



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΚΡΗΤΗΣ  
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ**

## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

*με θέμα*

**<< Κατασκευή πομπού FM με συχνότητες εκπομπής από 87,5MHz μέχρι 108MHz και βήμα 50KHz, με δυνατότητα εκπομπής FM στέρεο και δυνατότητα ραδιοπληροφόρησης RDS (Radio Data System)>>.**

*του φοιτητή*

Κατρανίδα Ηλία

**Υπεύθυνος: Κουριδάκης Στυλιανός**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως θέμα τη σχεδίαση και κατασκευή ενός διαμορφωτή FM(Frequency Modulation) με συχνότητα εκπομπής απο 87.5MHz μέχρι 108.5MHz με βήμα 50KHz. Το κύριο στοιχείο είναι ένα υβριδικό πηλ ακέραιας υποδιαίρεσης με αυτοματοποιημένη ρύθμιση.Η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε κατά την εκπόνηση της εργασίας είναι απλή και μεθοδική.

Επιπλέον ο διαμορφωτής αποτελείται από τα παρακάτω τμήματα:

- Γέφυρα διαχωρισμού της αποστελλόμενης και επιστρεφόμενης ισχύος για τη μέτρηση του συντελεστή ανάκλασης και από τον οποίο υπολογίζουμε το συντελεστή στάσιμου κύματος. Standing Wave Ratio (SWR)
- Δύο αυτοματισμούς για τη προστασία της τελικής βαθμίδας ενίσχυσης με έλεγχο θερμοκρασίας και περιορισμό του συντελεστή SWR.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

#### 1.1 Γενικά:

- Τι είναι πομπός.
- Τί είναι διαμόρφωση FM.
- Τί είναι PLL.

#### 1.2 Δομή βασικού διαμορφωτή FM.

#### 1.3 Βασική δομή και λειτουργία ενός PLL.

#### 1.4 Είδη και εφαρμογές των PLL.

#### 1.5 Στέρεο FM

#### 1.6 RDS(Radio Data System)

### Κεφάλαιο 2: Σχηματική ανάλυση λειτουργίας αναλογική μονάδας

#### 2.1 VCO

#### 2.2 Phase detector and filter

#### 2.3 Rf\_block and temperature measure

#### 2.4 Power supply and electronic switches

#### 2.5 Τελική εικόνα αναλογικής βαθμίδας

#### 2.6 Γέφυρα RF

### Κεφάλαιο 3: Ψηφιακή μονάδα

#### 3.1 Μετατροπέας αναλογικού σήματος σε ψηφιακό(ADC)

#### 3.2 Διάγραμμα ροής

##### 3.2.1 Επεξήγηση του διαγράμματος ροής.

### Βιβλιογραφία

# 1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 Γενικά

### Πομπός

Αποτελεί επί το πλείστον μέρος ενός συστήματος επικοινωνίας. Είναι μια ηλεκτρονική συσκευή που, συνήθως με τη βοήθεια μιας κεραίας, εκπέμπει σήματα που περιέχουν πληροφορίες όπως το ραδιοφωνικό, το τηλεοπτικό ή σήμα άλλων τηλεπικοινωνιών.

Δέχεται κάποια δεδομένα τα οποία μετασχηματίζει ή κωδικοποιεί για να μεταδοθούν σε κάποιο κανάλι ή μέσο μετάδοσης.

Ως μέσα μετάδοσης μπορούν να θεωρηθούν ο κενός χώρος, δισύρματα καλώδια, οπτικές ίνες κ.α. Παράδειγμα πομπών είναι αυτοί της τηλεόρασης, του ραδιοφώνου, επίγειοι πομποί προς τηλεπικοινωνιακούς δορυφόρους.

Στην πληροφορική πομπός μπορεί να θεωρηθεί ένα modem, το οποίο δέχεται ροή ψηφιακών δεδομένων, τα οποία μετατρέπει σε αναλογικό σήμα πριν τα αποστείλει στο τηλεφωνικό δίκτυο.

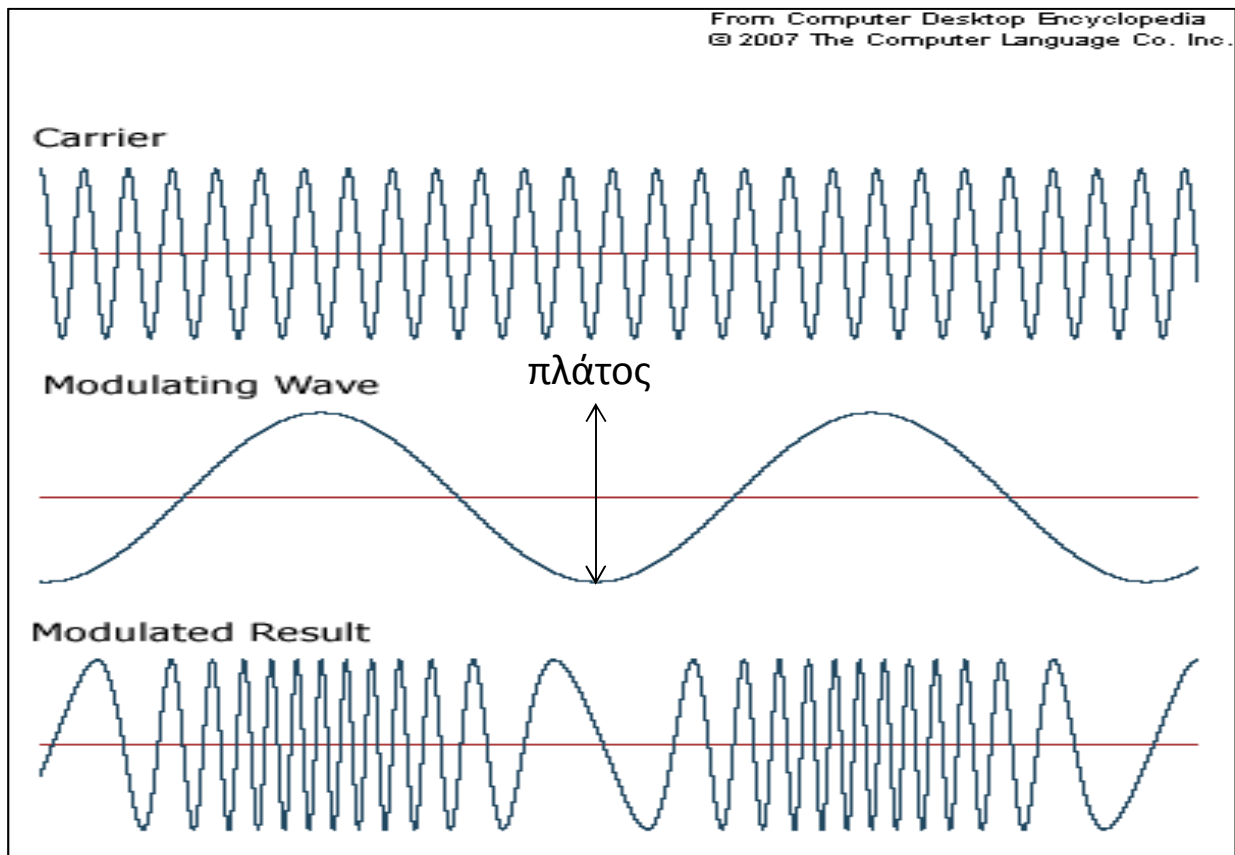
### Διαμόρφωση συχνότητας FM( Frequency Modulation) :

Στην διαμόρφωση αυτή η συχνότητα ενός υψηλής συχνότητας σήματος (φέρων) μεταβάλλεται ανάλογα με το πλάτος του σήματος πληροφορίας (ακουστικό σήμα).

Το διαμορφωμένο σήμα που προκύπτει έχει σταθερό πλάτος αλλά μεταβαλλόμενη συχνότητα και μοιάζει να παρουσιάζει «πυκνώματα» και «αραιώματα».

