήθως μικρότερος της μονάδας.

Στο σχήμα 4.2.1 παρουσιάζεται το διαμορφωμένο σήμα AM στο πεδίο του χρόνου. Στο πεδίο της συχνότητας το σήμα AM αποτελείται από την κεντρική συχνότητα του φέροντος και τις συχνότητες του σήματος πληροφορίας μετατοπισμένες σε δυο πλευρικές περιοχές συχνοτήτων γύρω από την κεντρική συχνότητα του φορέα. Οι περιοχές αυτές ονομάζονται πάνω πλευρική ζώνη (Upper Side Band – USB) και κάτω πλευρική ζώνη (Lower Side Band – LSB). Το φάσμα συχνοτήτων ενός σήματος AM φαίνεται στο σχήμα 4.2.2.



Σχήμα 4.2.2 : Φασματικό περιεχόμενο ενός σήματος AM

Το εύρος ζώνης BW (Bandwidth) ενός σήματος AM είναι ευθέως ανάλογο της μέγιστης συχνότητας f_{\max} του σήματος πληροφορίας $d(t)$ και δίνεται από τη σχέση:

$$BW = 2 * f_{\max}$$

Εκτός από την βασική μορφή διαμόρφωσης AM, χρησιμοποιούνται δυο διαδικασίες με στόχο την μείωση ισχύος εκπομπής ενός σήματος AM. Αυτές είναι:

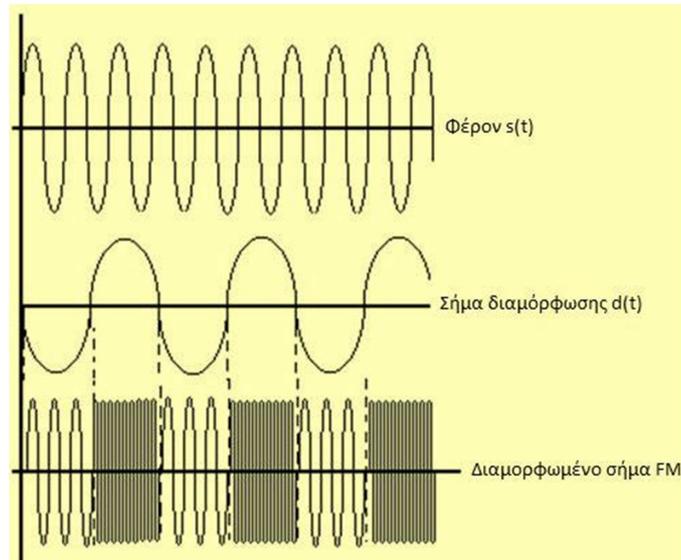
Μετάδοση της διπλή πλευρικής ζώνης (Double Side Band – DSB). Με την τεχνική αυτή μεταδίδεται το διαμορφωμένο σήμα χωρίς την κεντρική συχνότητα του φέροντος σήματος.

Μετάδοση της μίας πλευρικής ζώνης (Single Side Band – SSB). Με την τεχνική αυτή μεταδίδεται η μία από τις δυο πλευρικές ζώνες συχνοτήτων χωρίς τη συχνότητα του φέροντος σήματος. Έτσι υπάρχει δραστική μείωση ενέργειας και εύρους ζώνης.

4.3 Διαμόρφωση συχνότητας FM

Έστω ως φέρον σήμα $s(t) = A \sin(\omega t + \phi)$ και σήμα πληροφορίας $d(t)$. Η διαδικασία κατά την οποία η κυκλική συχνότητα ω του φέροντος σήματος $s(t)$ μεταβάλλεται γραμμικά με το πλάτος του σήματος πληροφορίας $d(t)$ γύρω από μια μέση τιμή, ονομάζεται διαμόρφωση συχνότητας FM (frequency modulation). Η διαδικασία αυτή φαίνεται στο σχήμα 4.3.1, όπου το πλάτος του σήματος πληροφορίας χαμηλής συχνότητας διαμορφώνει τη συχνότητα του φέροντος σήματος υψηλής συχνότητας. Το αποτέλεσμα είναι ένα διαμορφωμένο σήμα FM, όπου το πλάτος του παραμένει σταθερό αλλά η συχνότητα του μεταβάλλεται απεικονίζοντας την πληροφορία. Όταν το πλάτος του σήματος διαμόρφωσης αυξάνει και γίνεται μέγιστο, τότε η συχνότητα του φέροντος αυξάνει και γίνεται μέγιστη προκαλώντας πύκνωμα στην κυματομορφή. Όταν το πλάτος του σήματος διαμόρφωσης ελαττώνεται προς το αρνητικό μέγιστο, τότε η συχνότητα του

φέροντος μεταβάλλεται προς την αντίθετη φορά προκαλώντας αραίωμα στην κυματομορφή.



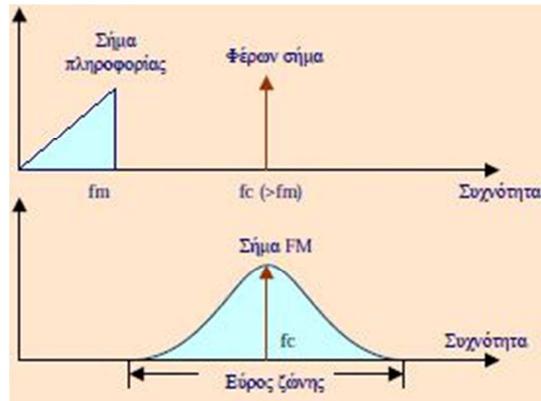
Σχήμα 4.3.1 : Διαμόρφωση σημάτων κατά συχνότητα (FM)

Ένα διαμορφωμένο σήμα FM χαρακτηρίζεται από τον δείκτη διαμόρφωσης β (modulation index) που ορίζεται ως ο λόγος:

$$\beta = \frac{\Delta f_s}{f_m}$$

όπου Δf_s είναι η απόκλιση συχνότητας (frequency deviation) του σήματος FM και ορίζεται ως η μέγιστη μεταβολή συχνότητας του φέροντος λόγω της διαμόρφωσης. Η μέγιστη επιτρεπτή απόκλιση συχνότητας για την ραδιοφωνία FM έχει καθοριστεί στα 75 KHz. Επίσης f_m είναι η μέγιστη συχνότητα του σήματος πληροφορίας $d(t)$.

Στο σχήμα 4.3.1 παρουσιάζεται το διαμορφωμένο σήμα FM στο πεδίο του χρόνου. Στο πεδίο της συχνότητας το σήμα FM αποτελείται από ένα πλήθος αρμονικών συχνοτήτων που βρίσκονται γύρω από την κεντρική συχνότητα του φέροντος. Το πλάτος των αρμονικών συχνοτήτων μειώνεται συνεχώς όσο η τιμή τους απομακρύνεται από την κεντρική συχνότητα, για να γίνει αμελητέα σε συχνοότητες που απέχουν πολύ από αυτή. Το φάσμα συχνοτήτων ενός σήματος FM φαίνεται στο σχήμα 4.3.2.



Σχήμα 4.3.2 : Φασματικό περιεχόμενο ενός σήματος FM

Το εύρος ζώνης BW (Bandwidth) ενός σήματος FM ορίζεται ως η περιοχή συχνοτήτων στην οποία συγκεντρώνεται το 95% της ολικής ενέργειας του σήματος και δίνεται από την σχέση:

$$BW = 2 * (\Delta f_s + f_m)$$

4.4 Διαφορές στη διαμόρφωση AM-FM

Από την ανάλυση της διαδικασίας με την οποία προκύπτει ένα σήμα AM είναι κατανοητό ότι μεταβάλλεται το πλάτος του, ενώ σε ένα σήμα FM μεταβάλλεται η συχνότητά του. Το γεγονός αυτό επιφέρει κάποια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

Η ισχύς εκπομπής στην διαμόρφωση AM μεταβάλλεται ανάλογα με τον συντελεστή διαμόρφωσης μ και το πλάτος του σήματος διαμόρφωσης. Η ισχύς εκπομπής στην διαμόρφωση FM είναι σταθερή και κάνει εύκολη την κατασκευή του πομπού.

Στην διαμόρφωση AM η ισχύς της φέρουσας που δεν συμβάλλει στη μετάδοση της πληροφορίας είναι πολύ μεγαλύτερη από την ισχύ των πλευρικών ζωνών. Στην διαμόρφωση FM η ισχύς αξιοποιείται καλύτερα διότι κατανέμεται σε όλο το φάσμα και η ισχύς της φέρουσας είναι ένα μέρος αυτής.

Τα κυκλώματα στην διαμόρφωση AM είναι γραμμικά και δυσκολεύουν την ενίσχυση του σήματος χωρίς παραμόρφωση που αλλοιώνει την πληροφορία. Στην FM τα κυκλώματα είναι μη γραμμικά διότι η παραμόρφωση δεν επηρεάζει την πληροφορία, οπότε χρησιμοποιούνται ενισχυτές C που έχουν μεγάλη απόδοση.

Ως προς την παραμόρφωση φάσης είναι ευάλωτες και οι δυο διαμορφώσεις AM-FM. Η FM επηρεάζεται σε όλες τις συχνότητες. Η AM επηρεάζεται στις υψηλές συχνότητες αλλά δεν επηρεάζεται στις χαμηλές συχνότητες.

Στην διαμόρφωση FM το εύρος ζώνης είναι μεγάλο που σημαίνει μικρός αριθμός καναλιών για την ίδια περιοχή συχνοτήτων, όμως στην ραδιοφωνία FM αντιμετωπίζεται

από το γεγονός της μικρής εμβέλειας των ραδιοφωνικών σημάτων. Λόγω του μεγάλου εύρους η διαμόρφωση FM έχει σημαντικό πλεονέκτημα ως προς την ανοχή στον θόρυβο. Η διαμόρφωση AM παρουσιάζει 74% περισσότερο θόρυβο από την FM.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

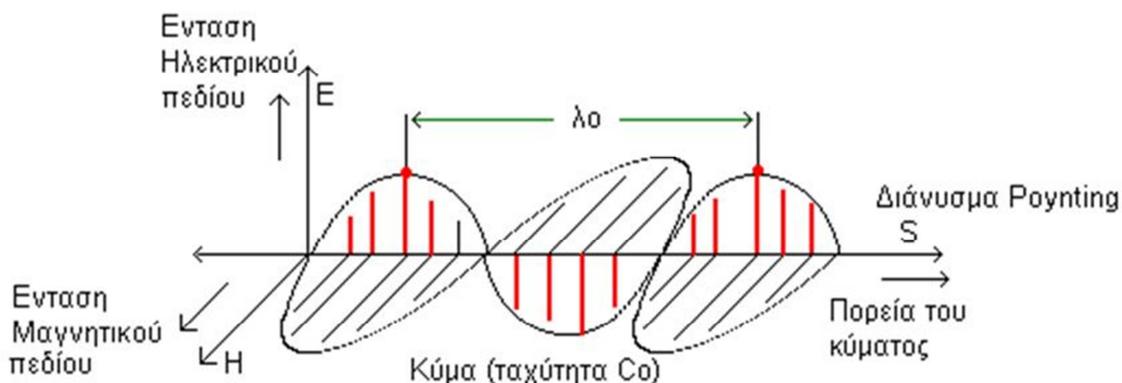
ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΚΥΜΑ

5.1 Ορισμός του ηλεκτρομαγνητικού κύματος

Για την εκπομπή και λήψη σημάτων σε ασύρματες ζεύξεις όπως την ραδιοφωνία, χρησιμοποιούνται ηλεκτρομαγνητικά κύματα.

Ηλεκτρομαγνητικό κύμα ονομάζεται μια μορφή ενέργειας συνδυασμένου ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου.

Τα διανύσματα των εντάσεων του ηλεκτρικού πεδίου E και του μαγνητικού πεδίου H είναι κάθετα μεταξύ τους και κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος. Στο σχήμα 5.1.1 φαίνεται το ηλεκτρομαγνητικό κύμα με τα πεδία να εμφανίζονται ως ημιτονικά σήματα.



Σχήμα 5.1.1 : Ηλεκτρομαγνητικό κύμα στον ελεύθερο χώρο

Το ηλεκτρομαγνητικό κύμα χαρακτηρίζεται από το μήκος κύματος λ . Μήκος κύματος λ είναι η απόσταση που διανύει το κύμα στο χρονικό διάστημα μιας περιόδου T του ηλεκτρικού σήματος που προήλθε. Ισχύει η σχέση:

$$\lambda = c \cdot T \Rightarrow \lambda = c/f$$

Η ταχύτητα διάδοσης του ηλεκτρομαγνητικού κύματος στον ελεύθερο χώρο είναι η ταχύτητα διάδοσης του φωτός:

$$c = 300.000 \text{ km/sec}$$

5.2 Ισχύς και πόλωση του ηλεκτρομαγνητικού κύματος

Το επίπεδο του ηλεκτρικού πεδίου ορίζει την κατεύθυνση του ηλεκτρομαγνητικού κύματος, η οποία ονομάζεται πόλωση του κύματος. Η πόλωση του κύματος σχετίζεται με τον προσανατολισμό της κεραίας που το ακτινοβολεί. Αν το ηλεκτρικό πεδίο είναι κάθετο προς τη γη, το κύμα είναι κατακόρυφα πολωμένο. Αν το ηλεκτρικό πεδίο είναι παράλληλο προς τη γη, το κύμα είναι οριζόντια πολωμένο.

Για διάδοση ενός κύματος στον ελεύθερο χώρο, οι τιμές του ηλεκτρικού πεδίου E και του μαγνητικού πεδίου H συνδέονται με τη σχέση:

$$E/H = 120\pi = 377\Omega$$

και μετριέται σε $(V/m) / (A/m) = \Omega$ και δηλώνει την ισοδύναμη αντίσταση του ελεύθερου χώρου.

Σε κάποια απόσταση από την πηγή δημιουργίας του ηλεκτρομαγνητικού κύματος (π.χ. την κεραία εκπομπής), η ηλεκτρομαγνητική ισχύς ανά μονάδα επιφάνειας που ονομάζεται πυκνότητα ισχύος δίνεται από τη σχέση:

$$p = E \cdot H$$

και μετριέται σε $(V/m) \cdot (A/m) = \text{Watt}/m^2$ (Θεώρημα του Poynting)

5.3 Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαφέρουν ως προς την συχνότητά τους, το μήκος κύματός τους και την κατευθυντικότητά τους. Στις ασύρματες ζεύξεις ακτινοβολούνται ηλεκτρομαγνητικά κύματα σε διάφορες περιοχές συχνοτήτων που εξαρτώνται από το είδος της ζεύξης. Κάθε περιοχή συχνοτήτων προσφέρεται για συγκεκριμένη χρήση. Το σύνολο των συχνοτήτων ονομάζεται ηλεκτρομαγνητικό φάσμα. Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα εκτείνεται από μηδενικές συχνότητες ως το άπειρο. Προκειμένου να τυποποιηθούν οι διάφορες περιοχές συχνοτήτων και να μελετούνται από τους επιστήμονες, οι διεθνείς οργανισμοί όρισαν ονοματολογία και χρήση της κάθε περιοχής συχνοτήτων. Στον πίνακα 5.3.1 παρουσιάζεται το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα που αφορά τις ραδιοεπικοινωνίες.

Οι περιοχές VLF, LF, MF, HF χρησιμοποιούνται για συχνότητες φωνής, ραδιοφωνία και στρατιωτικές εφαρμογές. Η περιοχή VHF χρησιμοποιείται για ραδιόφωνο και τηλεόραση. Η περιοχή UHF χρησιμοποιείται για τηλεόραση, κινητή τηλεφωνία και ραντάρ. Η περιοχή SHF, EHF χρησιμοποιούνται για δορυφορική επικοινωνία.

Η περιοχή VHF είναι χωρισμένη σε 3 περιοχές VHF I, VHF II, VHF III. Η πρώτη και η τρίτη περιοχή έχουν παραχωρηθεί στην τηλεόραση και τα κανάλια 1-4 και 5-12. Η μεσαία περιοχή εκτείνεται από 87.7MHz ως 108MHz και έχει παραχωρηθεί στο ραδιόφωνο. Οι ραδιοφωνικοί σταθμοί στην μπάντα VHF II εκπέμπουν με διαμόρφωση FM.

Ονομασία	Σύμβολο	Συχνότητες (f)	Μήκη Κύματος (λ)	Ονομασία Κυμάτων	Χαρακτηρισμός
Πολύ Χαμηλές Συχνότητες (Very Low F.)	VLF	0-30 kHz	>10 Km	Μυριομετρικά	
Χαμηλές Συχν. (Low Freq.)	LF	30-300 kHz	10-1 Km	Χιλιόμετρικά	Μακρά (L)
Μεσαίες Συχν. (Medium Freq.)	MF	0,3-3 MHz	1000-100 m	Εκατομετρικά	Μεσαία (M)
Υψηλές Συχν. (High Freq.)	HF	3-30 MHz	100-10 m	Δεκαμετρικά	Βραχεία (K ή S)
Πολύ Υψηλές Συχν. (Very High Freq.)	VHF	30-300 MHz	10-1 m	Μετρικά	Υπερβραχεία (U)
Εξαιρετικά Υψηλές Συχν. (Ultra High Freq.)	UHF	0,3-3 GHz	1-0,1 m	Δεκατομετρικά	
Υπερυψηλές Συχν. (Super High Freq.)	SHF	3-30 GHz	10-0,1 cm	Εκατοστομετρικά	
Υπερ-Υπερυψηλές Συχν. (Extremely High Freq.)	EHF	30-300 GHz	10-1 mm	Χιλιοστομετρικά	

Πίνακας 5.3.1 : Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα στις ραδιοεπικοινωνίες

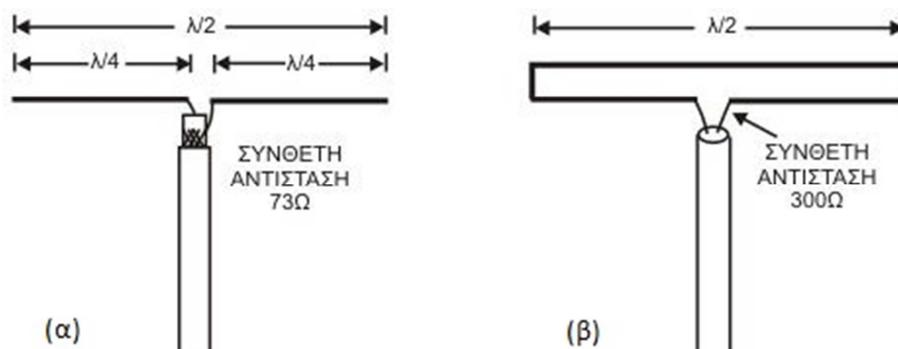
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΚΕΡΑΙΕΣ

6.1 Ορισμός της κεραίας

Η κεραία είναι μια διάταξη που λαμβάνει ή εκπέμπει ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Είναι ένας μετατροπέας που μετατρέπει το ηλεκτρικό σήμα σε ηλεκτρομαγνητικό κύμα (κεραία εκπομπής) ή το ηλεκτρομαγνητικό κύμα σε ηλεκτρικό σήμα (κεραία λήψεως). Υπάρχει μεγάλη ποικιλία κεραιών σε χρήση όσο αφορά τη μορφή, το μέγεθος και το σχήμα τους. Μπορεί να είναι κυλινδρική, επίπεδη, ογκώδης αποτελώντας συστοιχία από επιμέρους κεραίες ή διακριτική όσο ένα κομμάτι καλωδίου. Αν και φαινομενικά είναι από τα πιο απλά μέρη του πομπού ή του δέκτη, στην πράξη είναι το σημαντικότερο στοιχείο για την επίτευξη μιας σωστής ασύρματης ζεύξης.

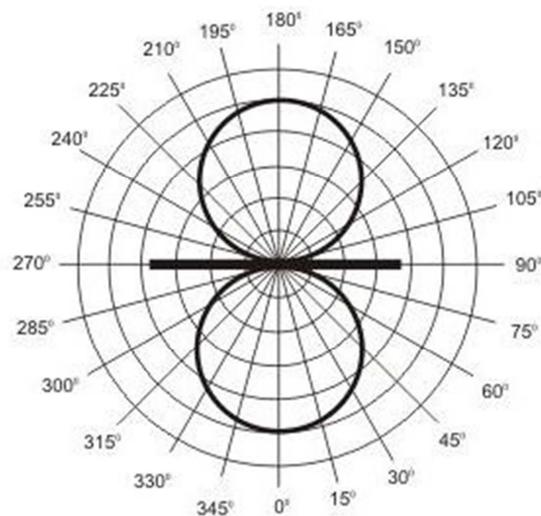
Το δίπολο $\lambda/2$ είναι η απλούστερη μορφή κεραίας και όπως φαίνεται από το σχήμα 6.1.1 αποτελείται από δύο κλάδους σύρματος, ράβδου ή σωλήνα που ο καθένας έχει μήκος $\lambda/4$ (όπου λ είναι το μήκος κύματος). Στο απλό δίπολο $\lambda/2$ η σύνθετη αντίσταση στο κέντρο είναι περίπου 73Ω . Η κεραία αυτή συντονίζεται και δέχεται μια στενή περιοχή συχνοτήτων με μεγάλη απόκριση.



Σχήμα 6.1.1 : Δίπολο $\lambda/2$ (α) και αναδιπλωμένο δίπολο (β)

Μια δημοφιλής παραλλαγή του δίπολου $\lambda/2$ είναι το αναδιπλωμένο δίπολο και όπως φαίνεται από το σχήμα 6.1.1 αποτελείται από δύο παράλληλους κλάδους συνδεδεμένους στα άκρα με μια πλευρά ανοικτή και έχει μήκος $\lambda/2$. Στο αναδιπλωμένο δίπολο η σύνθετη αντίσταση στο κέντρο είναι 300Ω . Η κεραία αυτή παρουσιάζει μεγαλύτερη απόκριση συχνότητας από το απλό δίπολο.

Η κεραία δίπολο $\lambda/2$ τις περισσότερες φορές τοποθετείται οριζόντια ως προς την γη, συνεπώς θα είναι οριζόντια πολωμένη. Το οριζόντιο διάγραμμα ακτινοβολίας του δίπολου $\lambda/2$ φαίνεται στο σχήμα 6.1.2. Το διάγραμμα αποτελείται από δύο λοβούς που σχηματίζουν τον αριθμό 8, με το δίπολο τοποθετημένο στον άξονα $90^\circ - 270^\circ$. Το μέγιστο ποσό της ενέργειας ακτινοβολείται κάθετα στο δίπολο, στις διευθύνσεις $0^\circ - 180^\circ$. Για το λόγο αυτό ένα δίπολο είναι μια κατευθυντική κεραία.



Σχήμα 6.1.2 : Οριζόντιο διάγραμμα ακτινοβολίας ενός δίπολου $\lambda/2$

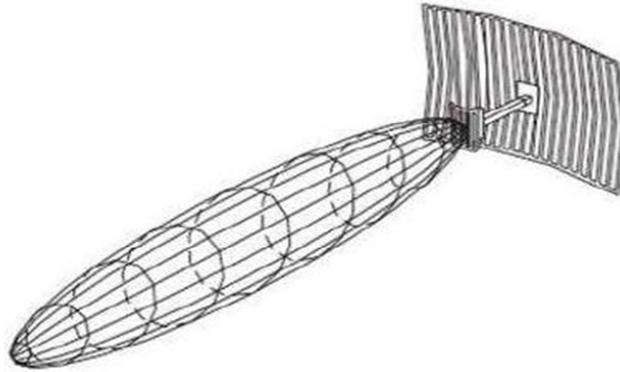
6.2 Τύποι κεραιών

Η επιλογή της κεραίας γίνεται ανάλογα με το είδος της ζεύξης που πρέπει να πραγματοποιηθεί. Υπάρχουν δύο ειδών ζεύξεις: σημείου προς σημείου και σημείου προς πολλά σημεία. Έτσι οι κεραίες ταξινομούνται:

Κατευθυντικές κεραίες

Κατευθυντικές ονομάζονται οι κεραίες οι οποίες εκπέμπουν προς μία κατεύθυνση. Όσο πιο στενός είναι ο λοβός ακτινοβολίας τόσο μεγαλύτερη είναι η κατευθυντικότητα της κεραίας.

Ένα είδος κατευθυντικής κεραίας είναι η παραβολική που φαίνεται στο σχήμα 6.2.1. Η κεραία συνδυάζεται με μια παραβολική επιφάνεια που ανακλά την ακτινοβολία. Τέτοιες είναι οι grid που αποτελούνται από ένα μεταλλικό πλέγμα και το feeder ή τα δορυφορικά πιάτα εξοπλισμένα με το κατάλληλο feeder. Αυτές οι κεραίες επιτυγχάνουν μεγάλη κατευθυντικότητα και απολαβή από 30dB ως 60dB.



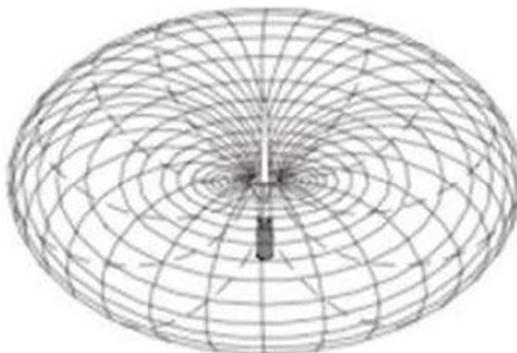
Σχήμα 6.2.1 : Λοβός κατευθυντικής κεραίας

Ένα άλλο είδος ευρέως γνωστό κατευθυντικής κεραίας είναι η yagi που χρησιμοποιείται κυρίως για λήψη τηλεοπτικού σήματος. Αποτελείται από το ενεργό στοιχείο $\lambda/2$, τον ανακλαστήρα και τους κατευθυντήρες που αυξάνουν την κατευθυντικότητά της. Έχει μικρότερη κατευθυντικότητα από τις παραβολικές και η απολαβή της μπορεί να φτάσει από 8dB ως 17dB. Το πλεονέκτημα της είναι το μικρό μέγεθος και η εύκολη τοποθέτηση.

Πολυκατευθυντικές κεραίες

Πολυκατευθυντικές ονομάζονται οι κεραίες οι οποίες εκπέμπουν προς όλες τις κατευθύνσεις.

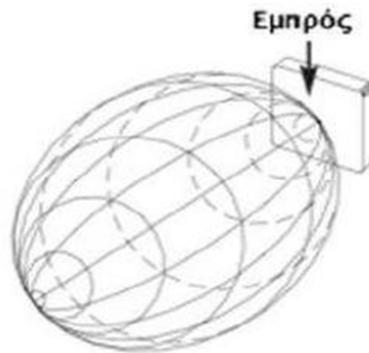
Ένα συνηθισμένο είδος πολυκατευθυντικής κεραίας είναι η omni που φαίνεται στο σχήμα 6.2.2. Το χαρακτηριστικό της είναι ότι εκπέμπει κατά 360° στο οριζόντιο επίπεδο και για αρκετές μοίρες στο κάθετο. Το εύρος δέσμης εκπομπής στο κάθετο επίπεδο καθορίζει την κατευθυντικότητα της omni.



Σχήμα 6.2.2 : Λοβός πολυκατευθυντικής κεραίας

Ημικατευθυντικές κεραίες

Οι ημικατευθυντικές κεραίες είναι μια ενδιάμεση περίπτωση των δύο προηγούμενων. Ένα συνηθισμένο είδος ημικατευθυντικής κεραίας είναι η sector που φαίνεται στο σχήμα 6.2.3 και χρησιμοποιείται για να καλύψει μια επιλεγμένη περιοχή. Εκπέμπει μέχρι και 180° στο οριζόντιο επίπεδο και έχει μεγαλύτερη εμβέλεια από την omni.



Σχήμα 6.2.3 : Λοβός ημικατευθυντικής κεραίας

6.3 Χαρακτηριστικά κεραιών

Διάγραμμα ακτινοβολίας

Το διάγραμμα ακτινοβολίας είναι μια γραφική παράσταση που απεικονίζει που η κεραία βγάζει την περισσότερη ενέργεια και που την μικρότερη ενέργεια στον χώρο (σχήμα 6.1.2). Περιγράφει την ακτινοβολία της κεραίας με δύο διαγράμματα το οριζόντιο και το κάθετο ανάλογα με το πως είναι τοποθετημένη η κεραία. Η κεραία θεωρείται ότι βρίσκεται στο κέντρο του διαγράμματος.

Κατευθυντικότητα

Κατευθυντικότητα ονομάζεται το άνοιγμα της γωνίας θ του λοβού ακτινοβολίας της κεραίας.

Απολαβή

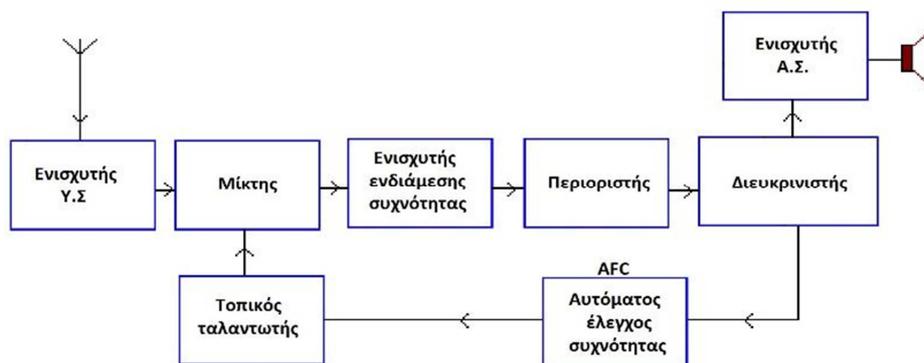
Απολαβή ονομάζεται ο λόγος της μέγιστης πυκνότητας ακτινοβολίας προς τη μέγιστη πυκνότητα ακτινοβολίας μιας πρότυπης κεραίας που τροφοδοτείται με την ίδια ισχύ. Συνήθως σαν πρότυπη κεραία λαμβάνεται η κεραία μισού μήκους κύματος. Το κέρδος αναφοράς είναι 0dB.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΒΑΘΜΙΔΕΣ ΡΑΔΙΟΦΩΝΙΚΟΥ ΔΕΚΤΗ FM

7.1 Λειτουργικό διάγραμμα του δέκτη FM

Ο προορισμός ενός δέκτη είναι να διαχωρίζει το ραδιοφωνικό σήμα από τα σήματα που καταφθάνουν στην κεραία και να το μετατρέπει σε ακουστική συχνότητα (πληροφορία). Στο σχήμα 7.1.1 φαίνεται το μπλοκ διάγραμμα ενός δέκτη FM.



Σχήμα 7.1.1 : Μπλοκ διάγραμμα δέκτη FM

Η κεραία λαμβάνει διάφορα σήματα και με συντονισμένα κυκλώματα επιλέγεται το σήμα FM υψηλής συχνότητας που αποστέλλεται από τον πομπό. Αφού ενισχυθεί οδηγείται μαζί με το σήμα του τοπικού ταλαντωτή στον μίκτη. Στην έξοδο του μίκτη προκύπτει ένα σήμα που είναι η διαφορά του σήματος του ταλαντωτή και του σήματος FM που ονομάζεται ενδιάμεση συχνότητα και είναι διαμορφωμένη κατά συχνότητα. Αφού ενισχυθεί οδηγείται στο κύκλωμα αποδιαμόρφωσης που αποτελείται από τον περιοριστή και τον διευκρινιστή. Το κύκλωμα αποδιαμόρφωσης διαχωρίζει την πληροφορία από το σήμα RF μετατρέποντας τις μεταβολές της συχνότητας σε μεταβολές τάσης. Το σήμα πληροφορίας αφού ενισχυθεί οδηγείται στο μεγάφωνο για να το μετατρέψει σε ακουστική συχνότητα. Τέλος επειδή η συχνότητα του ταλαντωτή είναι υψηλή είναι εύκολη η ολίσθησή της και γι' αυτό τοποθετείται ένα κύκλωμα αυτόματου ελέγχου συχνότητας για να την κλειδώνει στη συχνότητα του φέροντος.

Κύρια χαρακτηριστικά ενός δέκτη

Ενσθησία (sensitivity) ονομάζεται η ικανότητα ενίσχυσης του δέκτη ως προς τα ασθενή σήματα. Προσδιορίζεται από την ελάχιστη τάση που χρειάζεται στην είσοδό του για να λειτουργήσει ικανοποιητικά.

Επιλεκτικότητα (selectivity) ονομάζεται η ικανότητα του δέκτη να ξεχωρίζει το επιθυμητό σήμα από τα πολλά σήματα που φθάνουν στην κεραία του.

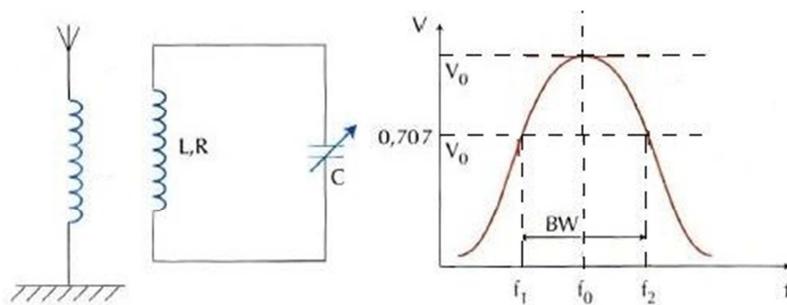
Πιστότητα (fidelity) ονομάζεται η ικανότητα του δέκτη να αποδίδει στην έξοδο του το σήμα πληροφορίας χωρίς παραμορφώσεις.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται πιο αναλυτικά η λειτουργία κάθε βαθμίδας του δέκτη FM.

7.2 Συντονισμός

Για τον συντονισμό των σταθμών στον δέκτη FM χρησιμοποιείται ένα κύκλωμα παράλληλου συντονισμού RLC (σχήμα 7.2.1). Από την καμπύλη απόκρισης του κυκλώματος φαίνεται ότι συντονίζεται σε μια συχνότητα f_0 η οποία ονομάζεται ιδιοσυχνότητα του κυκλώματος και δίνεται από την σχέση:

$$f_0 = 1 / 2\pi\sqrt{LC}$$



Σχήμα 7.2.1 : Παράλληλο κύκλωμα συντονισμού RLC

Ο δέκτης συντονίζεται έτσι ώστε η ιδιοσυχνότητα f_0 να συμπίπτει με την συχνότητα του φέροντος που αποστέλλεται από τον πομπό. Οι πλευρικές συχνότητες του φέροντος περνούν με μικρότερη απόκριση και οι γειτονικές συχνότητες εξασθενούν πολύ περισσότερο. Η επιλογή των σταθμών πραγματοποιείται μεταβάλλοντας την χωρητικότητα του μεταβλητού πυκνωτή που αλλάζει την ιδιοσυχνότητα f_0 . Καλύτερο αποτέλεσμα επιτυγχάνεται με την χρήση μεταβλητής διόδου varicap που η χωρητικότητα της αλλάζει με την αυξομείωση της τάσης που την πολώνει ανάστροφα. Η τάση πρέπει να παραμένει σταθερή για να μην μετατοπίζεται ο συντονισμός.

Η ικανότητα επιλογής του κυκλώματος παράλληλου συντονισμού εξαρτάται από τον συντελεστή ποιότητας Q και δίνεται από την σχέση:

$$Q = 2\pi f_0 L / R$$

Όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής ποιότητας Q τόσο μικρότερο είναι το εύρος ζώνης, δηλαδή οι πλευρές της καμπύλης απόκρισης πέφτουν απότομα και εξασθενούν πιο αποτελεσματικά τις γειτονικές συχνότητες.

7.3 Ετεροδύωση

Στους σύγχρονους δέκτες στο διαμορφωμένο σήμα η υψηλή συχνότητα f_c ελαττώνεται σε μια χαμηλότερη υψηλή συχνότητα που ονομάζεται ενδιάμεση συχνότητα IF, χωρίς να μεταβάλλεται η μορφή και ο σκοπός της διαμόρφωσης.

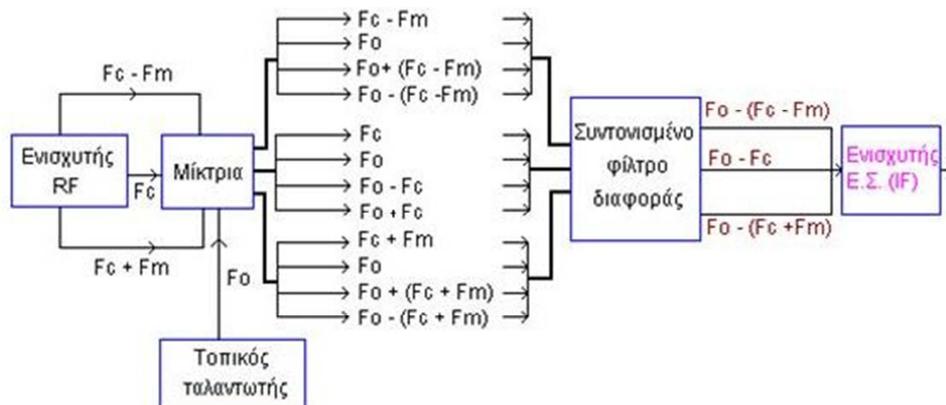
Η διαδικασία της μετατροπής της RF συχνότητας σε μια ενδιάμεση IF ονομάζεται ετεροδύωση. Η ετεροδύωση δίνει την ίδια συχνότητα ανεξάρτητα από την φέρουσα συχνότητα του σήματος που λαμβάνεται κάθε φορά εξασφαλίζοντας μεγαλύτερη πιστότητα, ευαισθησία και επιλεκτικότητα στον δέκτη.