Ο τρόπος με τον οποίο το πλάτος του ακουστικού σήματος επηρεάζει το φέρον είναι ο εξής:

Όπου το ακουστικό σήμα έχει μεγάλο πλάτος έχουμε αύξηση ή μείωση της συχνότητας του φέροντος, ανάλογα με την πολικότητα του πλάτους του ακουστικού σήματος, η οποία είναι μεγαλύτερη από άλλα σημεία που το πλάτος του ακουστικού σήματος είναι μικρότερο. Εκεί η απόκλιση της συχνότητας του φέροντος είναι μικρότερη. Ένα παράδειγμα διαμόρφωσης συχνότητας φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 1.1

Carrier: Φέρον σήμα

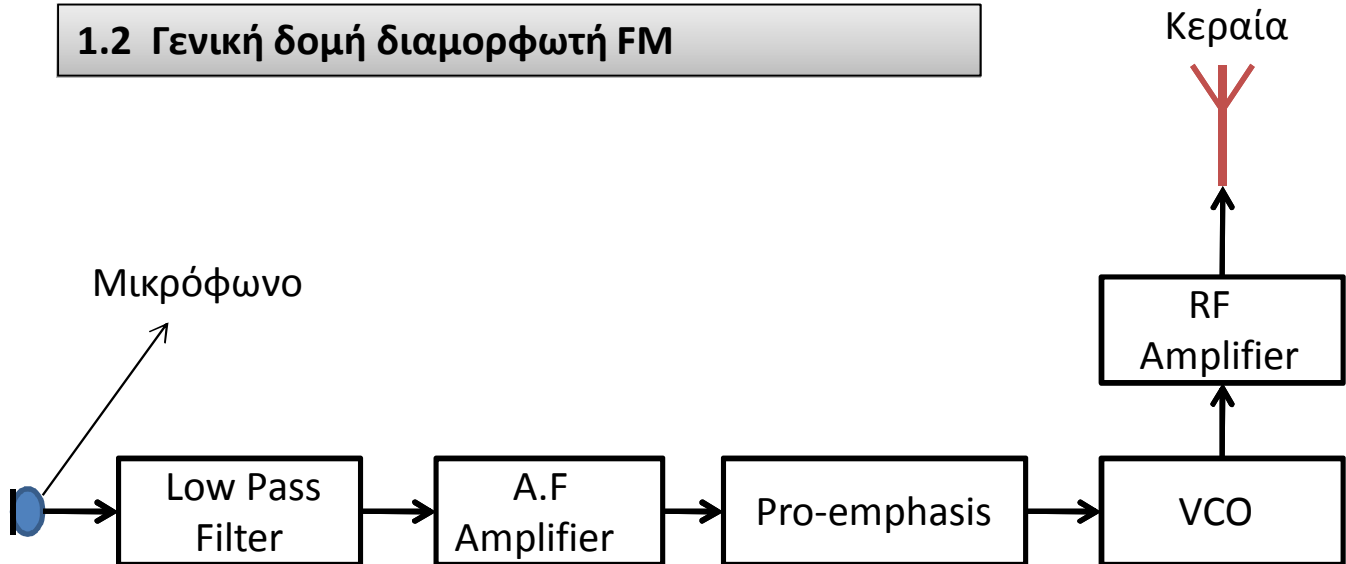
Modulation Wave: Ακουστικό σήμα

Modulation Result: Διαμορφωμένο σήμα

### PLL

Είναι ένα σύστημα αυτομάτου ελέγχου με ανάδραση, στο οποίο το σήμα εξόδου συγκρίνεται με το σήμα αναφοράς. Όταν η συχνότητα εξόδου γίνει ίση με την συχνότητα αναφοράς και η διαφορά φάσης τους είναι είτε μηδενική, είτε είναι μια σταθερή τιμή, τότε το PLL λέγεται ότι έχει κλειδώσει. Δηλαδή η συχνότητα εξόδου είναι σταθερή.

## 1.2 Γενική δομή διαμορφωτή FM



Σχήμα (1.2)

**Low pass filter:** Είναι ένα χαμηλοπερατό φίλτρο το οποίο οριοθετεί την απαραίτητη φασματική ζώνη του σήματος, ανάλογα με την εφαρμογή. Στην ραδιοφωνία σύμφωνα με το πρωτόκολλο είναι από 100Hz μέχρι 15KHz.

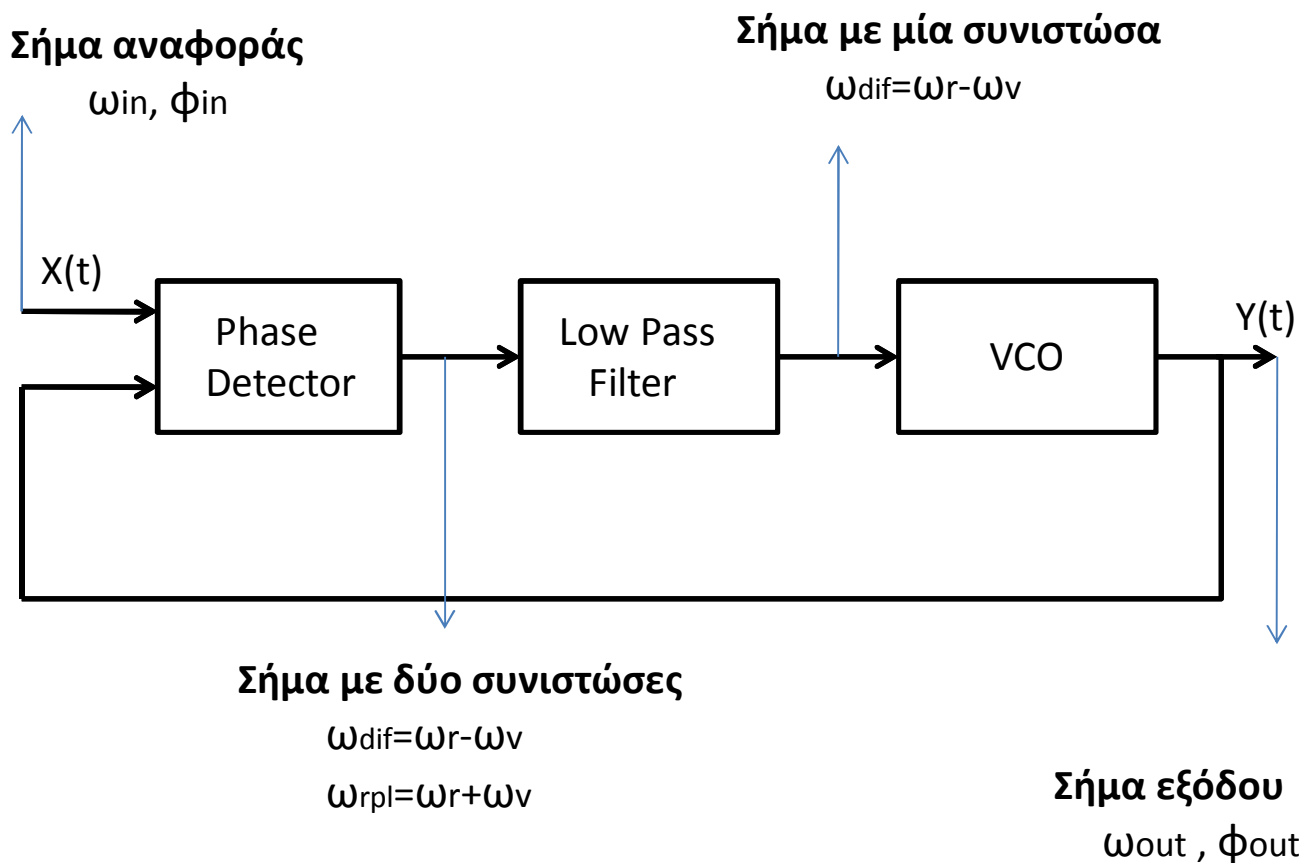
**A.F Amplifier:** Είναι ένας ενισχυτής ακουστικού σήματος, ο οποίος ενισχύει το φιλτραρισμένο σήμα εισόδου για να το φέρει σε επιθυμητή στάθμη που χρειάζεται ο διαμορφωτής.