Η ενδιάμεση συχνότητα για τα ραδιόφωνα FM είναι $f_{IF} = 10,7 \text{ MHz}$.

Παραγωγή της ενδιάμεσης συχνότητας IF

Για την μετατροπή της RF συχνότητας σε μια ενδιάμεση IF χρησιμοποιείται το διαμορφωμένο σήμα που αποτελείται από την κεντρική συχνότητα f_c και τις δύο πλευρικές και το σήμα ενός τοπικού ταλαντωτή f_0 . Τα δύο σήματα οδηγούνται στον μίκτη. Από την μίξη κάθε συχνότητας με την συχνότητα του ταλαντωτή προκύπτουν τέσσερις νέες συχνότητες: οι δύο αρχικές, η διαφορά τους και το άθροισμά τους (σχήμα 7.3.1). Στην έξοδο του μίκτη υπάρχει ένα συντονισμένο φίλτρο διαφοράς που στην έξοδό του προκύπτει η κεντρική συχνότητα $f_0 - f_c$ και οι δύο πλευρικές. Με αυτόν τον τρόπο το διαμορφωμένο σήμα μετατρέπεται σε νέο με μικρότερη συχνότητα. Η νέα συχνότητα του φέροντος που μεταφέρει την πληροφορία αναλλοίωτη είναι η ενδιάμεση συχνότητα IF και δίνεται από την σχέση:

$$f_{IF} = f_0 - f_c$$



Σχήμα 7.3.1 : Διαδικασία της ετεροδύωσης

7.4 Ενισχυτής

Παρατηρώντας το σχήμα φαίνεται ότι κατά την επεξεργασία του σήματος FM μέχρι να οδηγηθεί στο μεγάφωνο που μετατρέπει το σήμα στην αρχική του μορφή περνάει από τρία στάδια ενίσχυσης: ενίσχυση RF, ενίσχυση IF και ενίσχυση AF με τη χρήση ενός ενισχυτή.

Ενισχυτής είναι η ηλεκτρονική διάταξη η οποία ενισχύει ένα ηλεκτρικό σήμα. Κατά την είσοδο δηλαδή ενός σήματος στον ενισχυτή αυξάνεται το πλάτος του και στην έξοδο βγαίνει ισχυρότερο.

Οι ενισχυτές ταξινομούνται σε τρεις βασικές κατηγορίες που είναι η τάξη A, η τάξη B και η τάξη C. Στον ενισχυτή τάξης A το σημείο Q βρίσκεται στην μέση της χαρακτηριστικής εισόδου και δημιουργεί ένα πλήρη κύκλο του σήματος. Στον ενισχυτή τάξης B το σημείο Q βρίσκεται στο σημείο 0 της χαρακτηριστικής εισόδου και δημιουργεί μισό κύκλο του σήματος. Στον ενισχυτή τάξης C το σημείο Q βρίσκεται σε τέτοιο σημείο στην χαρακτηριστική εισόδου που δημιουργεί λιγότερο από το μισό κύκλο του σήματος.

Τα κύρια χαρακτηριστικά των ενισχυτών είναι:

Η απολαβή

Για ενισχυτές τάσης, συντελεστής ενίσχυσης ονομάζεται ο λόγος της τάσης εξόδου του ενισχυτή προς την τάση εισόδου του, συμβολίζεται με A_V και είναι καθαρός αριθμός. Πρακτικά χρησιμοποιείται ο λογάριθμος του συντελεστή ενίσχυσης πολλαπλασιασμένος επί 20, ονομάζεται απολαβή G (Gain) και μετριέται σε dB (decibels).

$$A_V = V_{OUT}/V_{IN}$$

$$G = 20 \log A_V \text{ (dB)}$$

Για ενισχυτές ισχύος, συντελεστής ενίσχυσης ονομάζεται ο λόγος της ισχύς εξόδου του ενισχυτή προς την ισχύ εισόδου του, συμβολίζεται με A_W και είναι καθαρός αριθμός. Πρακτικά χρησιμοποιείται ο λογάριθμος του συντελεστή ενίσχυσης πολλαπλασιασμένος επί 10, ονομάζεται απολαβή G (Gain) και μετριέται σε dB (decibels).

$$A_W = P_{OUT}/P_{IN}$$

$$G = 10 \log A_W \text{ (dB)}$$

Η καμπύλη απόκρισης

Η κυματομορφή ενός σήματος αποτελείται από ένα πλήθος συχνοτήτων που οριοθετούνται σε μια ελάχιστη και μια μέγιστη τιμή (bandwidth). Το ζητούμενο από τους ενισχυτές είναι να ενισχύουν ομοιόμορφα όλες τις συχνότητες ώστε στην έξοδό τους η κυματομορφή να παραμένει ίδια και να μην υπάρχει παραμόρφωση στο σήμα. Ο βαθμός

στον οποίο ανταποκρίνεται κάθε ενισχυτής στην ομοιόμορφη ενίσχυση του σήματος απεικονίζεται στην γραφική παράσταση της απολαβής του συναρτήσει της συχνότητας που ονομάζεται καμπύλη απόκρισης. Στα σημεία της καμπύλης απόκρισης που η ενίσχυση πέφτει στο 70,7% ή 3dB οριοθετούνται οι συχνότητες αποκοπής f_1 και f_2 . Σε έναν ιδανικό ενισχυτή η καμπύλη απόκρισης στην περιοχή f_1 με f_2 είναι μια ευθεία γραμμή, όμως στην πράξη υπάρχουν διακυμάνσεις.



Σχήμα 7.4.1 : Καμπύλη απόκρισης ενισχυτή

Η ωφέλιμη ισχύς εξόδου

Ορίζεται ως η ac ισχύς του σήματος που αποδίδεται στην αντίσταση φορτίου του ενισχυτή και δίνεται από την σχέση:

$$P_{AC} = V_{CC}^2 / 8R_L$$

Ο βαθμός απόδοσης

Ορίζεται ως ο λόγος της ωφέλιμης ισχύς εξόδου P_{AC} προς την συνεχή ισχύ P_{DC} που παρέχει η τροφοδοσία στον ενισχυτή και δίνεται από την σχέση:

$$\eta = P_{AC} / P_{DC} * 100\%$$

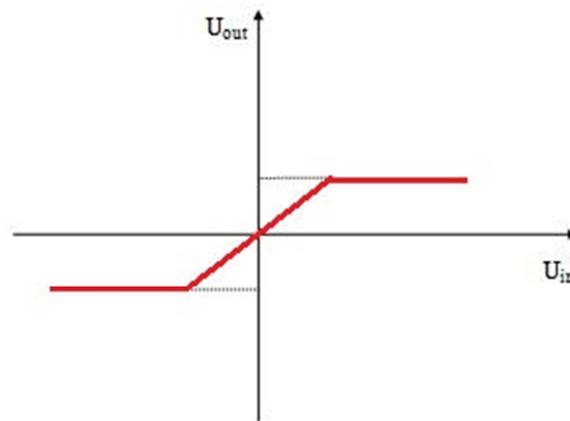
Η παραμόρφωση

Η αλλοίωση που υφίσταται ένα σήμα στην έξοδο ενός ενισχυτή σε σχέση με την είσοδο ονομάζεται παραμόρφωση. Η βασική μορφή παραμόρφωσης είναι η αρμονική ή μη γραμμική (δεν υπακούει στο νόμο του $\Omega\mu$) η οποία παρέχει αρμονικές συνιστώσες στο σήμα που προέρχονται από τη μη γραμμικότητα των ενισχυτικών υλικών (π.χ. τρανζίστορς). Μια άλλη μορφή είναι η παραμόρφωση συχνότητας η οποία προέρχεται από την αδυναμία του ενισχυτή να ενισχύει ομοιόμορφα όλες τις συχνότητες.

7.5 Περιοριστής (Limiter)

Το πλάτος του σήματος στη διαμόρφωση FM δεν επηρεάζεται από την πληροφορία και παραμένει σταθερό. Αυτή η παρατήρηση δίνει την δυνατότητα να

προηγηθεί του σταδίου αποδιαμόρφωσης του σήματος ένας συμμετρικός περιοριστής (ψαλιδιστής), που ψαλιδίζοντας τις κορυφές του φέροντος το απαλλάσσει από παρασιτικές κυματώσεις και παρασιτικές αλλοιώσεις, που τυχόν προήλθαν από θόρυβο, βιομηχανικά παράσιτα κλπ. Αυτή η διαδικασία συνεισφέρει στην καλύτερη ποιότητα του δέκτη FM απαλλάσσοντας τον αποδιαμορφωτή από τις παρασιτικές διακυμάνσεις του σήματος και αυξάνει τελικά το λόγο σήματος προς θόρυβο στην έξοδο. Στο σχήμα 7.5.1 φαίνεται η χαρακτηριστική μεταφοράς ενός περιοριστή.

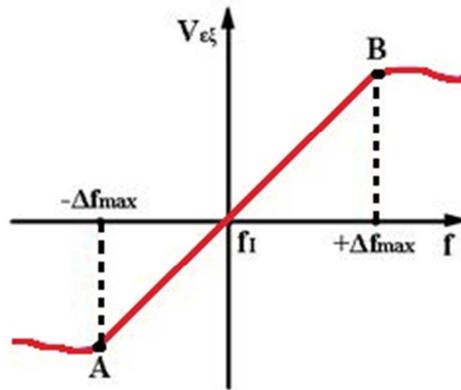


Σχήμα 7.5.1 : χαρακτηριστική μεταφοράς ενός περιοριστή

7.6 Διευκρινιστής

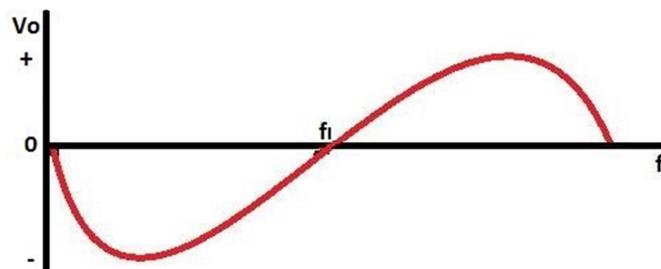
Αποδιαμόρφωση συχνότητας είναι η διαδικασία διαχωρισμού της πληροφορίας από το διαμορφωμένο σήμα κατά συχνότητα. Το κύκλωμα που πραγματοποιεί την αποδιαμόρφωση FM ονομάζεται διευκρινιστής.

Η πιο απλή μορφή ενός διευκρινιστή αποτελείται από ένα κύκλωμα παράλληλου συντονισμού RLC. Όταν στην είσοδό του εφαρμόζεται το σήμα FM, στο πηνίο L επάγεται σήμα που το πλάτος του μεταβάλλεται ανάλογα με τις μεταβολές της συχνότητας του σήματος FM και προκύπτει ένα σήμα AM. Η δίοδος που ακολουθεί μαζί με το φίλτρο RC διαχωρίζει την πληροφορία από το διαμορφωμένο σήμα AM. Η έξοδος λοιπόν του διευκρινιστή, θα είναι μια μεταβαλλόμενη τάση που είναι η πληροφορία. Η πολικότητα της πληροφορίας εξαρτάται από το αν η κάθε συχνότητα του σήματος FM είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από την κεντρική συχνότητα συντονισμού του κυκλώματος του διευκρινιστή. Στο σχήμα 7.6.1 φαίνεται η απόκριση ενός διευκρινιστή.



Σχήμα 7.6.1 : Απόκριση ενός διευκρινιστή

Η απόκριση του απλού διευκρινιστή δεν είναι γραμμική και χρησιμοποιείται για διαμόρφωση FM με μικρή απόκλιση συχνότητας Δf διαφορετικά θα υπάρχει παραμόρφωση στο σήμα. Γι' αυτό χρησιμοποιούνται πιο σύνθετα κυκλώματα όπως ο διευκρινιστής Foster Seeley. Το συντονισμένο κύκλωμά του συντονίζει στην κεντρική συχνότητα του φέροντος. Αποτελείται από δυο φίλτρα τα οποία λειτουργούν με διαφορά φάσης 180° και η μη γραμμικότητα του ενός αντισταθμίζεται από τη μη γραμμικότητα του άλλου με αποτέλεσμα η απόκρισή του να εκτείνεται σε μεγαλύτερη περιοχή. Υπάρχουν δυο δίοδοι μία σε κάθε φίλτρο και έτσι στην έξοδο υπάρχουν δύο τάσεις. Η διαφορά των τάσεων είναι ανάλογη προς τις μεταβολές της συχνότητας. Στο σχήμα 7.6.2 φαίνεται η απόκριση του διευκρινιστή Foster Seeley.



Σχήμα 7.6.2 : Απόκριση του διευκρινιστή Foster Seeley

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

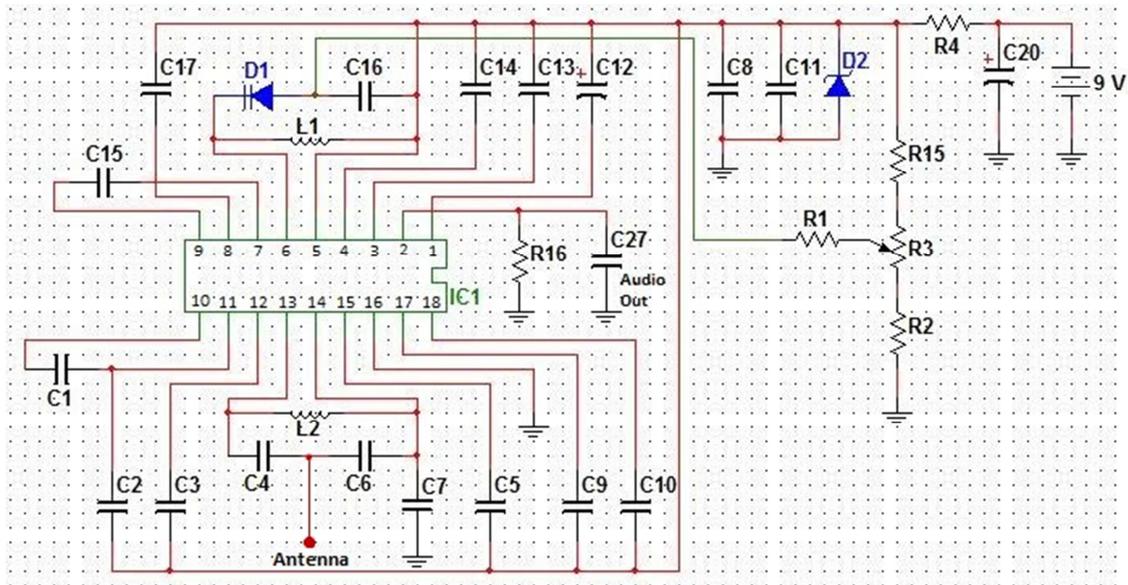
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΡΑΔΙΟΦΩΝΙΚΟΥ ΔΕΚΤΗ FM

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

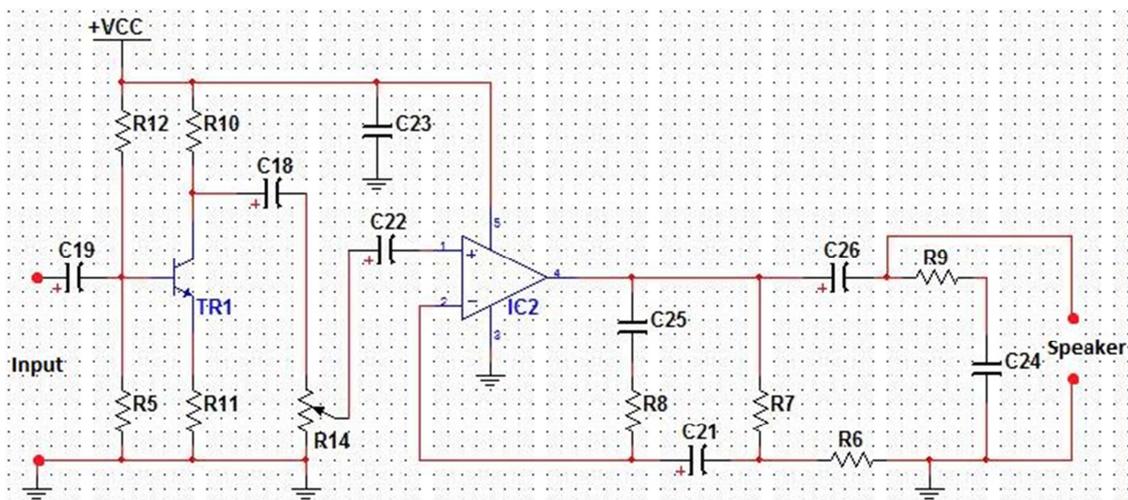
Είναι αναμφίβολο, ότι η σχεδίαση ενός ραδιοφωνικού δέκτη FM είναι δύσκολη δουλειά. Έχει κάποια στάδια οικοδόμησης και απαιτείται προσοχή στις ρυθμίσεις λήψης / απόρριψης ανεπιθύμητων σημάτων, υψηλού σηματοθορυβικού λόγου στην είσοδό του, μεγάλης ευαισθησίας και επιλεκτικότητας. Αυτές είναι κάποιες από τις κρίσιμες παραμέτρους του δέκτη, που χαρακτηρίζουν την αξιοπιστία και την ορθή λειτουργία του.

Για το λόγο αυτό, επιλέξαμε αντί να οικοδομήσουμε κάθε στάδιο ξεχωριστά με βάση την θεωρία, να βρούμε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα, το οποίο να εμπεριέχει όλα αυτά τα διακριτά στάδια και να είναι σταθερό στη λήψη και γενικότερα στη λειτουργία του. Επιλέχθηκε λοιπόν, το IC TDA7000, το οποίο αποτελεί ένα ραδιοφωνικό υπερετερόδυνο δέκτη και συνήθως το συναντάμε σε εφαρμογές αυτοσχέδιων μικρών φορητών ραδιοφώνων κλπ. Τον δέκτη έρχεται να συμπληρώσει ένας ισχυρός ενισχυτής ακουστικών συχνοτήτων βασισμένος στο IC TDA2002. Η ύπαρξη αυτών των δύο ολοκληρωμένων περιορίζει τις διαστάσεις της κατασκευής στα απολύτως απαραίτητα εξαρτήματα που απλά βοηθούν τα δύο ολοκληρωμένα στην λειτουργία τους. Ο δέκτης λειτουργεί στην μπάντα VHF II στην περιοχή 88-108MHz και λαμβάνει σταθμούς που εκπέμπουν με διαμόρφωση FM.