**Pre-emphasis:** Οι πειραματικές μετρήσεις έχουν δείξει ότι στο ακουστικό φάσμα οι υψηλές συχνότητες εμφανίζονται με μικρό πλάτος. Ένα μουσικό όργανο, για παράδειγμα, όταν ηχεί, παράγει το βασικό ήχο και ήχους σε υψηλότερες αρμονικές με μικρότερο πλάτος. Η μοναδικότητα εξάλλου του οργάνου είναι η σύνθεση αυτών των αρμονικών. Τα σήματα μικρού πλάτους και μεγαλύτερης συχνότητας έχουν μικρό δείκτη διαμόρφωσης και κατά τη μετάδοση ενδεχομένως να επισκιάζονται από θόρυβο, που είναι ενοχλητικότερος στις υψηλές συχνότητες του ακουστικού φάσματος. Για να ξεπεράσουμε αυτό πρόβλημα στην ραδιοφωνία FM το σήμα διαμόρφωσης, πριν εφαρμοστεί στο διαμορφωτή/ταλαντωτή διέρχεται από ένα υψηλοπερατό φίλτρο και υφίσταται ενίσχυση των υψηλότερων συχνοτήτων του φάσματος. Αυτή διαδικασία είναι γνωστή με τον όρο προέμφαση.

**VCO(Voltage control oscillator):** Ταλαντωτής ελεγχόμενος από τάση. Ουσιαστικά είναι η βαθμίδα η οποία κάνει την διαμόρφωση. Η εκτενέστερη περιγραφή θα γίνει στην επόμενη παράγραφο.

**RF Amplifier:** Είναι ένας ενισχυτής ραδιοφωνικού σήματος, ο οποίος ενισχύει το διαμορφωμένο σήμα έτσι ώστε να μπορεί να εκπεμφθεί.

### 1.3 Βασική δομή και λειτουργία ενός PLL.



Σχήμα (1.3) Βασική δομή PLL.

Όπου:

$\omega_r$ =κυκλική συχνότητα εισόδου

$\omega_v$ =κυκλική συχνότητα εξόδου

$\phi_r$ =φάση εισόδου

$\phi_v$ =φάση εξόδου

## Λειτουργία του PLL

Ένας απλός με κλειδωμα φάσης βρόχος με ένα σύστημα ανατροφοδότησης που λειτουργεί στην υπερβολική φάση περιοδικών σημάτων. Αυτό βρίσκεται σε αντίθεση με τα γνωστά κυκλώματα ανατροφοδότησης όπου το πλάτος της τάσης, του ρεύματος και ο ρυθμός αλλαγής τους έχουν ενδιαφέρον. Όπως φαίνεται και στο σχήμα (1.3) ένα απλό PLL, αποτελείται από έναν ανιχνευτή φάσης, ένα χαμηλής διέλευσης φίλτρο (LPF), και μια VCO. Ο ανιχνευτής φάσης χρησιμεύει ως ένας "ενισχυτής λάθους" στο σύστημα ανατροφοδότησης, με αυτόν τον τρόπο ελαχιστοποιείται η διαφορά φάσης,  $\Delta\phi$ , μεταξύ των  $x(t)$  και  $y(t)$ . Ο βρόχος θεωρείται "κλειδωμένος" εάν η  $\Delta\phi$  είναι σταθερή με το χρόνο, όπου κάτι τέτοιο οδηγεί στο φαινόμενο να είναι οι συχνότητες εισαγωγής και παραγωγής ίσες.

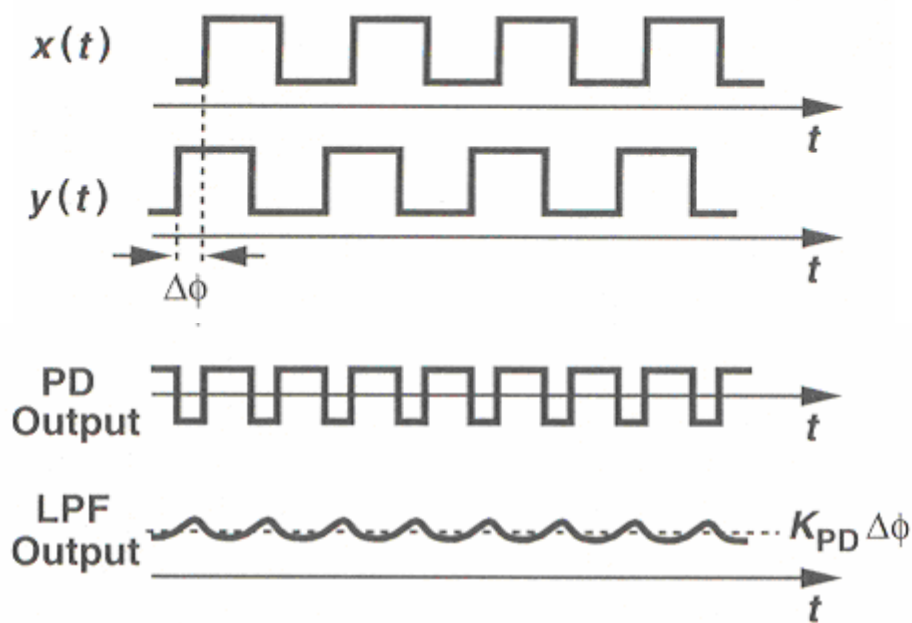
Στην "κλειδωμένη" κατάσταση, όλα τα σήματα στο βρόχο έχουν φθάσει σε μια σταθερή κατάσταση και το PLL λειτουργεί ως εξής: Ο ανιχνευτής φάσης παράγει μια έξοδο της οποίας η dc τιμή είναι ανάλογη της  $\Delta\phi$ . Το χαμηλής διέλευσης φίλτρο κόβει τις υψηλές μεταβολές στην έξοδο του PD, επιτρέποντας στην dc τιμή να ελέγχει τη συχνότητα της VCO. Η VCO τότε ταλαντώνεται σε μια συχνότητα ίση με τη συχνότητα εισόδου και με μια διαφορά φάσης ίση με  $\Delta\phi$ . Κατά συνέπεια, το φίλτρο LPF παράγει την κατάλληλη τάση ελέγχου για την VCO.

Είναι σχεδόν απαραίτητο να εξεταστούν τα σήματα στα διάφορα σημεία σε ένα PLL. Στο σχήμα(1.4) παρουσιάζεται ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα. Η είσοδος και η έξοδος έχουν ίσες συχνότητες αλλά μια πεπερασμένη διαφορά φάσης, και ο PD παράγει παλμούς των οποίων το πλάτος είναι ίσο με τη χρονική διαφορά μεταξύ των μηδενικών διασταυρώσεων της εισόδου και της εξόδου. Αυτοί οι παλμοί είναι χαμηλής διέλευσης που φιλτράρονται για να παραγάγουν τη dc τάση που στηρίζει τη λειτουργία VCO στην απαιτούμενη συχνότητα. Όπως αναφέρεται ανωτέρω, αυτή η τάση δεν καθορίζει από μόνη της τη φάση εξόδου. Η φάση της VCO μπορεί να θεωρηθεί ως μια αρχική κατάσταση του συστήματος, ανεξάρτητη από τους αρχικές συνθήκες στο LPF.



Ας μελετήσουμε, τώρα, ποιοτικά την έξοδο ενός PLL που είναι κλειδωμένο για  $t < t_0$  και λειτουργεί με μία μικρή, θετική συχνότητα στην είσοδο τη χρονική στιγμή  $t = t_0$ . (Για λόγους απεικόνισης, η συχνότητα σε αυτό το σχήμα είναι μόνο ένα μικρό ποσοστό τοις εκατό).

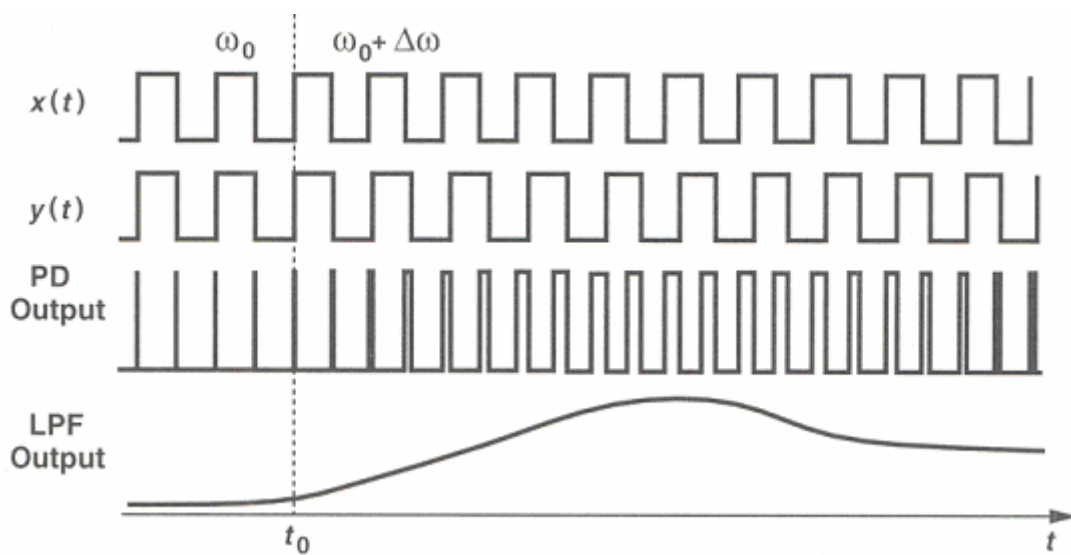
Σημειώνουμε ότι αφού η φάση εισόδου,  $\varphi_{in}$ , είναι προς στιγμή μεγαλύτερη από τη φάση εξόδου,  $\varphi_{out}$ , το  $x(t)$  δημιουργεί φάση γρηγορότερα από το  $y(t)$ , και ο PD παράγει όλο και περισσότερους ευρύτερους παλμούς.



Σχήμα (1.4) Κυματομορφές σε ένα PLL.

Κάθε ένας από αυτούς τους παλμούς δημιουργεί μια όλο και αυξανόμενη dc τάση στην έξοδο του LPF, και με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η συχνότητα της VCO. Καθώς η διαφορά μεταξύ της  $\varphi_{in}$  και της  $\varphi_{out}$  μικραίνει, το πλάτος της φάσης των συγκρινόμενων παλμών, τελικά εμφανίζεται ελαφρώς μεγαλύτερο από την αξία του πριν από  $t = t_0$ .

Η ανωτέρω ανάλυση παρέχει μια καλύτερη εικόνα των ικανοτήτων "tracking" ενός PLL. Εάν η συχνότητα εισόδου αλλάζει με αργό ρυθμό, το εύρος των τιμών της μπορεί να θεωρηθεί σαν μια διαδοχή μικρών στενών βημάτων, κατά τη διάρκεια κάθε ενός από τα οποία το PLL συμπεριφέρεται όπως στο σχήμα (1.5).



Σχήμα (1.5) Έξοδος του PLL σε μια μικρή συχνότητα

## 1.4 Είδη και εφαρμογές των PLL.

### Είδη:

Αναλογικό PLL: Στο αναλογικό PLL ο συγκριτής φάσης είναι, γενικά, ένας αναλογικός πολλαπλασιαστής και το VCO ένας σχεδόν αρμονικός ταλαντωτής (ή ένας ταλαντωτής χαλάρωσης). Το φίλτρο του βρόχου είναι αναλογικό (παθητικό ή ενεργό).

Στο αναλογικό PLL η συχνότητα της κυμάτωσης στην έξοδο του συγκριτή φάσης είναι ίση με το άθροισμα των συχνοτήτων του σήματος αναφοράς και του σήματος του VCO.

Υβριδικό PLL: Στο υβριδικό PLL ο συγκριτής φάσης είναι μια λογική πύλη ή ένα λογικό κύκλωμα. Τέτοιοι συγκριτές φάσης είναι η πύλη EXOR, το JK Flip-Flop και ο συγκριτής φάσης-συχνότητας (PFD). Το VCO είναι ένας ταλαντωτής χαλάρωσης και το φίλτρο είναι αναλογικό (παθητικό ή ενεργό). Στο υβριδικό PLL, εκτός από την περίπτωση της πύλης EXOR, η οποία μοιάζει με τον αναλογικό πολλαπλασιαστή, η συχνότητα της κυμάτωσης στην έξοδο του συγκριτή φάσης είναι ίση με τη συχνότητα του σήματος αναφοράς ή της VCO.

Ψηφιακό PLL: Όλα τα στοιχεία του βρόχου είναι ψηφιακά ή/και αλγόριθμοι (software).

### Εφαρμογές:

Με την αρχή του PLL ενδεικτικά υπάρχουν οι εξής εφαρμογές:

- a) Σύνθεση συχνοτήτων
- b) Διαμόρφωση- Αποδιαμόρφωση FM, PM
- c) Ανίχνευση τόνων
- d) Έλεγχος ταχύτητας κινητήρων συνεχούς ρεύματος
- e) Συγκριτής φάσης

## 1.5 Στέρεο FM

Το stereo είναι μια μέθοδος αναπαραγωγής του ήχου που δημιουργεί την ψευδαίσθηση της κατευθυντικότητας της ακουστικής πλευράς. Αυτό συνήθως επιτυγχάνεται με την χρήση δύο οι περισσότερων ανεξάρτητων ακουστικών καναλιών μέσω του συνδυασμού δύο οι περισσότερων ηχείων με τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργηθεί η εντύπωση του ήχου που ακούγεται από πολλαπλές διευθύνσεις, σαν φυσικό άκουσμα. Συχνά έρχεται σε αντίθεση με τον μονοφωνικό ήχο όπου η ακουστική συχνότητα είναι μορφή από το ένα κανάλι.

Είναι σημαντικό η στερεοφωνική εκπομπή να είναι συμβατή με τους μονοφωνικούς δέκτες. Γι' αυτό το λόγο το αριστερό και τα δεξιό κανάλι είναι ένα αλγεβρικά κωδικοποιημένο σύνθετο σήμα που είναι το άθροισμα και η διαφορά των σημάτων. Ο μονοφωνικός δέκτης θα χρησιμοποιήσει μόνο το (L+R) σήμα, έτσι ο ακροατής θα ακούει και τα δυο κανάλια μέσω του ενός ηχείου. Ενώ ο στερεοφωνικός δέκτης θα προσθέσει το σήμα διαφοράς στο σήμα αθροίσματος για να ανακτήσει το αριστερό κανάλι, και θα αφαιρέσει το σήμα διαφοράς από το σήμα αθροίσματος για να ανακτήσει το δεξιό κανάλι.

Το βασικό σήμα (L+R) μεταδίδεται στη βασική ζώνη ακουστικών συχνοτήτων με εύρος από 30Hz μέχρι 15KHz. Το (L-R) σήμα διαμορφώνεται στα 38KHz με διπλές πλευρικές και καταπιεσμένο το φέρον (DS-BSC) σήμα στη ζώνη συχνοτήτων με εύρος από 23 μέχρι 53KHz.

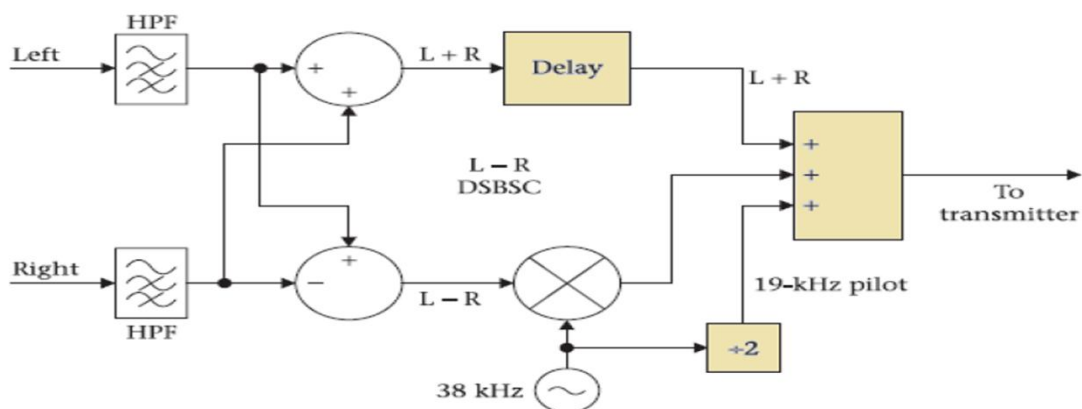
Επίσης παράγεται συχνότητα των 19 kHz που ονομάζεται πιλότος που είναι ακριβώς το ήμισυ της συχνότητας 38 kHz του υπο-φέροντος και με ακριβή σχέση φάσεως ως προς αυτό, όπως ορίζεται από τον παρακάτω τύπο. Αυτό προστίθεται στο τελικό σήμα και μεταδίδεται στους 8-10% του συνολικού επιπέδου διαμόρφωσης και χρησιμοποιείται από το δέκτη για την αναγέννηση του 38 kHz υπο-φέρον με τη σωστή φάση.

$$\left[ 0.9 \left[ \frac{A+B}{2} + \frac{A-B}{2} \sin 4\pi f_p t \right] + 0.1 \sin 2\pi f_p t \right] \times 75 \text{ kHz}$$

Όπου A και B είναι τα αριστερά και δεξιά σήματα ήχου μετά την προέμφαση και  $f_p = 19 \text{ kHz}$  είναι η συχνότητα του πιλότου. Ελαφρές διακυμάνσεις στην κορυφή απόκλισης μπορεί να συμβεί με την παρουσία των άλλων φορέων ή λόγω των τοπικών κανονισμών.