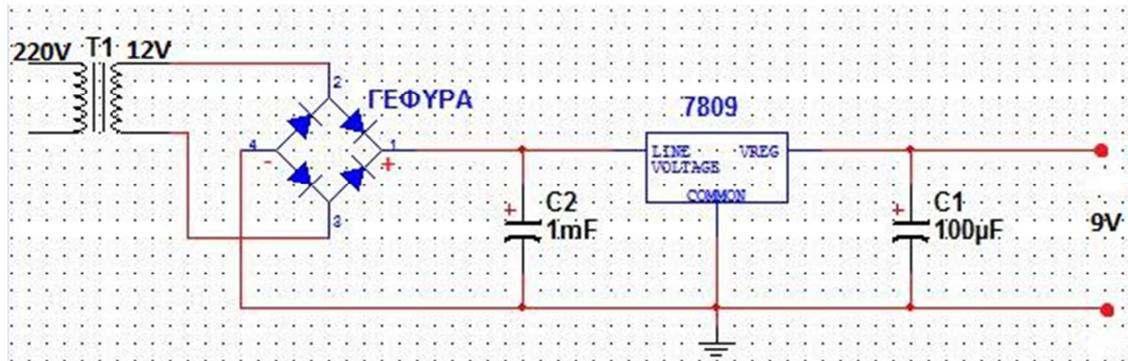
8.1 Ηλεκτρονικό σχέδιο κυκλώματος



Σχήμα 8.1.1 : Κύκλωμα του δέκτη FM



Σχήμα 8.1.2 : Κύκλωμα του ενισχυτή ισχύος



Σχήμα 8.1.3 : Κύκλωμα τροφοδοτικού 9V

Στο σχήμα 8.1.1 φαίνεται το σχέδιο κυκλώματος του δέκτη το οποίο περιστοιχίζεται γύρω από το IC1 TDA7000. Στο σχήμα 8.1.2 φαίνεται το σχέδιο κυκλώματος του ενισχυτή ισχύος το οποίο περιστοιχίζεται γύρω από το IC2 TDA2002. Στο σχήμα 8.1.3 φαίνεται το σχέδιο κυκλώματος του τροφοδοτικού το οποίο απαρτίζει την πηγή 9VDC του δέκτη.

8.2 Ανάλυση του κυκλώματος

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, το TDA7000 είναι ένα πλήρες κύκλωμα ραδιοφωνικού δέκτη FM, μέσα σε μία θήκη 18 ακροδεκτών σε επιφάνεια μικρότερη από μισό τετραγωνικό χιλιοστό και απαιτεί για τη λειτουργία του μόνο ένα ελάχιστο αριθμό περιφερειακών στοιχείων. Στο σχήμα 8.2.1 (Data Sheet TDA7000, σελ. 3), φαίνεται το μπλοκ διάγραμμα του εσωτερικού του δέκτη TDA7000. Μια γρήγορη ματιά αρκεί για να συμπεράνουμε, ότι το συγκεκριμένο IC συντίθεται από όλα τα στάδια που αναφέρθηκαν στη θεωρία των ραδιοφωνικών δεκτών. Έτσι λοιπόν διαθέτει:

Βαθμίδα εισόδου υψηλής συχνότητας (RF Input Stage) που ρυθμίζει την ευαισθησία του δέκτη.

Βαθμίδα μίκτη (Mixer).

Βαθμίδα τοπικού ταλαντωτή (Local Oscillator).

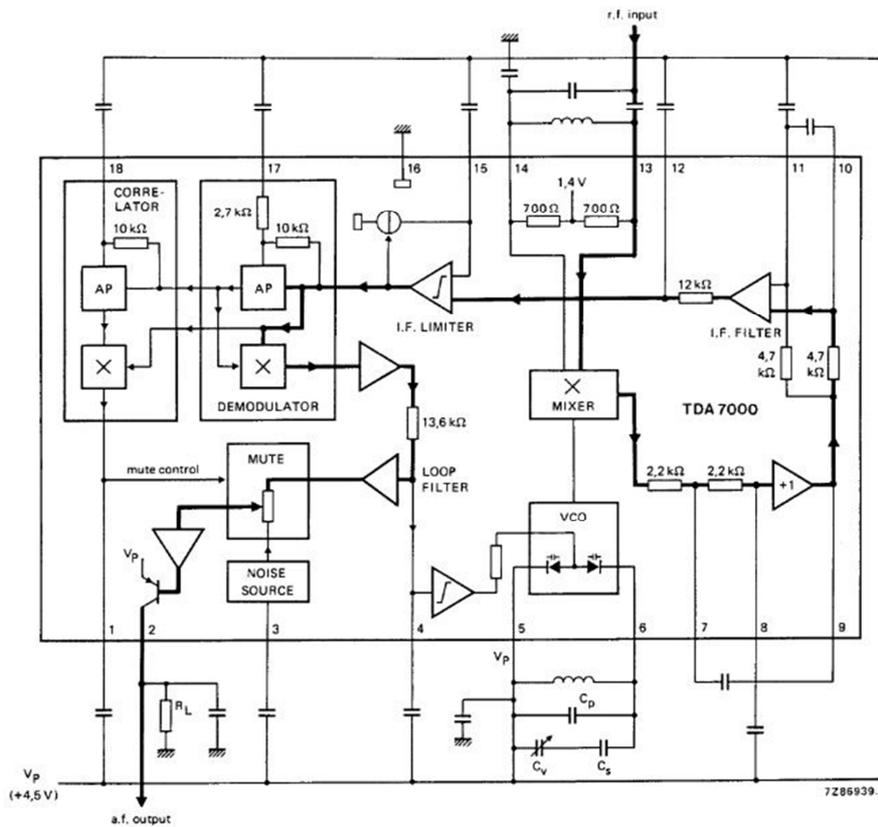
Βαθμίδα ενισχυτή ενδιάμεσης συχνότητας (IF Amplifier).

Βαθμίδα περιοριστή ενδιάμεσης συχνότητας (IF Limiter).

Βαθμίδα αποδιαμορφωτή ενδιάμεσης συχνότητας (IF Demodulator).

Κύκλωμα ανίχνευσης σίγασης (Mute Detector).

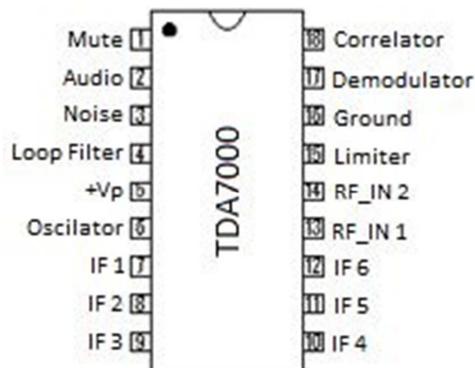
Κύκλωμα αλλαγής κατάστασης σίγασης (Mute Switch).



Σχήμα 8.2.1 : μπλοκ διάγραμμα στο εσωτερικό του TDA7000

Ένα στοιχείο του δέκτη αυτού που δεν είδαμε στην θεωρία, είναι ότι διαθέτει ένα σύστημα που ονομάζεται κλειδώμα βρόχου συχνοτήτων (Frequency Lock Loop – FLL). Έχει την ιδιότητα να περιορίζει αποτελεσματικά κάθε είδους παραμορφώσεις (αρμονικές και άλλες), όπως επίσης και διάφορες παρεμβολές πάνω και κάτω από το επιθυμητό σήμα (πλευρικές συχνότητες). Παραμόρφωση θα συμβεί μόνο στην περίπτωση που κάποια εισερχόμενα σήματα έχουν μέγιστη απόκλιση συχνότητας, μια που έχει την ικανότητα να τα συμπιέζει από τα $\pm 75\text{KHz}$ στα $\pm 15\text{KHz}$, μέσω του ελέγχου που ασκεί πάνω στον τοπικό ταλαντωτή. Η διαδικασία αυτή έγκειται στο ότι η έξοδος του FM αποδιαμορφωτή ολισθαίνει τη συχνότητα του τοπικού ταλαντωτή αντιστρόφως ανάλογα με την IF απόκλιση συχνότητας εξαιτίας της διαμόρφωσης.

Στο σχήμα 8.2.2 φαίνονται οι ακροδέκτες (pins) του IC TDA7000.



Σχήμα 8.2.2 : Pinout του TDA7000

Το σήμα υψηλής συχνότητας εισέρχεται μέσω της κεραίας που είναι ένα απλό κομμάτι καλώδιο συνδεσμολογίας στην είσοδο του ολοκληρωμένου κυκλώματος. Στην είσοδο του ολοκληρωμένου κυκλώματος υπάρχει ένα κύκλωμα υποδοχής του σήματος μετά την κεραία που είναι ένα συντονισμένο LC φίλτρο και συγκεκριμένα στους ακροδέκτες 13 και 14. Ο ρόλος του είναι να φιλτράρει τις ανεπιθύμητες συχνότητες και να επιτρέπει τη διέλευση (σε συνδυασμό και με τον VCO στους ακροδέκτες 5 και 6 του TDA7000) των επιθυμητών συχνοτήτων, δηλαδή 88 - 108MHz. Το φίλτρο σχηματίζεται από το πηνίο L2 και τους κεραμικούς πυκνωτές C4 και C6.

Στους ακροδέκτες 5 και 6 του TDA7000 συνδέεται ένα δικτύωμα LC (L1,C16) που σε συνδυασμό με τις αντιστάσεις R2 και R15 και του πολύστροφου ποτενσιόμετρου επιλογής σταθμών R3, ελέγχει την τάση που παράγεται από την δίοδο zener D2 και την εφαρμόζει στην δίοδο varicap D1 και ρυθμίζει τον εσωτερικό ταλαντωτή VCO. Επιπλέον ορίζει τα όρια της μπάντας λήψης. Πρέπει να τονίσουμε ότι η αντίσταση 100KΩ (ποτενσιόμετρο R3) που τοποθετείται μεταξύ της μεταβλητής χωρητικότητας της varicap

και του πυκνωτή C16, έχει τόσο μεγάλη τιμή, ώστε να εμποδίζει την συχνότητα του σήματος που καθορίζεται από αυτό το δικτύωμα LC του VCO του δέκτη και να μην διαρρέει προς την τροφοδοσία.

Η κεντρική συχνότητα που παράγεται από τον VCO, εφαρμόζεται στη μία είσοδο του μίκτη (εσωτερικά του TDA7000), ενώ η άλλη έχει προέλευση από την κεραία μέσω του φίλτρου LC των ακροδεκτών 13 και 14 του ολοκληρωμένου. Τα δύο αυτά σήματα αναμειγνύονται και στην έξοδο του μίκτη προκύπτει ένα νέο σήμα με νέα φέρουσα συχνότητα, την ενδιάμεση συχνότητα 70KHz, σε αντίθεση με τους συνήθεις RF δέκτες που είναι 10,7MHz. Με τόσο χαμηλή IF μπορεί να παρέχει έναν άριστο σηματοθορυβικό λόγο για τον αποδιαμορφωτή.

Το νέο σήμα εισέρχεται σ' ένα ενεργό IF φίλτρο όπου και ενισχύεται. Το IF φίλτρο αποτελείται από 3 μέρη. Το πρώτο μέρος είναι φίλτρο χαμηλών συχνοτήτων με συχνότητα αποκοπής που προσδιορίζεται από την εσωτερική αντίσταση 2,2KΩ και τους εξωτερικούς πυκνωτές C15, C17. Το δεύτερο μέρος είναι φίλτρο διέλευσης ζώνης του οποίου τα όρια προσδιορίζονται από την εσωτερική αντίσταση 4,7KΩ και τους εξωτερικούς πυκνωτές C1, C2. Το τελευταίο μέρος είναι φίλτρο χαμηλών συχνοτήτων με συχνότητα αποκοπής που προσδιορίζεται από την εσωτερική αντίσταση 12KΩ και τον εξωτερικό πυκνωτή C3.

Στη συνέχεια, υποδέχεται το σήμα ο αποδιαμορφωτής που ακολουθεί τον IF περιοριστή / ενισχυτή και έχει κέρδος μετατροπής -3,6V/MHz. Συνιστά ένα φίλτρο διέλευσης όλων των συχνοτήτων, το οποίο παρέχει ολίσθηση 90°, αλλά μπορεί επίσης να παρέχει μεταβλητή ολίσθηση, ανάλογα με την τιμή του εξωτερικού πυκνωτή C9.

Το TDA7000 ενσωματώνει νέα συστήματα συνέλιξης σίγασης (correlation muting), που συμπιέζουν τους θορύβους που εισάγονται μεταξύ των διαφόρων σταδίων του δέκτη. Μια γεννήτρια θορύβου πλαισιώνει το σύστημα σίγασης για να δώσει μία ακουστική ένδειξη του λανθασμένου συντονισμού. Το σύστημα σίγασης αποτελείται από ένα φίλτρο που ακολουθεί την έξοδο του FM αποδιαμορφωτή. Η έξοδος του φίλτρου καταλήγει σε έναν μίκτη και συνελίσσεται με το περιορισμένο IF σήμα. Η έξοδος του μίκτη δίνει ή το αποδιαμορφωμένο σήμα (εάν η συνέλιξη έχει την ένδειξη high) ή ένα συνεχή ήχο θορύβου (εάν η συνέλιξη έχει την ένδειξη low) που εξέρχεται από τον προενισχυτή ακουστικών συχνοτήτων, η έξοδος του οποίου καταλήγει στον ακροδέκτη 2 του ολοκληρωμένου κυκλώματος.

Στη συνέχεια περιγράφεται ο ρόλος των περιφερειακών στοιχείων του δέκτη:
C1, C2, C3, C9, C10, C15, C17 : πυκνωτές για τα εσωτερικά φίλτρα και τον αποδιαμορφωτή, όταν θέλουμε ενδιάμεση συχνότητα 70KHz.

C5 : αποσύζευξη της DC ανάδρασης από τον IF περιοριστή / ενισχυτή.

C7 : προκαλεί αποσύζευξη στην αντίστροφη RF είσοδο.

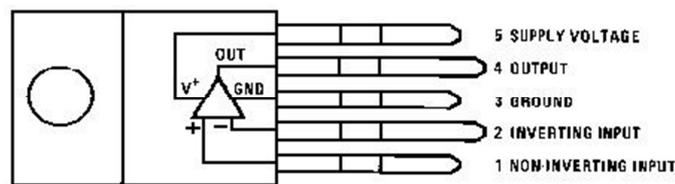
C12 : ορίζει τη χρονική σταθερά για να διασφαλίσει τη σίγαση όλων των ακουστικών συνιστωσών, χάρη στη λειτουργία του FLL.

C13 : ενεργοποιεί την γεννήτρια θορύβου σε περίπτωση μη ανίχνευσης συχνότητας.

C14 : περιορίζει τις IF αρμονικές που παρουσιάζονται στην έξοδο του FM αποδιαμορφωτή.

R16, C27 : φίλτρο RC που φιλτράρει το σήμα εξόδου από τυχόντα σήματα υψηλής συχνότητας.

Στη συνέχεια το αποδιαμορφωμένο σήμα οδηγείται σε έναν ενισχυτή ακουστικών συχνοτήτων προκειμένου να ενισχυθεί κατάλληλα και να καταλήξει στο μεγάφωνο που θα αποδώσει την αρχική πληροφορία. Το IC TDA2002 είναι ένα πολύ γνωστό ολοκληρωμένο κύκλωμα, που περιλαμβάνει μία πλήρη βαθμίδα τελικού ενισχυτή ισχύος. Βρίσκεται μέσα σε μία θήκη “pentawatt” μόλις 5 ακροδεκτών. Διαθέτει προστασία από βραχυκύκλωμα και υπερθέρμανση, από κυμάτωση τάσης λόγω φορτίου και από τυχαία αποσύνδεση της γείωσης. Απαιτεί ελάχιστα εξαρτήματα για τη σωστή λειτουργία του και αποδίδει στο μεγάφωνο ισχύ μέχρι και 10 Watt ανάλογα την τάση τροφοδοσίας. Στο σχήμα 8.2.3 φαίνεται μία εικόνα του με τους ακροδέκτες του.



Σχήμα 8.2.3 : Το εσωτερικό του TDA2002

Έτσι λοιπόν, το σήμα από την έξοδο του IC1 TDA7000 εισέρχεται μέσω του πυκνωτή C19 στην βαθμίδα προενίσχυσης συνδεσμολογίας κοινού εκπομπού του τρανζίστορ TR1. Συγκεκριμένα συνδέεται το ένα άκρο του πυκνωτή C27 στην γη και το άλλο άκρο του στον πυκνωτή C19. Από το τρανζίστορ TR1 το σήμα οδηγείται στην μη αναστρέφουσα είσοδο του τελικού ενισχυτή TDA2002 (ακροδέκτης 1) μέσω του πυκνωτή C18, του ποτενσιόμετρου ρύθμισης έντασης R14 και του πυκνωτή διέλευσης C22. Στην έξοδο του ενισχυτή συνδέεται ένα μεγάφωνο 8Ω - 0,25W για να ακούμε την πληροφορία

Στη συνέχεια περιγράφεται ο ρόλος των περιφερειακών στοιχείων του ενισχυτή:
R5, R10, R11, R12 : ορίζουν τα σημεία σωστής τροφοδοσίας και πόλωσης του TR1, ώστε να λειτουργεί σαν προενισχυτής ακουστικών συχνοτήτων.

R8, C25 : ορίζουν την αποκοπή στις υψηλές συχνότητες

C21 : βελτιώνει την κυμάτωση εξόδου

R6, R7, C26 : προσαρμόζουν το φορτίο στην έξοδο και ορίζουν την απολαβή της βαθμίδας ενίσχυσης.

R9, C24 : εξασφαλίζουν σταθερότητα συχνότητας

Το κύκλωμα του δέκτη για να λειτουργήσει χρειάζεται τροφοδοσία 9V η οποία παρέχεται από το τροφοδοτικό. Αρχικά ο μετασχηματιστής υποβιβάζει την τάση του δικτύου από τα 230V AC σε 12V AC. Η υποβιβασμένη τάση οδηγείται στην γέφυρα ανόρθωσης που αποτελείται από 4 διόδους και διαθέτει 2 πόδια για την είσοδο της AC τάσης 12V και 2 πόδια για την έξοδο της DC τάσης. Η DC τάση από την γέφυρα ανόρθωσης οδηγείται στον πυκνωτή C2 ο ρόλος του οποίου είναι να εξομαλύνει τον κυματισμό που έχει η μορφή της τάσης που έχει μετατραπεί από AC σε DC. Μετά την ανόρθωση και την εξομάλυνση, η τάση αυξάνεται μέχρι 15,5V DC. Ακολουθεί ο σταθεροποιητής τάσης που αποτελείται από το IC LM7809 ο οποίος παραλαμβάνει την ανορθωμένη τάση 15,5V DC και την διατηρεί σταθερή στα 9V DC. Τέλος στην έξοδο τοποθετείται ο πυκνωτής C1 για να παρέχει χαμηλή αντίσταση εξόδου σε όλες τις συχνότητες.