Το τελικό σήμα πολυπλεξίας από το στερεοφωνική γεννήτρια (εικ.1) περιέχει το κύριο κανάλι (L + R), την συχνότητα, και το δευτερεύον κανάλι (L-R). Αυτό το σύνθετο σήμα (εικ.2), μαζί με τυχόν άλλους φορείς (RDS), διαμορφώνει τον πομπό FM.

Εικόνα 1



Εικόνα 2



## 1.6 RDS

Το Radio Data System ή RDS είναι ένα πρότυπο πρωτόκολλο επικοινωνίας για την ενσωμάτωση ψηφιακών πληροφοριών σε συμβατικές ραδιοφωνικές εκπομπές FM.

Η μεταφορά δεδομένων γίνεται στα 1,187.5 bits ανά δευτερόλεπτο πάνω σε 57 kHz υποφέρον, έτσι η διάρκεια κάθε bit δεδομένων είναι ακριβώς 48 Hz του υποφέροντος. Η τιμή των 57kHz ορίστηκε για την τρίτη αρμονική της συχνότητας του πιλότου του στερεοφωνικού FM για την ελαχιστοποίηση των παρεμβολών και της ενδοδιαμόρφωσης μεταξύ του σήματος δεδομένων, της συχνότητας του πιλότου και τα 38 kHz DSB-SC του σήματος διαφοράς (L-R). (Το στερεοφωνικό σήμα διαφοράς εκτείνεται έως και  $38 + 15 = 53$  kHz, αφήνοντας 4 kHz για τη χαμηλότερη πλευρική ζώνη συχνοτήτων του σήματος RDS, (βλέπε εικόνα 2 στην προηγούμενη παράγραφο.)

Τα δεδομένα αποστέλλονται με διόρθωση σφάλματος όπως με τη μέθοδο του bit ισοτιμίας, CRC, αναπαραγωγή του μηνύματος αρκετές φορές.

Τα ακόλουθα πεδία πληροφοριών περιέχονται συνήθως στο RDS:

### AF:

Ο αυτόματος επανασυντονισμός χρησιμοποιείται από σταθμούς που εκπέμπουν σε περισσότερες από μία συχνότητες. Οι σταθμοί εξαναγκάζονται να καταφύγουν στη λύση εναλλακτικών (πολλαπλών) συχνοτήτων εκπομπής για την καλύτερη κάλυψη μιας περιοχής όπου υπάρχουν πολλά φυσικά εμπόδια (π.χ., βουνά και ψηλά κτίρια). Έτσι, εάν το αυτοκίνητό μας κινείται μεταξύ δύο πομπών του ίδιου σταθμού, ο δέκτης θα επιλέξει τον πομπό με το καλύτερο σήμα. Αρκεί βέβαια να ενεργοποιήσουμε τη λειτουργία AF (Alternative Frequency) του δέκτη RDS. Με την πίεση του πλήκτρου AF ο δέκτης σαρώνει την μπάντα των FM και επιλέγει τη συχνότητα με το δυνατότερο σήμα του ίδιου πάντα σταθμού. Έτσι διευκολύνεται αρκετά η ζωή του οδηγού, αφού ο δέκτης λαμβάνει πάντα τον ίδιο σταθμό στην καλύτερη δυνατή ποιότητα.

### **PI (programme identification):**

Ο σταθμός στέλνει έναν κωδικό που ονομάζεται PI (Program Identification) στο δέκτη, ώστε ο τελευταίος να ενημερωθεί ότι υπάρχει πληροφορία εναλλακτικών συχνοτήτων AF από το σταθμό. Παράλληλα, εκπέμπονται πληροφορίες όπως ο τύπος εκπομπής, η περιοχή κάλυψης και ένας αριθμός αναφοράς (π.χ., συχνότητα εκπομπής) για κάθε εναλλακτική συχνότητα. Ο δέκτης συντονίζεται σε όλες τις εναλλακτικές συχνότητες, χωρίς την παρενόχληση του ακροατή, εντοπίζει τη δυνατότερη λήψη και «κλειδώνει» σε αυτή. Βέβαια σε έναν οικιακό δέκτη η δυνατότητα αυτή δε χρειάζεται, αφού δεν υπάρχει μετακίνηση.

### **PS (programme service):**

Η ένδειξη μηνυμάτων (μέχρι οκτώ χαρακτήρες) είναι μια άλλη κύρια δυνατότητα του RDS. Πρόκειται για τα γνωστά πλέον κυλιόμενα μηνύματα, σε μορφή κειμένου, που αναγράφονται στην οθόνη του δέκτη μας. Αυτά μπορεί να είναι η ονομασία του σταθμού, το είδος της εκπομπής που ακούμε, η ώρα, η θερμοκρασία και ό,τι άλλο φανταστεί ο παραγωγός της εκάστοτε εκπομπής. Ο κωδικός που χρησιμοποιείται εδώ ονομάζεται PS (Program Service) και επιτρέπει στον ακροατή (οδηγό), με μια ματιά στην οθόνη του δέκτη, να ξέρει το όνομα του σταθμού που ακούει. Έτσι δεν είναι απαραίτητο να θυμάται συχνότητες και αριθμούς ή να περιμένει από τους εκφωνητές να ανακοινώσουν την ονομασία του για να επιβεβαιώσει ότι είναι συντονισμένος εκεί που επιθυμεί. Η δυνατότητα αυτή χρησιμοποιείται ευρέως από όλους τους σταθμούς που εκπέμπουν σήμα RDS.

### **TA, TP (traffic announcement, traffic programme):**

Σημαντική δυνατότητα του RDS είναι τα έκτακτα δελτία ειδήσεων (π.χ. για την κίνηση στους δρόμους). Ο δέκτης ενεργοποιείται με τη βοήθεια δύο παραμέτρων. Η πρώτη παράμετρος ελέγχει αν ο σταθμός που είμαστε συντονισμένοι παρέχει δελτία ειδήσεων και αναγνωρίζεται με τον κωδικό TP (Traffic Program) όπου εμφανίζεται στην οθόνη του δέκτη. Η δεύτερη παράμετρος, με τη βοήθεια του κωδικού TA (Traffic Announcement), δηλώνει ότι κάτι έχει συμβεί και εκπέμπεται η έκτακτη είδηση.

Οι δύο κώδικες TA/TP ενεργοποιούν το δέκτη μας ακόμη και αν ακούμε κασέτα ή CD. Ο δέκτης αυτόματα διακόπτει οποιαδήποτε λειτουργία, ρυθμίζει την ένταση σε ομαλά επίπεδα και μας ανακοινώνει την έκτακτη είδηση.

### **EON (Enhanced Other Networks):**

Επιτρέπει τη λήψη κωδικών RDS και άλλων σταθμών εκτός από αυτόν που είμαστε συντονισμένοι. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι οι σταθμοί να σχηματίζουν δίκτυο. Οι πληροφορίες μπορεί να είναι AF, PI αλλά και TI/PI.