8.3 Κατασκευή του κυκλώματος

8.3.1 Πίνακας εξαρτημάτων

R1, R2, R15	4,7KΩ	αντίσταση άνθρακα
R3	100KΩ A	πολύστροφο ποτενσιόμετρο
R4	390Ω	αντίσταση άνθρακα
R5, R10	10KΩ	αντίσταση άνθρακα
R6	4,7Ω	αντίσταση άνθρακα
R7	220Ω	αντίσταση άνθρακα
R8	33Ω	αντίσταση άνθρακα
R9	1Ω	αντίσταση άνθρακα
R11	2,2KΩ	αντίσταση άνθρακα
R12	100KΩ	αντίσταση άνθρακα
R14	100KΩ B	λογαριθμικό ποτενσιόμετρο
R16	27KΩ	αντίσταση άνθρακα
C1, C9	330pF	κεραμικός πυκνωτής
C2	3,3nF	κεραμικός πυκνωτής
C3	150pF	κεραμικός πυκνωτής
C4	39pF	κεραμικός πυκνωτής
C5	100nF	κεραμικός πυκνωτής
C6	47pF	κεραμικός πυκνωτής
C7, C8, C11, C16	4,7nF	κεραμικός πυκνωτής
C10	220pF	κεραμικός πυκνωτής
C12	1μF / 16V	πυκνωτής τανταλίου
C13	22nF	κεραμικός πυκνωτής
C14	10nF	κεραμικός πυκνωτής
C15	2,7nF	κεραμικός πυκνωτής
C17	180pF	κεραμικός πυκνωτής
C18	10μF / 16V	ηλεκτρολυτικός πυκνωτής
C19	22μF / 16V	ηλεκτρολυτικός πυκνωτής
C20	33μF / 16V	ηλεκτρολυτικός πυκνωτής
C21	100μF / 16V	ηλεκτρολυτικός πυκνωτής
C22	1μF / 16V	ηλεκτρολυτικός πυκνωτής
C23, C24, C25	100nF	ηλεκτρολυτικός πυκνωτής
C26	1000μF / 16V	ηλεκτρολυτικός πυκνωτής
C27	1nF	κεραμικός πυκνωτής
D1	BB105	δίοδος varicap
D2	5,1V / 0,5W	δίοδος zener
TR1	BC547	NPN τρανζίστορ
IC1	TDA7000	τσιπ δέκτη FM
IC2	TDA2002	τσιπ ενισχυτή ισχύος
L1	8 σπείρες, 4mm διάμετρο	πηγίο αέρος

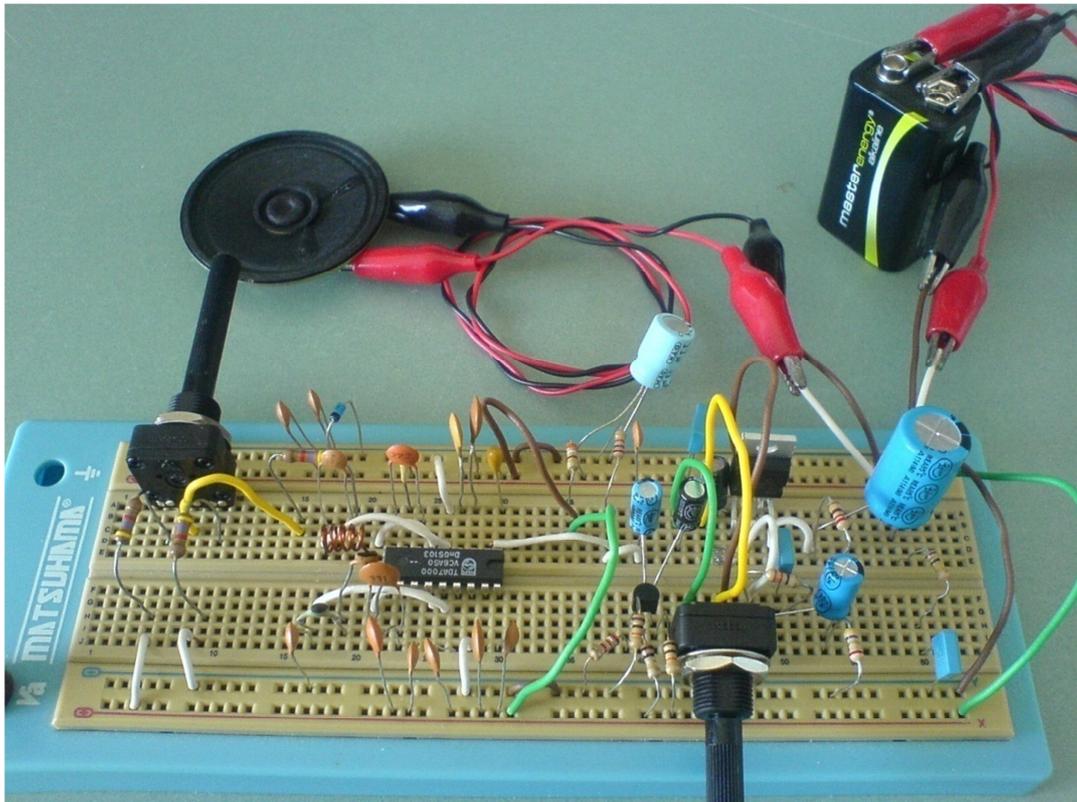
Πίνακας 8.3.1.1 : Πίνακας εξαρτημάτων δέκτη FM

ηλεκτρολυτικός πυκνωτής	100 μ F / 25V
ηλεκτρολυτικός πυκνωτής	1000 μ F / 25V
μετασχηματιστής	220Vac – 12Vac
γέφυρα ανόρθωσης	W10M
σταθεροποιητής τάσης	LM7809

Πίνακας 8.3.1.2 : Πίνακας εξαρτημάτων τροφοδοτικού

8.3.2 Κατασκευή σε breadboard

Αφού σχεδιάστηκε και περιγράφηκε το κύκλωμα του ραδιοφωνικού δέκτη FM, ακολούθησε η κατασκευή του στο εργαστήριο ηλεκτρονικών της σχολής. Αρχικά το συναρμολόγησα σε πινακίδα breadboard για να ελεγχθεί η λειτουργία του κυκλώματος. Τοποθέτησα με προσοχή για τη σωστή συνδεσμολογία ένα ένα τα εξαρτήματα στην επιφάνεια της breadboard. Σύνδεσα ένα μεγάφωνο 8 Ω /0.25W και μια μπαταρία 9Volt για τροφοδοσία με κορκοδειλάκια προσέχοντας την πολικότητα. Τέλος έβαλα ένα κομμάτι καλωδίου για κεραία. Στο σχήμα 8.3.2.1 φαίνεται το κύκλωμα.



Σχήμα 8.3.2.1 : Το κύκλωμα του δέκτη FM σε breadboard

Μόλις σύνδεσα την μπαταρία και το κύκλωμα τέθηκε σε λειτουργία ακουγόταν από το μεγάφωνο ένα φύσημα. Τότε άρχισα να πειράζω το ποτενσιόμετρο συντονισμού σταθμών. Ο δέκτης άρχισε να συντονίζεται σε διάφορους σταθμούς. Έτσι άκουγα από το μεγάφωνο τον επιλεγμένο σταθμό ή ένα φύσημα όταν δεν ήταν σε κατάσταση συντονισμού κάποιας συχνότητας. Διαπίστωσα λοιπόν, ότι λειτουργούσε κανονικά ο δέκτης, καθώς και το σύστημα σίγασης. Αυξομείωσα στην συνέχεια την ένταση του μεγαφώνου με το άλλο ποτενσιόμετρο έχοντας σωστή λειτουργία.

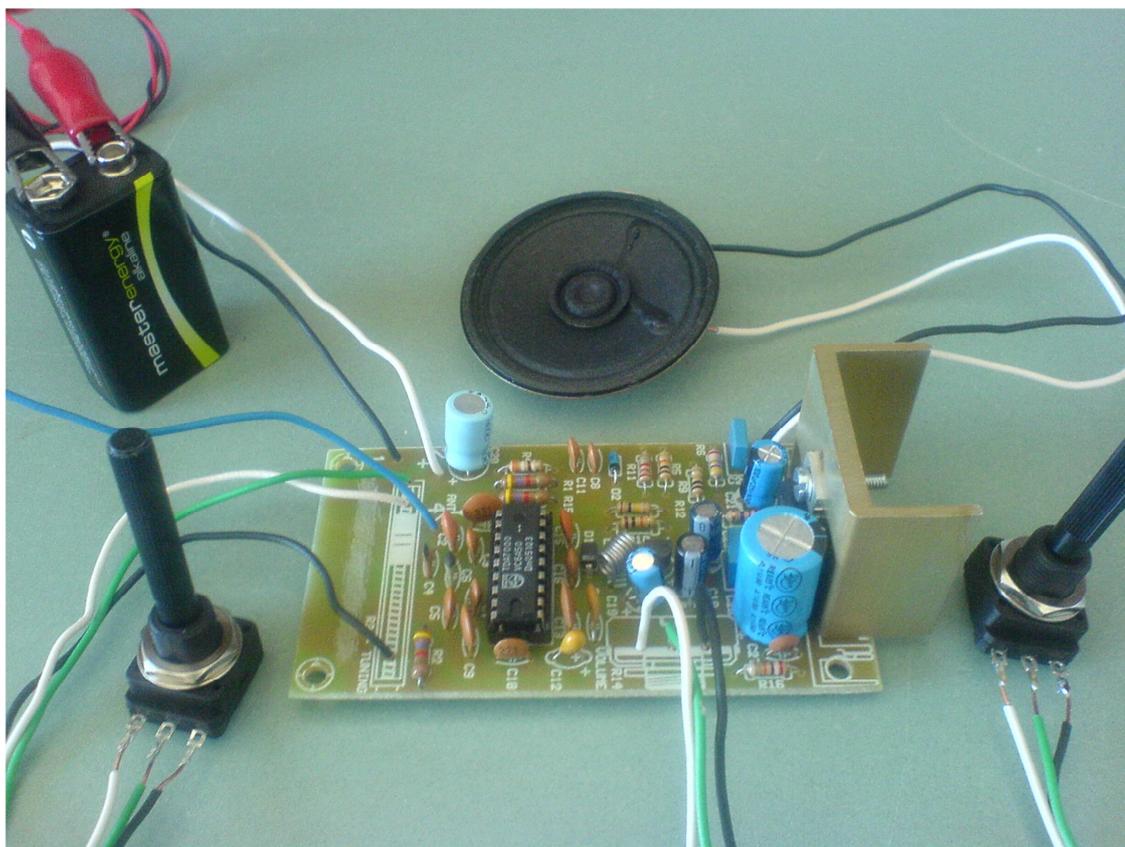
8.3.3 Κατασκευή σε πλακέτα

Αφού διαπιστώθηκε ότι η συνδεσμολογία του κυκλώματος είναι σωστή και λειτουργεί, ακολούθησε η κατασκευή σε πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος. Για να κολλήσω ένα εξάρτημα τοποθετούσα τη μύτη του κολλητηριού πάνω στον αγωγό που ήθελα να κολλήσω ώστε να εφάπτεται με την πλακέτα και άφηνα την μύτη του κολλητηριού να ζεστάνει τον αγωγό και την νησίδα (pad) για 3-5 δευτερόλεπτα. Κατόπιν πλησίαζα το σύρμα της κόλλησης και αμέσως άρχιζε να λιώνει και να απλώνει γύρω από τον αγωγό σχηματίζοντας ένα ομοιόμορφο κώνο. Έτσι μόνο είμαστε βέβαιοι ότι το εξάρτημα είναι κολλημένο σωστά και ότι η κόλληση δεν είναι ψυχρή που μπορεί να προκαλέσει διακοπές στο κύκλωμα.

Πρώτα κολλήθηκαν οι αντιστάσεις οι οποίες δεν έχουν φορά τοποθέτησης. Στη συνέχεια κολλήθηκαν οι δίοδοι με την σωστή πολικότητα. Ακολούθως κολλήθηκαν οι κεραμικοί πυκνωτές, η βάση του TDA7000 με το σωστό προσανατολισμό και το πηνίο. Οι ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές έχουν πολικότητα και τοποθετήθηκαν με τη σωστή πολικότητα (ο μακρύς ακροδέκτης συμβολίζει τον θετικό πόλο του πυκνωτή). Τέλος κολλήθηκε το τρανζίστορ και το TDA2002 αφού πρώτα βιδώθηκε πάνω σε ψύκτρα διότι κατά την λειτουργία του ανεβάζει θερμοκρασία.

Αφού τελείωσα με τις κολλήσεις, έκανα έναν προσεκτικό έλεγχο και καθάρισα την πλακέτα με ασετόν. Σύνδεσα τα ποτενσιόμετρα (ρύθμισης συντονισμού συχνότητας και έντασης μεγαφώνου αντίστοιχα), το μεγάφωνο με την σωστή πολικότητα και ένα κομμάτι καλώδιο ψιλό για κεραία. Τέλος σύνδεσα μια μπαταρία 9V με την σωστή πολικότητα για τροφοδοσία και αμέσως άκουσα ένα φύσημα από το μεγάφωνο. Γυρίζοντας το πολύστροφο ποτενσιόμετρο άρχισα να πιάνω σταθμούς ή να ακούω το φύσημα όταν ο δέκτης δεν ήταν σε κατάσταση συντονισμού. Γυρίζοντας το άλλο ποτενσιόμετρο άρχισα να αυξομειώνω την ένταση του μεγαφώνου. Παρατήρησα ότι ο δέκτης λειτουργούσε κανονικά έχοντας καλύτερο και καθαρότερο ήχο. Αυτό οφείλεται στο ότι οι επαφές των εξαρτημάτων στην πλακέτα είναι καλύτερες αλλά και στη χρήση καλωδίων σύνδεσης που χρησιμοποιήθηκαν στην breadboard και εισάγουν θόρυβο.

Στο σχήμα 8.3.3.1 φαίνεται η κατασκευή του κυκλώματος δέκτη FM σε πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος.



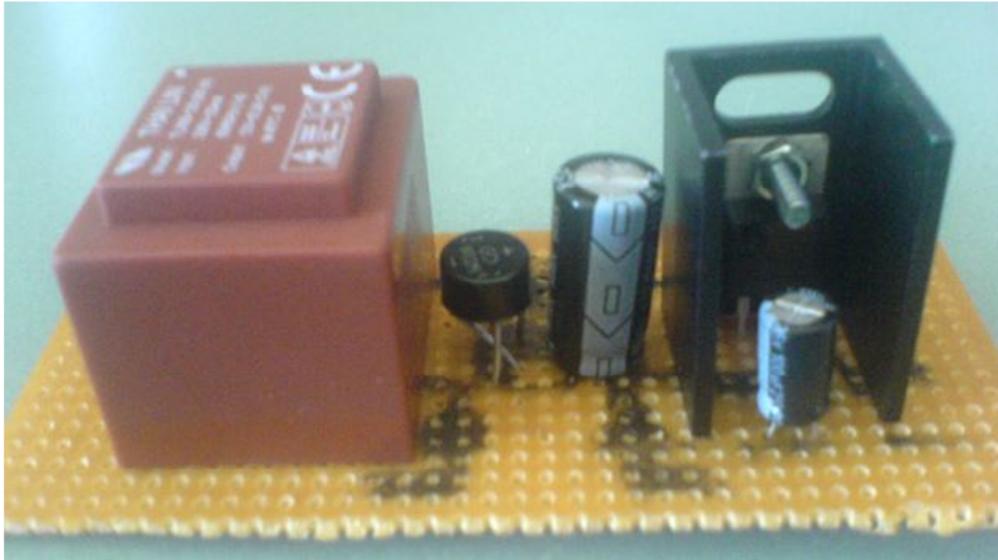
Σχήμα 8.3.3.1 : Η κατασκευή του δέκτη FM σε πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος

8.3.4 Κατασκευή τροφοδοτικού

Για τον έλεγχο λειτουργίας του δέκτη χρησιμοποιήθηκε μια μπαταρία 9V για τροφοδοσία. Προτίμησα όμως να κατασκευάσω ένα τροφοδοτικό για DC πηγή 9V, που παρέχει σταθερή τροφοδοσία στο κύκλωμα συνεχώς και εξασφαλίζει την σταθερότητα στην συχνότητα συντονισμού.

Η κατασκευή του τροφοδοτικού έγινε σε διάτρητη πλακέτα. Βίδωσα τον σταθεροποιητή τάσης LM7809 σε ψύκτρα γιατί κατά την λειτουργία του θερμαίνεται. Τοποθέτησα τα εξαρτήματα πάνω στην πλακέτα για να φτιάξω την διάταξή τους. Αρχισα να κολλάω τα εξαρτήματα με προσοχή φτιάχνοντας με το σύρμα κόλλησης τους αγωγούς διέλευσης του ρεύματος.

Αφού τελείωσα έδωσα στο τροφοδοτικό ρεύμα από μια πρίζα. Με ένα πολύμετρο μέτρησα την τάση στην έξοδο του τροφοδοτικού (τα 2 ποδαράκια του πυκνωτή 100 μ F). Η τάση μετρήθηκε 8,97V που σημαίνει ότι δουλεύει σωστά. Στο σχήμα 8.3.4.1 φαίνεται η κατασκευή του τροφοδοτικού.



Σχήμα 8.3.4.1 : Κατασκευή τροφοδοτικού 9V

8.3.5 Κατασκευή κουτιού

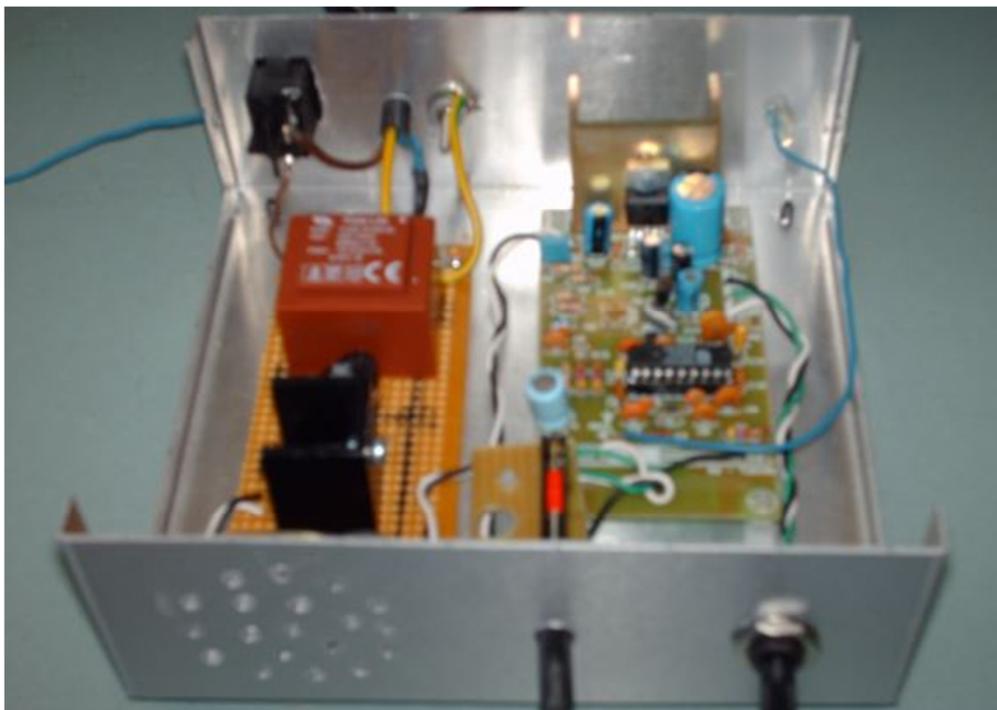
Είναι απαραίτητο οι κατασκευές των κυκλωμάτων του δέκτη και του τροφοδοτικού να τοποθετηθούν σε μεταλλικό κουτί, διότι το κουτί παρέχει προστασία στα κυκλώματα από φθορές, πιθανές πτώσεις, γρατζουνιές κι έτσι συντηρούνται ακέραια στο έπακρο. Επιπλέον, το κουτί θωρακίζει το κύκλωμα από διάφορες ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες που υποβαθμίζουν την ποιότητα και τη λειτουργία του συστήματός μας.

Έτσι λοιπόν, διάλεξα ένα κουτί που να μπορούν να τοποθετηθούν και οι δύο πλακέτες (δέκτη και τροφοδοτικού), αφήνοντας χώρους για τις συνδέσεις καλωδίων και τοποθέτησης των εξαρτημάτων. Πρώτα έπρεπε να βάλω αποστάτες που θα στηρίζουν τις πλακέτες χωρίς να ακουμπάνε στο κουτί. Σημάδεψα τα σημεία για τους αποστάτες και με ένα τρυπάνι τρύπησα το κουτί. Αφού τελείωσα το λίμαρα. Έβαλα τους αποστάτες και πάνω τους στερέωσα τις πλακέτες τελειώνοντας με την βάση του κουτιού.

Στην συνέχεια έπρεπε να φτιάξω την μπροστινή όψη του κουτιού. Στην αριστερή πλευρά έκανα πολλές μικρές τρύπες με το τρυπάνι σε σχήμα κύκλου προκειμένου να τοποθετηθεί το μεγάφωνο όπου θα ακούγεται ο ήχος. Στην υπόλοιπη επιφάνεια έβαλα τα δύο ποτενσιόμετρα ρύθμισης του δέκτη. Μέτρησα την διάμετρο των ποτενσιόμετρων και σημάδεψα τα σημεία που ήθελα να τοποθετηθούν. Με το τρυπάνι άνοιξα τις τρύπες. Αφού τελείωσα, λίμαρα το κουτί. Τοποθέτησα τα δύο ποτενσιόμετρα στις υποδοχές και τα βίδωσα. Με θερμόκολλα κόλλησα δύο οδοντογλυφίδες στα άκρα των μικρών τρυπών και πάνω τους το μεγάφωνο για να μην ακουμπάει στο κουτί η μεμβράνη.



Σχήμα 8.3.5.1 : Η μπροστινή όψη του κουτιού



Σχήμα 8.3.5.2 : Η πίσω όψη του κουτιού

Στην πίσω όψη του κουτιού από την μεριά της πλακέτας του τροφοδοτικού σημάδεψα τις διαστάσεις του διακόπτη και του καλωδίου τροφοδοσίας και στην άλλη μεριά το σημείο όπου θα περάσει η κεραία. Με το τρυπάνι άνοιξα τις τρύπες και μόλις τελείωσα λίμαρα το κουτί. Τοποθέτησα τον διακόπτη και κόλλησα με λίγη θερμόκολλα το καλώδιο που χρησιμοποιείται για κεραία. Το καλώδιο τροφοδοσίας το έβαλα στην υποδοχή του και κόλλησα με το κολλητήρι το μπλε καλώδιο με το ένα ποδαράκι του μετασχηματιστή. Το καφέ καλώδιο το κόλλησα στο ένα ποδαράκι του διακόπτη και το άλλο του ποδαράκι το κόλλησα με το άλλο ποδαράκι του μετασχηματιστή. Το κίτρινο καλώδιο το βίδωσα πάνω στο κουτί για να το γειώσω.

Τέλος, αφού τοποθέτησα όλα τα εξαρτήματα στο κουτί σύνδεσα με καλώδια τα δύο ποτενσιόμετρα και το μεγάφωνο στην πλακέτα κυκλώματος του δέκτη. Βίδωσα δύο κουμπιά πάνω στα ποτενσιόμετρα και το μεταλλικό καπάκι του κουτιού ώστε η συσκευή να πάρει την τελική της μορφή.



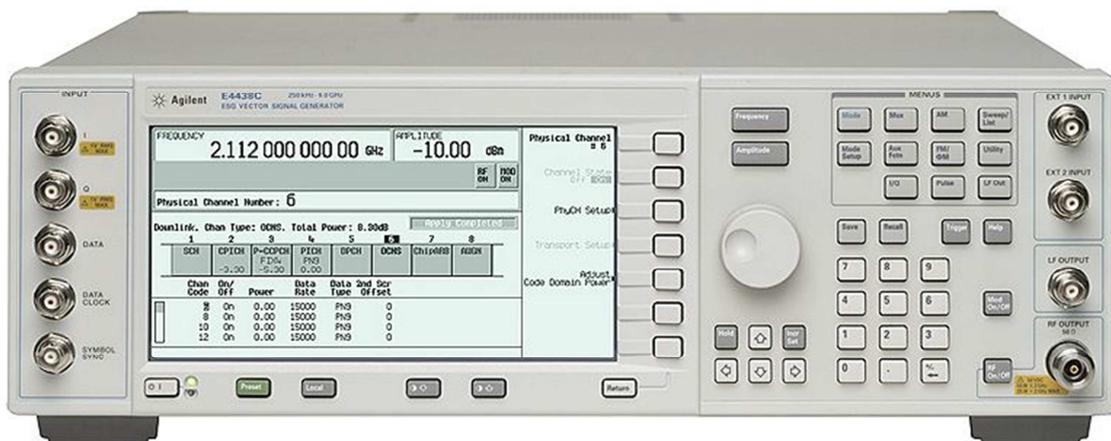
Σχήμα 8.3.5.3 : Η συσκευή του δέκτη FM

Μόλις ολοκλήρωσα την κατασκευή την έβαλα στην πρίζα και άνοιξα τον διακόπτη. Έδωσα λίγη ένταση στο μεγάφωνο και σκάναρα την περιοχή εύρους λειτουργίας της συσκευής. Ο δέκτης λειτούργησε κανονικά κάτι που σημαίνει ότι η συσκευή είναι έτοιμη για χρήση.

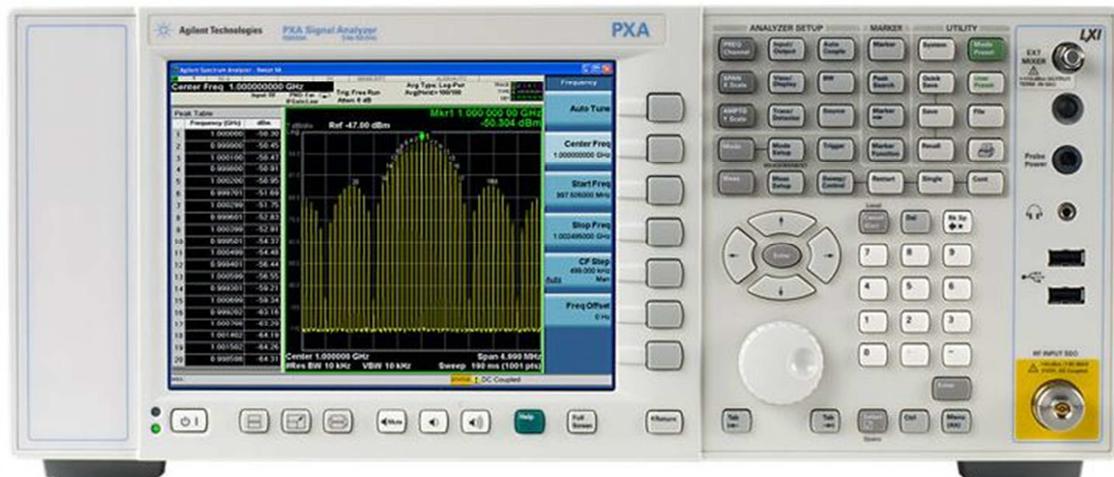
8.4 Μέτρηση των τεχνικών χαρακτηριστικών του δέκτη FM

Μια συσκευή λήψης ραδιοφωνικού σήματος για να πληρεί τον όρο της «καλής αγοράς» πρέπει να έχει καλή ευαισθησία, επιλεκτικότητα και πιστότητα. Αυτά είναι τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των δεκτών που θα μετρηθούν και στον ραδιοφωνικό δέκτη FM που κατασκευάσα.

Για την πραγματοποίηση των μετρήσεων χρειάζονται 2 γεννήτριες RF που παράγουν διαμορφωμένο σήμα FM (σχήμα 8.4.1), ένας αναλυτής φάσματος (σχήμα 8.4.2) και ένα ψηφιακό πολύμετρο (ή αναλογικό)



Σχήμα 8.4.1 : Γεννήτρια RF (RF Generator)

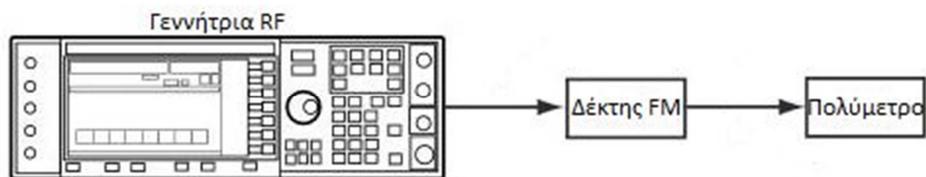


Σχήμα 8.4.2 : Αναλυτής Φάσματος (Spectrum Analyzer)

Ευαισθησία

Η ικανότητα ενίσχυσης των δεκτών είναι διαφορετική ως προς τα ασθενή σήματα. Αυτή η διαφορά ενίσχυσης των ασθενών σημάτων ονομάζεται ευαισθησία. Η ευαισθησία εκφράζεται από την ελάχιστη τάση που πρέπει να ενεργοποιήσει τον δέκτη για να αποδώσει ορισμένη ισχύ εξόδου που έχει οριστεί σαν στάθμη καλής λειτουργίας. Η ευαισθησία των δεκτών ανάλογα με την περιοχή συχνοτήτων που λειτουργούν κυμαίνεται σε διάφορα όρια. Στους σύγχρονους δέκτες αναφέρονται ευαισθησίες από 1μV (ποιοτικοί δέκτες) μέχρι 300μV (δέκτες κατώτερης ποιότητας).

Στο σχήμα 8.4.3 φαίνεται η διαδικασία μέτρησης της ευαισθησίας του δέκτη FM. Μία γεννήτρια RF ρυθμίζεται να παράγει ένα σήμα FM το οποίο έχει φέρουσα 1GHz, σήμα διαμόρφωσης 1KHz και απόκλιση συχνότητας 3KHz. Το σήμα από την έξοδο της γεννήτριας οδηγείται στην είσοδο του δέκτη. Στην έξοδο του δέκτη συνδέεται ένα ψηφιακό (ή αναλογικό) πολύμετρο ρυθμισμένο στην κλίμακα μV και καταγράφεται η τιμή η οποία ορίζει την ευαισθησία του δέκτη.



Σχήμα 8.4.3 : Διάγραμμα μεθόδου μέτρησης της ευαισθησίας του δέκτη FM

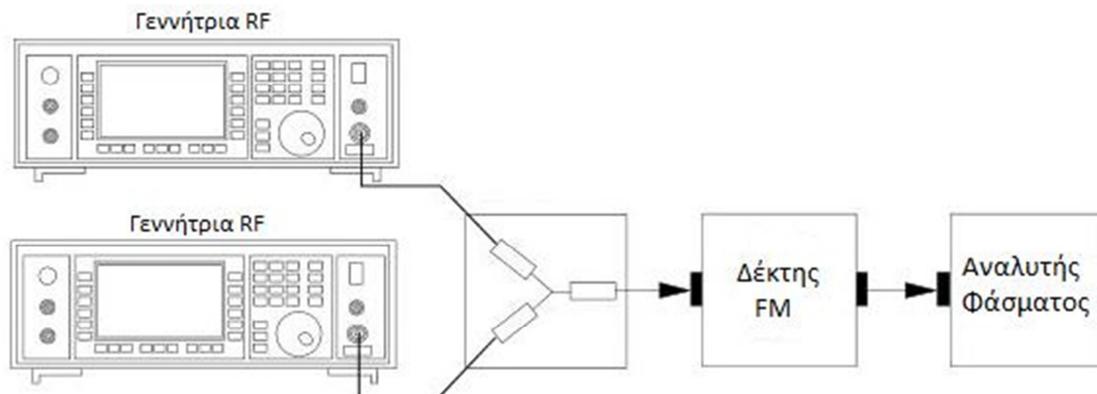
Ο δέκτης που κατασκευάσαμε απαρτίζεται από το IC TDA7000. Το datasheet του ολοκληρωμένου (τεχνικά χαρακτηριστικά, σελ.5) μας δίνει την ευαισθησία 1,5μV. Στο εργαστήριο ηλεκτρονικών της σχολής όπου εκπονήθηκε η πτυχιακή εργασία, δεν υπήρχε ο απαιτούμενος εξοπλισμός οργάνων μέτρησης για να πραγματοποιηθεί η μέτρηση και να επαληθευτεί. Συνεπώς δεχόμαστε την μέτρηση που δίνει το datasheet του δέκτη.

Επιλεκτικότητα

Η ικανότητα του δέκτη να επιλέγει το σήμα της επιθυμητής συχνότητας απορρίπτοντας τα υπόλοιπα γειτονικά σήματα ονομάζεται επιλεκτικότητα. Η επιλεκτικότητα λαμβάνεται από συντονισμένα κυκλώματα LC. Ένα χαρακτηριστικό τους είναι η ποιότητα Q που ορίζεται από το λόγο της επαγωγικής αντίδρασης του πηνίου προς την ωμική αντίστασή του $Q = 2\pi fL / R$. Το εύρος ζώνης ενός συντονισμένου κυκλώματος είναι ένα μέτρο της επιλεκτικότητας του. Το εύρος ζώνης καθορίζεται από τη συχνότητα συντονισμού f_0 και του συντελεστή Q από τη σχέση $BW = f_0 / Q$. Όσο πιο μεγάλο είναι το Q (αυξάνει καθώς μειώνουμε την ωμική αντίσταση του πηνίου), τόσο

πιο στενό γίνεται το εύρος ζώνης και επομένως καλύτερη επιλεκτικότητα η οποία εκφράζεται σε dB.

Στο σχήμα 8.4.4 φαίνεται η διαδικασία μέτρησης της επιλεκτικότητας του δέκτη FM. Μία γεννήτρια RF ρυθμίζεται να παράγει ένα σήμα FM το οποίο έχει φέρουσα 1GHz, σήμα διαμόρφωσης 1KHz και απόκλιση συχνότητας 3KHz. Μία δεύτερη γεννήτρια RF παράγει ένα σήμα παρεμβολής είτε μέσα, είτε έξω από την μπάντα του σήματος FM της πρώτης γεννήτριας. Τα δύο σήματα οδηγούνται σε έναν συνδυαστή και με τη σειρά του τα στέλνει στην είσοδο του δέκτη. Στην έξοδο του δέκτη συνδέεται ένας αναλυτής φάσματος ο οποίος απεικονίζει τα δύο σήματα και καταγράφει στα πόσα dB εύρους ζώνης το σήμα FM δεν επηρεάζεται από το σήμα παρεμβολής.



Σχήμα 8.4.4 : Διάγραμμα μεθόδου μέτρησης της επιλεκτικότητας του δέκτη FM

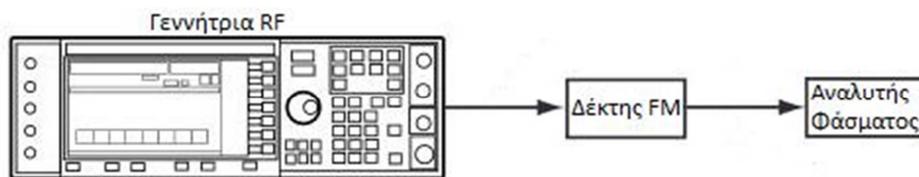
Το datasheet του IC TDA7000 (τεχνικά χαρακτηριστικά, σελ.5) μας δίνει την επιλεκτικότητα 35dB. Επειδή δεν υπήρχε ο απαιτούμενος εξοπλισμός οργάνων μέτρησης, δεχτήκαμε την μέτρηση που μας δίνει το datasheet του δέκτη χωρίς να επαληθευτεί.

Πιστότητα

Η ικανότητα του δέκτη να αποδίδει στην έξοδό του το σήμα πληροφορίας χωρίς παραμορφώσεις ονομάζεται πιστότητα. Πρακτικά όμως, εμφανίζεται ένα ποσοστό παραμόρφωσης που ονομάζεται Ολική Αρμονική Παραμόρφωση (Total Harmonic Distortion – THD). Ορίζεται ως ο λόγος του αθροίσματος του πλάτους των αρμονικών προς το πλάτος της θεμελιώδους και μετριέται σε dB ή (%). Μετρά την μη γραμμικότητα των συστημάτων όταν αυτά διεγείρονται από ημιτονικές κυματομορφές.

$$\%THD = \frac{\Sigma \text{ πλάτους των αρμονικών}}{\text{πλάτος της θεμελιώδους συχνότητας}} = \frac{P2 + P3 + P4 + \dots + Pn}{P1} * 100\%$$

Στο σχήμα 8.4.5 φαίνεται η διαδικασία μέτρησης της THD του δέκτη FM. Μία γεννήτρια RF ρυθμίζεται να παράγει ένα σήμα FM το οποίο έχει φέρουσα 1GHz, σήμα διαμόρφωσης 1KHz και απόκλιση συχνότητας 3KHz. Το σήμα από την έξοδο της γεννήτριας οδηγείται στην είσοδο του δέκτη. Στην έξοδο του δέκτη συνδέεται ένας αναλυτής φάσματος ο οποίος απεικονίζει το σήμα και τις αρμονικές του και καταγράφονται τα πλάτη τους. Με τη χρήση του τύπου υπολογίζεται το ποσοστό της παραμόρφωσης.