### **PTY (Program Type):**

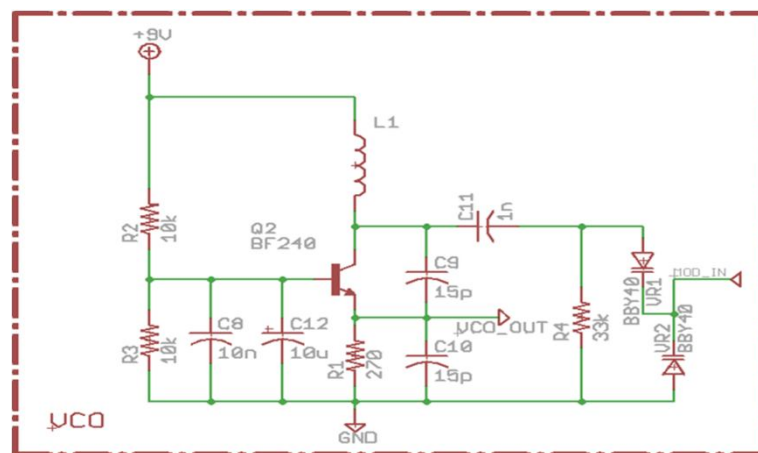
Η λειτουργία αυτή δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να αναζητήσει ένα κανάλι με βάση το τι θέλει να ακούσει συγκεκριμένα π.χ. είδος μουσικής, καιρό, ειδήσεις κτλ. Συνολικά έχει 31 διαφορετικά προγράμματα, παρακάτω δίνεται ο πίνακας με το είδος των προγραμμάτων.



| PTY (code) | RDS program type (EU)          |                     |
|------------|--------------------------------|---------------------|
| 0          | No programme type or undefined |                     |
| 1          | News                           | 17                  |
| 2          | Current affairs                | 18                  |
| 3          | Information                    | 19                  |
| 4          | Sport                          | 20                  |
| 5          | Education                      | 21                  |
| 6          | Drama                          | 22                  |
| 7          | Culture                        | 23                  |
| 8          | Science                        | 24                  |
| 9          | Varied                         | 25                  |
| 10         | Pop music                      | 26                  |
| 11         | Rock music                     | 27                  |
| 12         | Easy listening                 | 28                  |
| 13         | Light classical                | 29                  |
| 14         | Serious classical              | 30                  |
| 15         | Other music                    | 31                  |
| 16         | Weather                        |                     |
|            |                                | Finance             |
|            |                                | Children's programs |
|            |                                | Social affairs      |
|            |                                | Religion            |
|            |                                | Phone-in            |
|            |                                | Travel              |
|            |                                | Leisure             |
|            |                                | Jazz music          |
|            |                                | Country music       |
|            |                                | National music      |
|            |                                | Oldies music        |
|            |                                | Folk music          |
|            |                                | Documentary         |
|            |                                | Alarm test          |
|            |                                | Alarm               |

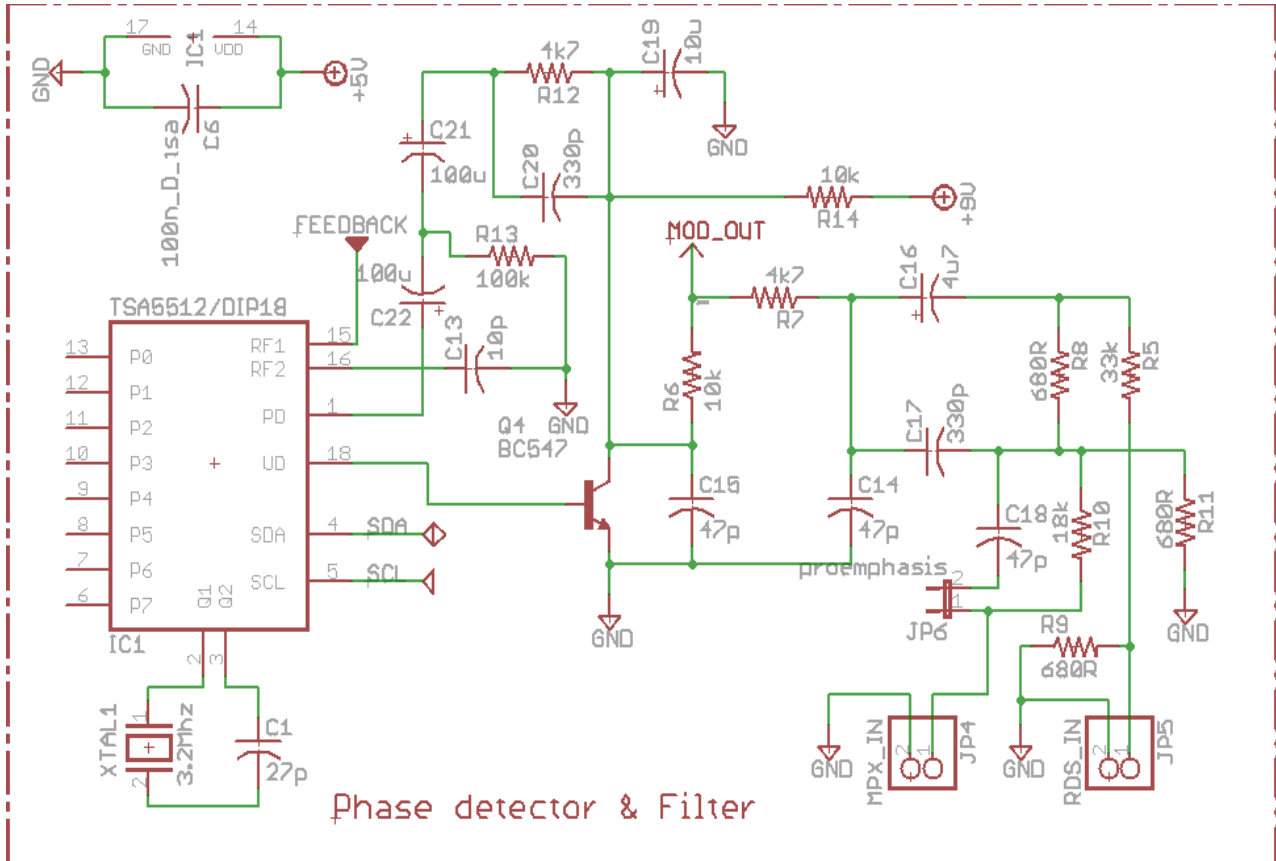
## 2. Σχηματική ανάλυση λειτουργίας αναλογικής μονάδας

### 2.1 VCO



Η βαθμίδα αυτή είναι ένας ταλαντωτής colpitts: Το τρανζίστορ είναι σε συνδεσμολογία κοινής βάσης λόγω της τιμής των πυκνωτών C8,C12 που είναι αρκετή για να γειώσει το ac σήμα στη βάση δημιουργώντας έτσι το κοινό σημείο γείωσης για τον συλλέκτη και τον εκπομπό. Επίσης ο C8 είναι ένα φίλτρο υψηλών συχνοτήτων και ο C12 φίλτρο χαμηλών συχνοτήτων λόγω της σύνθετης αντίστασης του. Οι R2,R3 είναι ένας διαιρέτης τάσης ο οποίος δίνει τάση πόλωσης 4.5volt στο τρανζίστορ. Το πηνίο L1 παράλληλα με τους πυκνωτές C9,C10 δημιουργούν την ταλάντωση, ο C9 δίνει την ανατροφοδότηση για σταθερή ταλάντωση, ο C11 τοποθετήθηκε για σύζευξη και η R4 για προσαρμογή των υπομονάδων. Τέλος δύο varicap βρίσκονται παράλληλα με τους δύο πυκνωτές του κυκλώματος ταλάντωσης, αλλάζοντας την τάση στα άκρα των varicap αλλάζει και χωρητικότητά τους, με αποτέλεσμα να αλλάζει η συνολική χωρητικότητα του κυκλώματος άρα και η συχνότητα εξόδου. Έτσι πετυχαίνουμε να ρυθμίζουμε τη συχνότητα εξόδου εκεί που θέλουμε.

## 2.2 Phase detector and filter



Το ολοκληρωμένο TSA5512 είναι ένα synthesizer απο το οποίο εμείς χρησιμοποιούμε το κομμάτι του phase detector, ο κρυσταλικός ταλαντωτής (XTAL1) παράγει σταθερή συχνότητα προς σύγκριση με την συχνότητα που δέχεται απο τη VCO μέσω της ανατροφοδότησης (feedback).

**PD:** Είναι ο παλμός που ελέγχει την τάση εξόδου του τρανζίστορ BC547 το οποίο με της σειρά του δίνει την ανάλογη τάση στις varicap.

**MPX-IN:** Είναι η στερεοφωνική είσοδος η οποία συνδέεται κατ'επιλογήν με την προέμφαση (C18//R10, υψηλερατό φίλτρο) γιατί δεν είναι πάντα απαραίτητη.

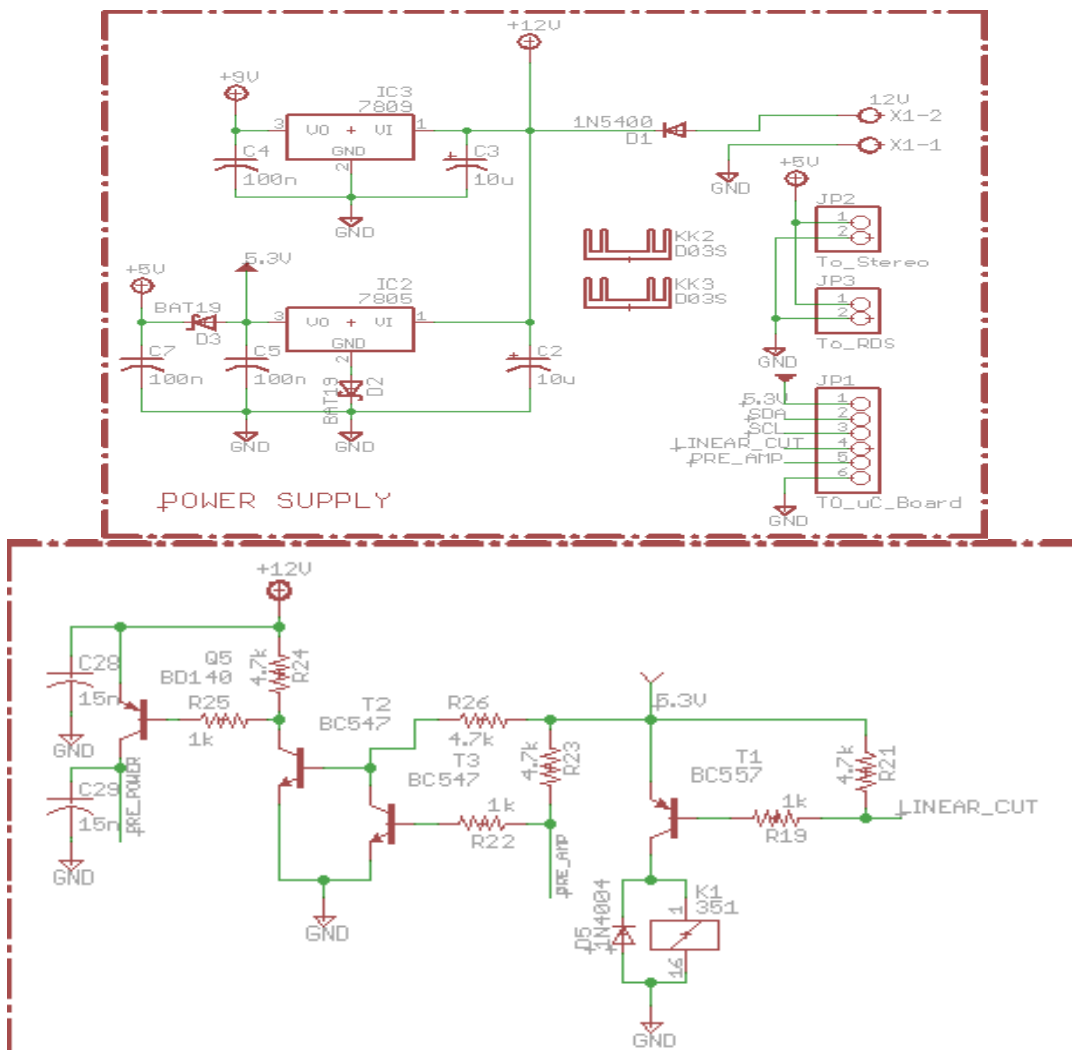
**RDS IN:** Είσοδος ραδιοπληροφόρησης (R9 αντίσταση προσαρμογής).

**SDA:** Σειριακή είσοδος/έξοδος δεδομένων η οποία χρησιμοποιεί το I<sup>2</sup>C ("i-squared see") πρωτόκολο επικοινωνίας.

**SCL:** Είσοδος ρολογιού



## 2.4 Power supply and electronic switches



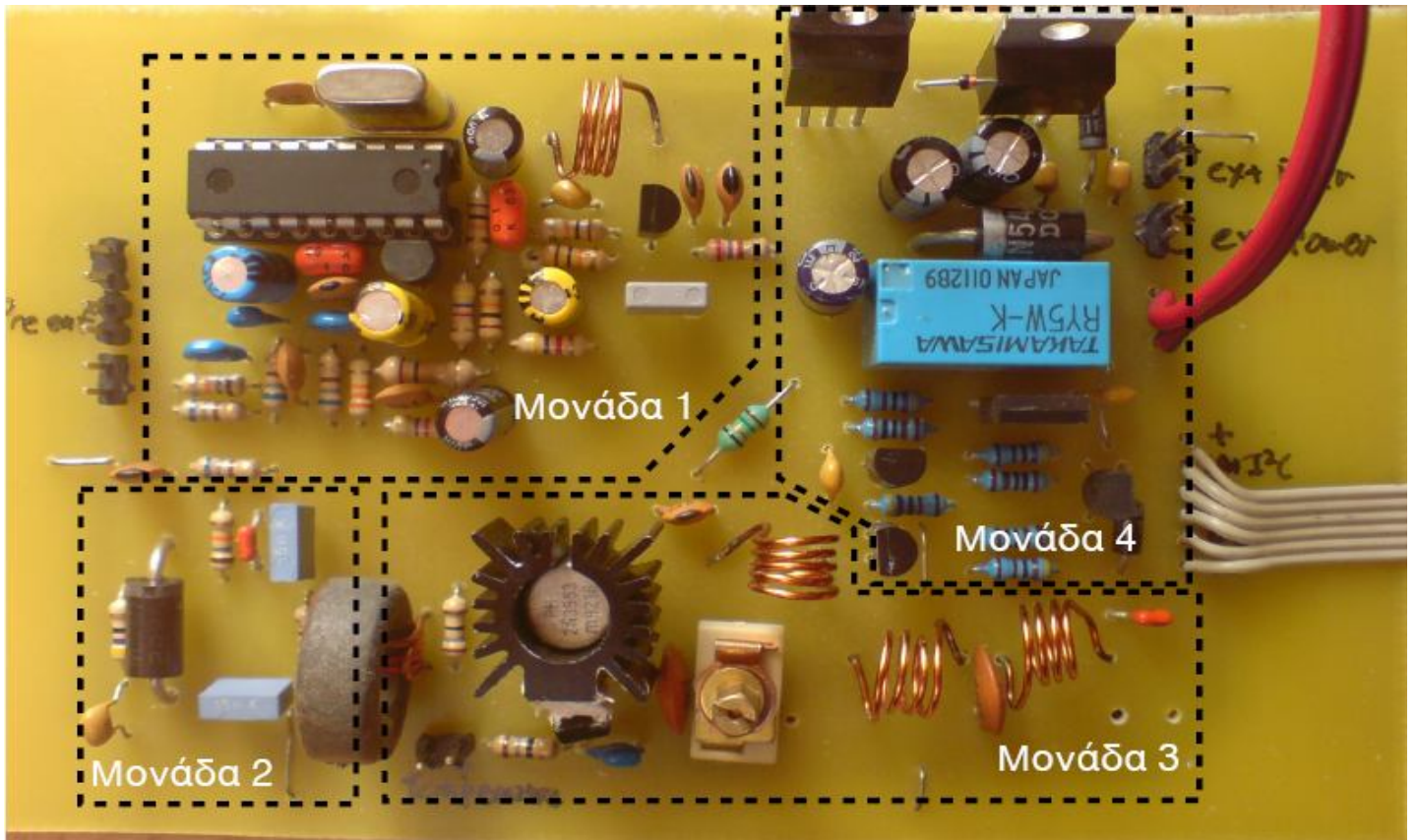
Αυτή η βαθμίδα αποτελείται από την τροφοδοσία και τους ηλεκτρικούς διακόπτες των οποίων η κατάσταση ελέγχεται από τον μικροελεγκτή.

**Τροφοδοσία:** Έχουμε δυο σταθεροποιητές τάσης τον 7809 στα 9volt και τον 7805 στα 5volt. Η διάοδος d2 τοποθετήθηκε για να ανεβάσει την τάση στην έξοδο στα 5.3volt λόγω μιας διάοδου ασφαλείας στην είσοδο της ψηφιακής βαθμίδας. Ενώ στη συνέχεια η d3 επαναφέρει την τάση πάλι στα 5volt.