Σχήμα 8.4.5 : Διάγραμμα μεθόδου μέτρησης της THD του δέκτη FM

Το datasheet του IC TDA7000 (τεχνικά χαρακτηριστικά, σελ.5) μας δίνει την THD 0,7%. Επειδή δεν υπήρχε ο απαιτούμενος εξοπλισμός οργάνων μέτρησης, δεχτήκαμε την μέτρηση που μας δίνει το datasheet του δέκτη χωρίς να επαληθευτεί.

8.5 Σύγκριση με δέκτη του εμπορίου

Αφού ολοκληρώθηκε η κατασκευή του δέκτη και μετρήθηκαν τα τεχνικά χαρακτηριστικά του, προχώρησα στο τελικό στάδιο της πτυχιακής εργασίας, δηλαδή την σύγκρισή του με έναν ραδιοφωνικό δέκτη του εμπορίου. Επέλεξα αυτόν που υπάρχει στην σχολή τον Technics ST-GT550 stereo synthesizer tuner όπως φαίνεται στο σχήμα 8.5.1. Στον πίνακα 8.5.1 παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του παράλληλα με τα χαρακτηριστικά του δέκτη της πτυχιακής.



Σχήμα 8.5.1 : Ο δέκτης Technics ST-GT550

Τεχνικά Χαρακτηριστικά	Technics ST-GT550	Δέκτης Πτυχιακής
Ευαισθησία	1,3μV (S/N 30dB) 1,2μV (S/N 26dB) 0,9μV (S/N 20dB)	1,5μV
Επιλεκτικότητα	70dB	35dB
Παραμόρφωση THD	0,2%	0,7%
Σηματοθορυβικός Λόγος (S/N)	70dB	60dB

Πίνακας 8.5.1 : Τεχνικά χαρακτηριστικά των δύο δεκτών

Άρχισα από την συχνότητα 87,5MHz να εντοπίζω έναν έναν τους σταθμούς στους οποίους συντονίζεται ο δέκτης Technics ST-GT550. Έφτασα ως το τέλος του εύρους συχνοτήτων λήψης δηλαδή 108MHz καταγράφοντας 37 σταθμούς. Στην συνέχεια επανέλαβα την διαδικασία εντοπίζοντας παράλληλα και τους σταθμούς που συντονίζει ο δέκτης που κατασκεύασα για να παρατηρήσω που συμπίπτουν. Συντονίστηκε στους 18 από τους 37 σταθμούς που συντονίστηκε ο δέκτης Technics ST-GT550. Στον πίνακα 8.5.2 φαίνονται οι συχνότητες συντονισμού του δέκτη Technics ST-GT550 και στον πίνακα 8.5.3 φαίνονται οι συχνότητες συντονισμού του δέκτη της πτυχιακής.

Technics ST-GT550	
87,5 MHz – Ράδιο Αμόρε	96.4 MHz – Ράδιο Άστρο
88,6 MHz – Τάλως FM	97.0 MHz– Αντέννα Κρήτης
89.1 MHz – Art FM	97.7 MHz – Star FM
89.6 MHz – Super FM	98.0 MHz – Studio 98
89.8 MHz – Top FM	98.2 MHz – Magic FM
90.5 MHz – Χανιά Supersport FM	98.8 MHz – Ράδιο Μεγαλόνησος
90.7 MHz – Capital	99.8 MHz – Ράδιο Ρέθυμνο
91.3 MHz – Sky FM	100.2 MHz – Max FM
91.5 MHz – Δίκτυο FM	100.9 MHz – Έρα Κρήτης
91.8 MHz – Ράδιο Φάρος	101.3 MHz – Μουσικό Κανάλι
92.4 MHz – Ράδιο Ριζίτες	101.5 MHz – Ράδιο Κρήτη
92.6 MHz – Best Radio	102.0 MHz – Team FM
92.9 MHz – NEPIT 1 ^ο πρόγραμμα	102.7 MHz – Μελωδία
93.6 MHz – Το Φως	103.3 MHz – Ρέθυμνο Sport FM
94.2 MHz – Ήχος FM	103.7 MHz – Ράδιο Υπάρχω
94.4 MHz – NEPIT 1 ^ο πρόγραμμα	104.7 MHz – Alpha FM
94.9 MHz – NEPIT 1 ^ο πρόγραμμα	106.5 MHz – Joy Radio
95.9 MHz – Fly FM	106.8 MHz – Cool FM
96.2 MHz – D-code	

Πίνακας 8.5.2 : Συχνότητες συντονισμού του δέκτη εμπορίου

Δέκτης της Πτυχιακής	
89.1 MHz – Art FM	96.4 MHz – Ράδιο Άστρο
89.8 MHz – Top FM	97.0 MHz– Αντέννα Κρήτης
90.7 MHz – Capital	98.0 MHz – Studio 98
91.3 MHz – Sky FM	100.9 MHz – Έρα Κρήτης
92.6 MHz – Best Radio	101.3 MHz – Μουσικό Κανάλι
92.9 MHz – NEPIT 1 ^ο πρόγραμμα	102.0 MHz – Team FM
93.6 MHz – Το Φως	102.7 MHz – Μελωδία
94.2 MHz – Ήχος FM	103.7 MHz – Ράδιο Υπάρχω
95.9 MHz – Fly FM	104.7 MHz – Alpha FM

Πίνακας 8.5.3 : Συχνότητες συντονισμού του δέκτη της πτυχιακής

Παρατηρήσεις

Το πρώτο που παρατηρώ κοιτάζοντας τα χαρακτηριστικά των δύο δεκτών είναι ότι έχουν πολύ μικρή ευαισθησία η οποία τους χαρακτηρίζει ως ποιοτικούς δέκτες. Όπως αναφέρθηκε και στην μέτρηση της ευαισθησίας του δέκτη, όσο πιο ευαίσθητος είναι τόσο πιο καθαρό σήμα δίνει στην έξοδό του.

Το δεύτερο μεγάλο χαρακτηριστικό ενός δέκτη όπως είδαμε στην θεωρία είναι η επιλεκτικότητα. Από τα τεχνικά χαρακτηριστικά παρατηρώ ότι ο δέκτης του εμπορίου έχει μια αρκετά καλή επιλεκτικότητα σε αντίθεση με τον δέκτη της πτυχιακής που έχει ακριβώς την μισή και σαφώς υποδεέστερη. Η μεγάλη επιλεκτικότητα βοηθάει τον δέκτη να μην επηρεάζεται από γειτονικές συχνότητες (παρεμβολές) κατά τον συντονισμό σε μία συχνότητα, με αποτέλεσμα το σήμα να διεισδύει στις βαθμίδες και να αποδιαμορφώνεται καθαρότερο αποδίδοντας καλύτερο σήμα στην έξοδο.

Το τρίτο χαρακτηριστικό που αλληλοσυνδέεται με την ευαισθησία και την επιλεκτικότητα για να χαρακτηρίσει έναν δέκτη ποιοτικό η κατώτερης ποιότητας είναι η ολική αρμονική παραμόρφωση. Και οι δύο δέκτες έχουν μια ικανοποιητική THD με τον δέκτη του εμπορίου ωστόσο να υπερέχει. Όσο χαμηλότερο είναι το ποσοστό της παραμόρφωσης τόσο πιο καθαρός είναι ο ήχος στην έξοδο του δέκτη.

Όσο αφορά τον σηματοθορυβικό λόγο (S/N) και οι δύο δέκτες έχουν μέτριο ποσοστό. Όταν δεν είναι μεγάλος ο λόγος S/N ο δέκτης δεν μπορεί να λαμβάνει πολύ ασθενή σήματα χωρίς διείσδυση θορύβου. Ο δέκτης του εμπορίου έχει ένα μεγαλύτερο ποσοστό της τάξης των 10dB, ο δέκτης όμως της πτυχιακής έχει ενδιάμεση συχνότητα 70KHz και με τόσο μικρή φέρουσα ισοσταθμίζει ως ένα βαθμό το χαμηλότερο λόγο S/N.

Με μια συνοπτική αποτίμηση των χαρακτηριστικών των δύο δεκτών, βλέπω ότι ο δέκτης του εμπορίου είναι μια καλύτερη συσκευή λήψης ραδιοφωνικού σήματος. Αυτό φαίνεται και από τους περισσότερους σταθμούς στους οποίους συντονίστηκε, διπλάσιος αριθμός από τους σταθμούς που συντονίστηκε ο δέκτης της πτυχιακής. Είναι βέβαια λογικό, διότι και μόνο από το μέγεθος καταλαβαίνω ότι οι βαθμίδες του είναι κατασκευασμένες με μεγαλύτερη λεπτομέρεια και ειδικά υλικά και ρυθμίσεις. Έτσι ο δέκτης που κατασκεύασα με αφήνει αρκετά ικανοποιημένο από την απόδοσή του και τη λειτουργία του. Συντονίζεται στους μισούς σταθμούς και στους περισσότερους με καλό συντονισμό και καθαρότητα στο σήμα εξόδου. Και αυτό με σαφώς μικρότερες διαστάσεις που περιορίζουν τις ρυθμίσεις που βέβαια χρειάζεται εξειδικευμένο κατασκευαστή, αλλά και μικρότερο κόστος.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η σχεδίαση ενός ραδιοφωνικού δέκτη FM θέλει μεγάλη προσοχή στη λήψη / απόρριψη ανεπιθύμητων σημάτων, υψηλό σηματοθορυβικό λόγο στην είσοδό του και μεγάλη ευαισθησία και επιλεκτικότητα. Με την χρήση των δύο ολοκληρωμένων κυκλωμάτων TDA7000 και TDA2002 κατασκευάσα έναν ικανοποιητικό σε απόδοση δέκτη με βάση τις παραπάνω προδιαγραφές, περιορίζοντας πολύ τις διαστάσεις και το κόστος του, αλλά και ειδικά υλικά και ρυθμίσεις που θα απαιτούσε η κάθε βαθμίδα αν την έφτιαχνα ξεχωριστά.

Από τις μετρήσεις του δέκτη παρατηρώ ότι έχει πολύ χαμηλή ευαισθησία 1,5mV (μέγεθος που χαρακτηρίζει έναν δέκτη ποιοτικό) η οποία περιορίζει τον θόρυβο και παρέχει καθαρότητα στο σήμα εξόδου ακόμα και με το απλό καλώδιο σύνδεσης που χρησιμοποιείται για κεραία.

Επιπλέον ανταποκρίνεται ικανοποιητικά σε όλο το εύρος λειτουργίας 88 - 108 MHz, παρουσιάζοντας καλό συντονισμό και ικανοποιητική θερμοκρασιακή λειτουργία.

Επιπρόσθετα ο δέκτης δεν παρουσιάζει μεγάλη κατανάλωση ρεύματος, γεγονός που επιτρέπει τη χρησιμοποίηση μπαταριών εφόσον το επιθυμούμε με μεγάλη διάρκεια ζωής.

Στα μειονεκτήματα του δέκτη καταγράφω ότι δεν διαθέτει κύκλωμα αυτόματου ελέγχου κέρδους (AGC) που ρυθμίζει διαρκώς το κέρδος του δέκτη και μπορεί να αυξάνει το δυναμικό του εύρος. Ο σηματοθορυβικός λόγος δεν είναι πολύ μεγάλος (60dB) κι έτσι δεν μπορεί να λαμβάνει πολύ ασθενή σήματα δίχως διείσδυση θορύβου. Επίσης δεν έχει μεγάλη επιλεκτικότητα.

Βελτιώσεις που μπορούν να γίνουν για την καλύτερη απόδοση του δέκτη είναι:

Η χρήση μιας καλύτερης κεραίας η οποία μπορεί να βελτιώσει το σηματοθορυβικό λόγο S/N και παράλληλα την ευαισθησία του δέκτη.

Η ευαισθησία μπορεί να βελτιωθεί περισσότερο εάν προσθέσουμε στην είσοδο του δέκτη (ακροδέκτες 13 και 14 του TDA7000) έναν ακόμα χαμηλού θορύβου ενισχυτή (LNA) πέρα από αυτόν που ήδη διαθέτει το ολοκληρωμένο στο εσωτερικό του.

Όσο αφορά την επιλεκτικότητα μπορούμε να έχουμε καλύτερα αποτελέσματα με την χρήση ενός εξωτερικού φίλτρου διέλευσης ζώνης το οποίο είναι μικρό στο μέγεθος και συνδέεται εύκολα στην είσοδο της κεραίας και στην έξοδό του συνδέεται η κεραία.

Τέλος η απόδοση του δέκτη αυξάνεται κατακόρυφα αν στην θέση του μικρού μεγαφώνου συνδέσουμε ένα μικρό ηχείο ή ένα μεγάφωνο ευρείας ζώνης ισχύος 5 – 10 Watt.

INTEGRATED CIRCUITS

DATA SHEET

TDA7000 FM radio circuit

Product specification
File under Integrated Circuits, IC01

May 1992

Philips
Semiconductors



PHILIPS

FM radio circuit**TDA7000****GENERAL DESCRIPTION**

The TDA7000 is a monolithic integrated circuit for mono FM portable radios, where a minimum on peripheral components is important (small dimensions and low costs).

The IC has an FLL (Frequency-Locked-Loop) system with an intermediate frequency of 70 kHz. The i.f. selectivity is obtained by active RC filters. The only function which needs alignment is the resonant circuit for the oscillator, thus selecting the reception frequency. Spurious reception is avoided by means of a mute circuit, which also eliminates too noisy input signals. Special precautions are taken to meet the radiation requirements.

The TDA7000 includes the following functions:

- R.F. input stage
- Mixer
- Local oscillator
- I.F. amplifier/limiter
- Phase demodulator
- Mute detector
- Mute switch

QUICK REFERENCE DATA

Supply voltage range (pin 5)	V_p	2,7 to 10 V
Supply current at $V_p = 4,5$ V	I_p	typ. 8 mA
R.F. input frequency range	f_{rf}	1,5 to 110 MHz
Sensitivity for -3 dB limiting (e.m.f. voltage) (source impedance: 75 Ω ; mute disabled)	EMF	typ. 1,5 μ V
Signal handling (e.m.f. voltage) (source impedance: 75 Ω)	EMF	typ. 200 mV
A.F. output voltage at $R_L = 22$ k Ω	V_o	typ. 75 mV

PACKAGE OUTLINE

18-lead DIL; plastic (SOT102HE); SOT102-1; 1996 July 24.

FM radio circuit

TDA7000

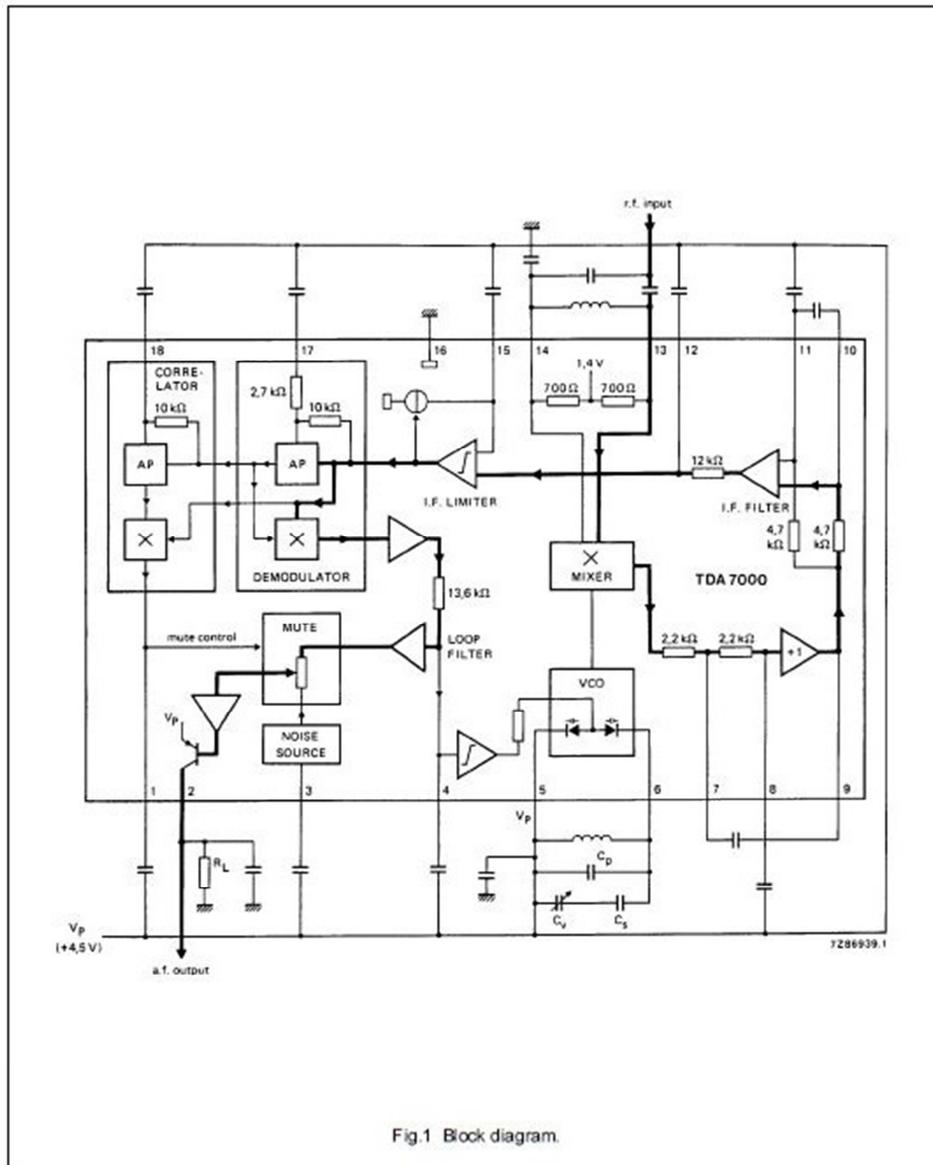


Fig.1 Block diagram.

FM radio circuit

TDA7000

RATINGS

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134)

Supply voltage (pin 5)	V_p	max.	12 V
Oscillator voltage (pin 6)	V_{6-5}	$V_p - 0,5$ to $V_p + 0,5$ V	
Total power dissipation		see derating curve Fig.2	
Storage temperature range	T_{stg}		-55 to +150 °C
Operating ambient temperature range	T_{amb}		0 to +60 °C

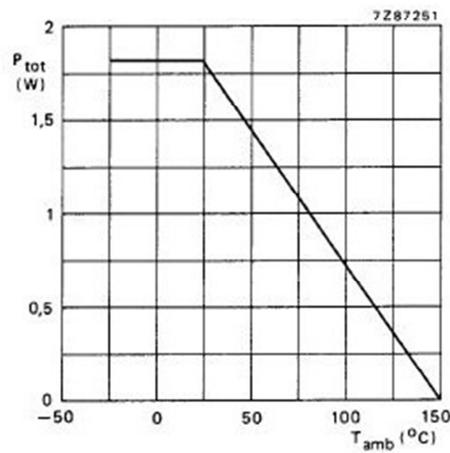


Fig.2 Power derating curve.

D.C. CHARACTERISTICS

 $V_p = 4,5$ V; $T_{amb} = 25$ °C; measured in Fig.4; unless otherwise specified

PARAMETER	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Supply voltage (pin 5)	V_p	2,7	4,5	10	V
Supply current at $V_p = 4,5$ V	I_p	-	8	-	mA
Oscillator current (pin 6)	I_6	-	280	-	μ A
Voltage at pin 14	V_{14-16}	-	1,35	-	V
Output current at pin 2	I_2	-	60	-	μ A
Voltage at pin 2; $R_L = 22$ k Ω	V_{2-16}	-	1,3	-	V

FM radio circuit

TDA7000

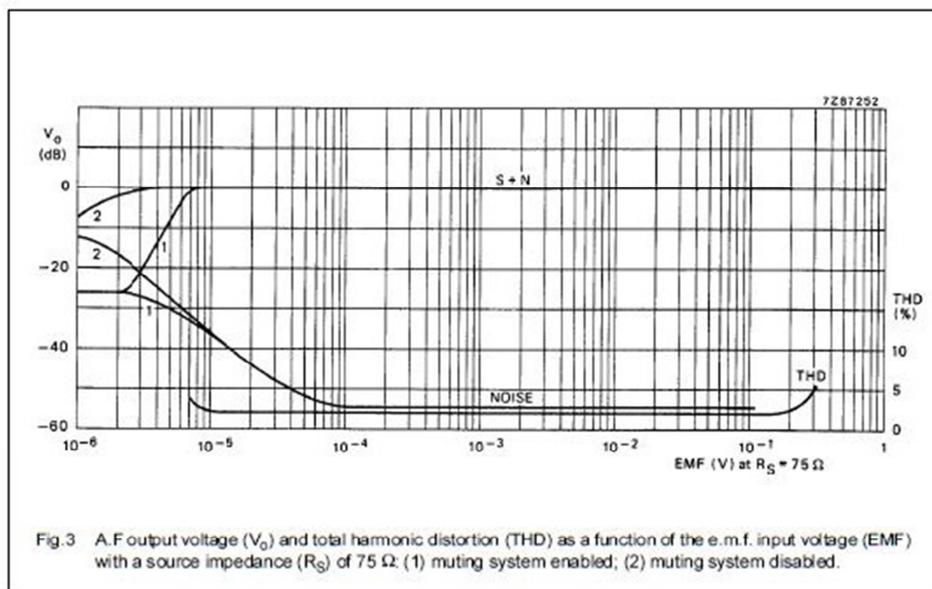
A.C. CHARACTERISTICS

$V_p = 4,5 \text{ V}$; $T_{amb} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$; measured in Fig.4 (mute switch open, enabled); $f_{rf} = 96 \text{ MHz}$ (tuned to max. signal at $5 \mu\text{V}$ e.m.f.) modulated with $\Delta f = \pm 22,5 \text{ kHz}$; $f_m = 1 \text{ kHz}$; EMF = 0,2 mV (e.m.f. voltage at a source impedance of 75Ω); r.m.s. noise voltage measured unweighted ($f = 300 \text{ Hz}$ to 20 kHz); unless otherwise specified.

PARAMETER	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Sensitivity (see Fig.3) (e.m.f. voltage) for -3 dB limiting; muting disabled	EMF	-	1,5	-	μV
for -3 dB muting	EMF	-	6	-	μV
for S/N = 26 dB	EMF	-	5,5	-	μV
Signal handling (e.m.f. voltage) for THD < 10%; $\Delta f = \pm 75 \text{ kHz}$	EMF	-	200	-	mV
Signal-to-noise ratio	S/N	-	60	-	dB
Total harmonic distortion at $\Delta f = \pm 22,5 \text{ kHz}$	THD	-	0,7	-	%
at $\Delta f = \pm 75 \text{ kHz}$	THD	-	2,3	-	%
AM suppression of output voltage (ratio of the AM output signal referred to the FM output signal) FM signal: $f_m = 1 \text{ kHz}$; $\Delta f = \pm 75 \text{ kHz}$ AM signal: $f_m = 1 \text{ kHz}$; $m = 80\%$	AMS	-	50	-	dB
Ripple rejection ($\Delta V_p = 100 \text{ mV}$; $f = 1 \text{ kHz}$)	RR	-	10	-	dB
Oscillator voltage (r.m.s. value) at pin 6	$V_{e-5(rms)}$	-	250	-	mV
Variation of oscillator frequency with supply voltage ($\Delta V_p = 1 \text{ V}$)	Δf_{osc}	-	60	-	kHz/V
Selectivity	S_{+300}	-	45	-	dB
	S_{-300}	-	35	-	dB
A.F.C. range	Δf_{rf}	-	± 300	-	kHz
Audio bandwidth at $\Delta V_o = 3 \text{ dB}$ measured with pre-emphasis ($t = 50 \mu\text{s}$)	B	-	10	-	kHz
A.F. output voltage (r.m.s. value) at $R_L = 22 \text{ k}\Omega$	$V_{o(rms)}$	-	75	-	mV
Load resistance at $V_p = 4,5 \text{ V}$	R_L	-	-	22	$\text{k}\Omega$
at $V_p = 9,0 \text{ V}$	R_L	-	-	47	$\text{k}\Omega$

FM radio circuit

TDA7000



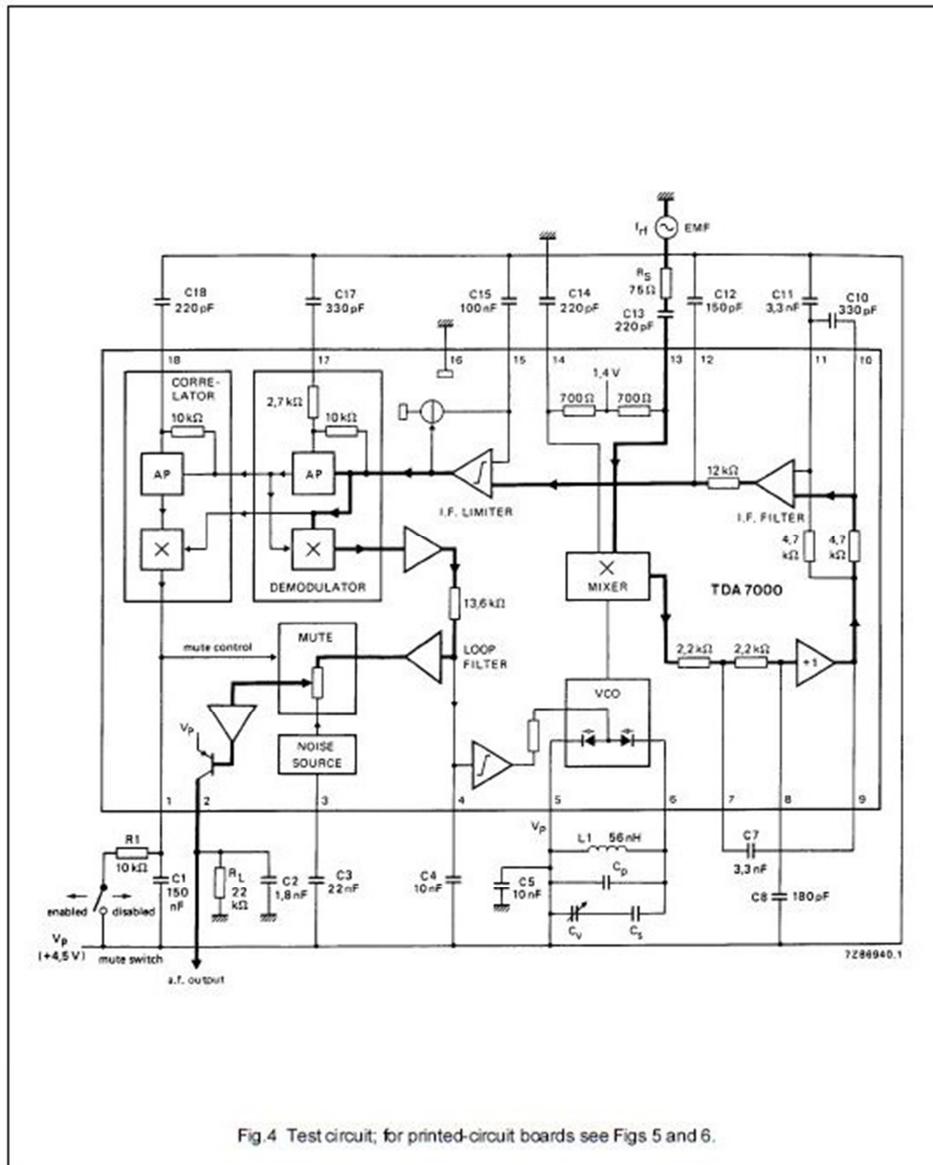
Conditions: $0 \text{ dB} = 75 \text{ mV}$; $f_{rf} = 96 \text{ MHz}$.
 for S + N curve: $\Delta f = \pm 22,5 \text{ kHz}$; $f_m = 1 \text{ kHz}$.
 for THD curve, $\Delta f = \pm 75 \text{ kHz}$; $f_m = 1 \text{ kHz}$.

Notes

1. The muting system can be disabled by feeding a current of about $20 \mu\text{A}$ into pin 1.
2. The interstation noise level can be decreased by choosing a low-value capacitor at pin 3. Silent tuning can be achieved by omitting this capacitor.

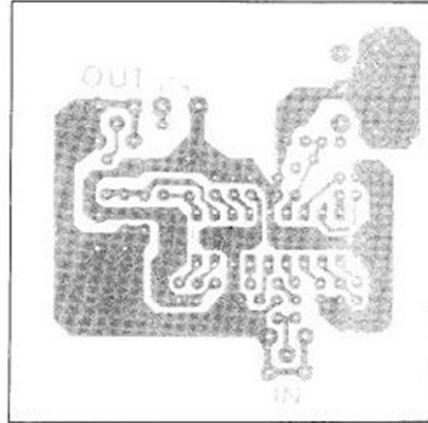
FM radio circuit

TDA7000



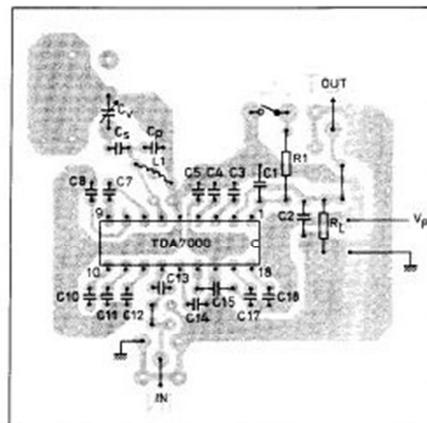
FM radio circuit

TDA7000



7266938 1

Fig.5 Track side of printed-circuit board used for the circuit of Fig.4.



7266937 1

Fig.6 Component side of printed-circuit board showing component layout used for the circuit of Fig.4.

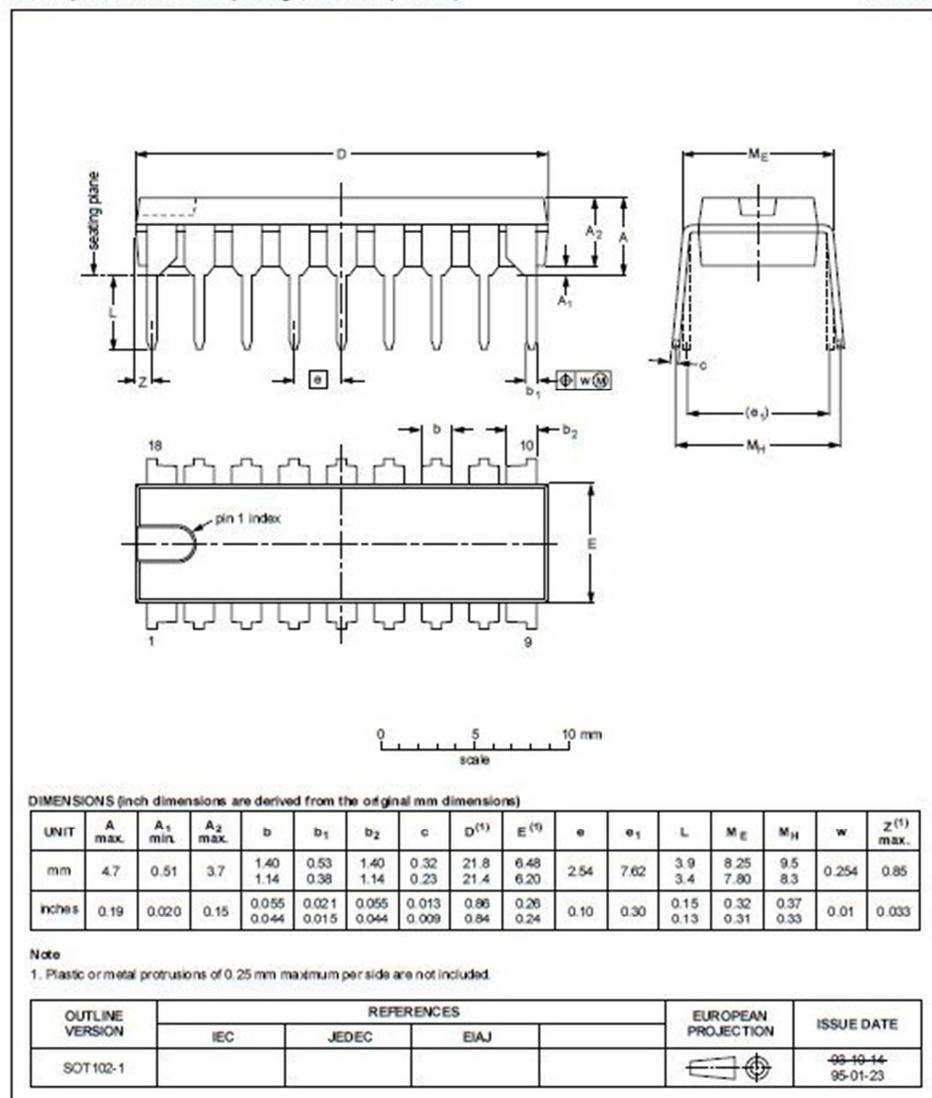
FM radio circuit

TDA7000

PACKAGE OUTLINE

DIP18: plastic dual in-line package; 18 leads (300 mil)

SOT102-1



May 1992

9

FM radio circuit

TDA7000

SOLDERING**Introduction**

There is no soldering method that is ideal for all IC packages. Wave soldering is often preferred when through-hole and surface mounted components are mixed on one printed-circuit board. However, wave soldering is not always suitable for surface mounted ICs, or for printed-circuits with high population densities. In these situations reflow soldering is often used.

This text gives a very brief insight to a complex technology. A more in-depth account of soldering ICs can be found in our "IC Package Databook" (order code 9398 652 90011).

Soldering by dipping or by wave

The maximum permissible temperature of the solder is 260 °C; solder at this temperature must not be in contact with the joint for more than 5 seconds. The total contact time of successive solder waves must not exceed 5 seconds.

The device may be mounted up to the seating plane, but the temperature of the plastic body must not exceed the specified maximum storage temperature ($T_{stg,max}$). If the printed-circuit board has been pre-heated, forced cooling may be necessary immediately after soldering to keep the temperature within the permissible limit.

Repairing soldered joints

Apply a low voltage soldering iron (less than 24 V) to the lead(s) of the package, below the seating plane or not more than 2 mm above it. If the temperature of the soldering iron bit is less than 300 °C it may remain in contact for up to 10 seconds. If the bit temperature is between 300 and 400 °C, contact may be up to 5 seconds.

DEFINITIONS

Data sheet status	
Objective specification	This data sheet contains target or goal specifications for product development.
Preliminary specification	This data sheet contains preliminary data; supplementary data may be published later.
Product specification	This data sheet contains final product specifications.
Limiting values	
Limiting values given are in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of the specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.	
Application information	
Where application information is given, it is advisory and does not form part of the specification.	

LIFE SUPPORT APPLICATIONS

These products are not designed for use in life support appliances, devices, or systems where malfunction of these products can reasonably be expected to result in personal injury. Philips customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips for any damages resulting from such improper use or sale.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλία

1. Κώτσος Βασίλης, <<Εκπομπή και Λήψη Ραδιοφωνικού Σήματος>>. Εκδόσεις ΟΕΔΒ, 2000
2. Δρ Αθανάσιος Νασιόπουλος – Δημήτρης Χατζόπουλος, <<Συστήματα Εκπομπής και Λήψης>>. Εκδόσεις ΟΕΔΒ, 2000
3. Σ. Ματάκιας (MSc) – Α. Τσιγκόπουλος (PhD) – Α. Αμδίτης (PhD), <<Επικοινωνίες και Δίκτυα>>. Εκδόσεις ΟΕΔΒ, 2000
4. Χαράλαμπος Κανελλόπουλος – Γεώργιος Παληός – Γεώργιος Χατζαράκης <<Κυκλώματα Συνεχούς και Εναλλασσόμενου Ρεύματος>>. Εκδόσεις ΟΕΔΒ, 2000
5. Ν. Γ. Θεοφάνους – Χ. Δ. Κανελλόπουλος – Σ. Α. Πακτιτής, <<Αναλογικά Ηλεκτρονικά>>. Εκδόσεις ΟΕΔΒ, 2000
6. John G.Proakiw & Masoud Salehi, <<Συστήματα Τηλεπικοινωνιών>>. Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2002

Διαδίκτυο

1. http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page
2. <http://electronicslab.eu/el/>
3. <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-C123/487/3182,12829/>
4. <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5968-3579E.pdf>
5. <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/19411/PHILIPS/TDA7000.html>

Οι σύνδεσμοι ελέγχθηκαν 12/6/2014