**Διακόπτες:** 1) Η κατάσταση του τρανζίστορ T1 ελέγχεται από την είσοδο linear\_cut όταν βρίσκεται στο κόρο ενεργοποιεί το ρελέ K1 και αυτό με τη σειρά του τη βαθμίδα του τελικού ενισχυτή.

2) Η κατάσταση του τρανζίστορ Q5 ελέγχεται από την είσοδο pre\_amp όταν βρίσκεται στο κόρο ενεργοποιεί τον προενισχυτή, το T3 λειτουργεί ως αναστροφέας που οδηγεί το T2 το οποίο με τη σειρά του πολώνει το Q5. Αν δεν υπήρχαν τα τρανζίστορ T2, T3 το Q5 θα παρέμεινε συνέχεια κλειστό.

## 2.5 Τελική εικόνα αναλογικής βαθμίδας



Μονάδα 1: Phase detector,VCO and low pass filter

Μονάδα 2: Προενισχυτής

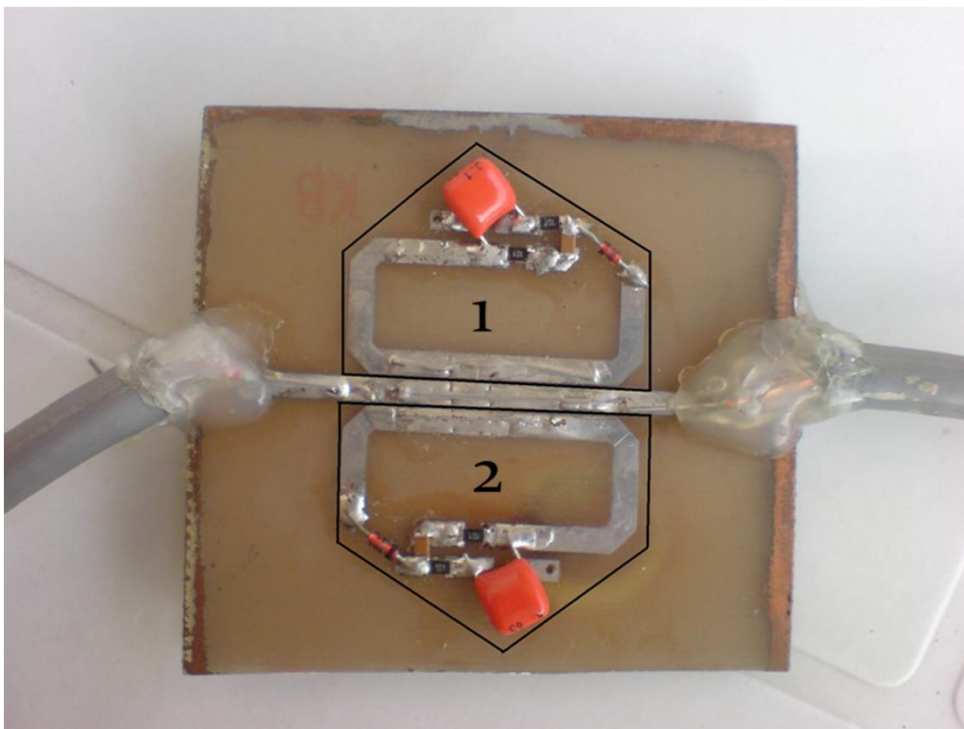
Μονάδα 3: Τελικός ενισχυτής, αισθητήρας θερμοκρασίας και band pass filter.

Μονάδα 4: Τροφοδοσία και διακόπτες.

## 2.6 Γέφυρα RF

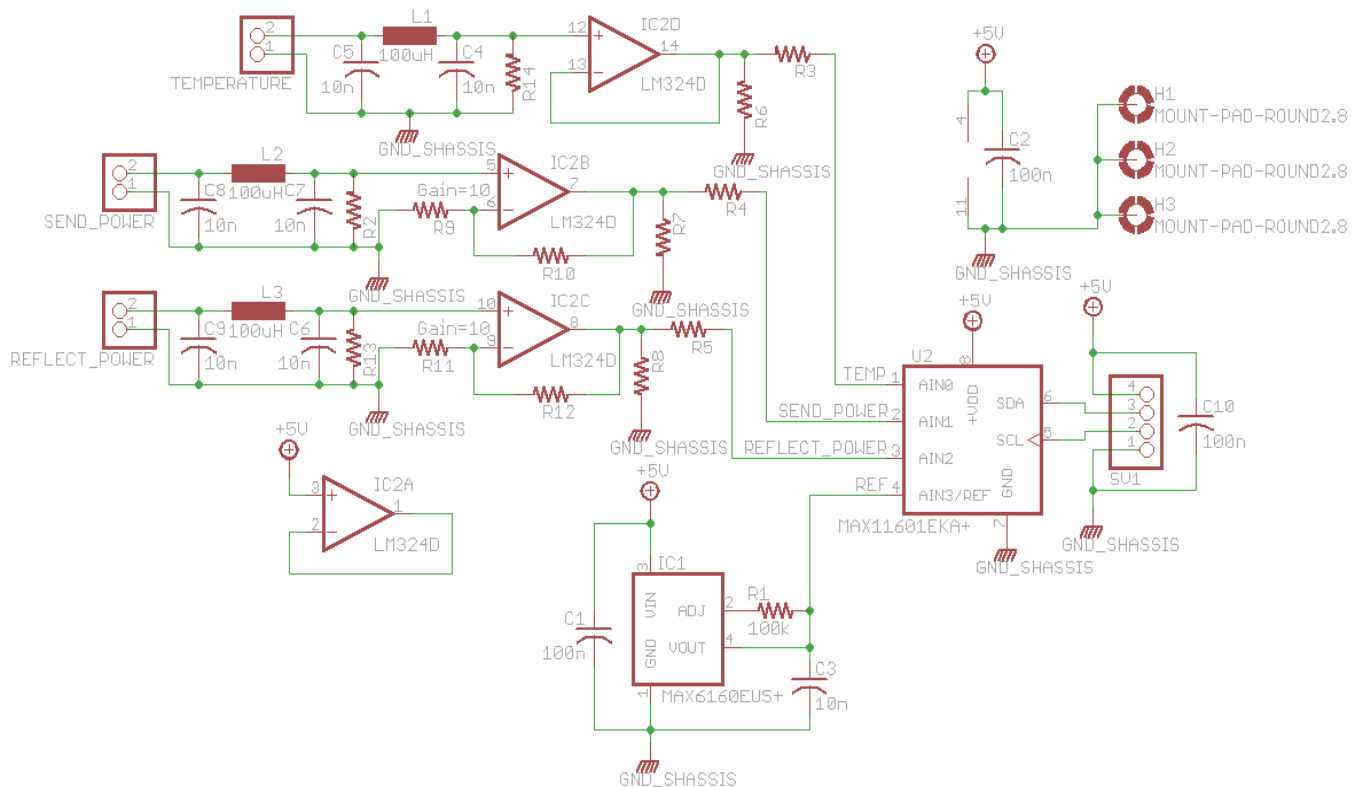
Κλειδί για την απόδοση ενός RF πομπού είναι το πόσο καλή είναι η προσαρμογή της σύνθετης αντίστασης του φορτίου με τη σύνθετη αντίσταση της πηγής. Η κατάλληλη προσαρμογή καθορίζεται από την ισχύ που μπορεί να εκπεμπθεί και την ισχύ που θα επιστρέφεται πίσω προς τον πομπό και καλείται απώλεια επιστρεφόμενης ισχύς ή λόγος της ανακλώμενης ισχύος προς την εκπεμπόμενη (SWR).

Για την μέτρηση του SWR χρησιμοποιούμε την γέφυρα RF ή γέφυρα στάσιμων, όπως φαίνεται στη παρακάτω εικόνα. Αποτελείται από δυο τμήματα το πρώτο(1) αναφέρεται στην εκπεμπόμενη ισχύς και το δεύτερο(2) για την επιστρεφόμενη. Και τα δυο μέρη αποτελούνται από 2 αντιστάσεις και δυο πυκνωτές σε συνδεσμολογία που εντοπίζει την μέγιστη στάθμη της τάσης (peak detector), η οποία αποστέλλεται στη βαθμίδα του ADC.



### 3. Ψηφιακή Μονάδα

#### 3.1 Μετατροπέας αναλογικού σήματος σε ψηφιακό(ADC)



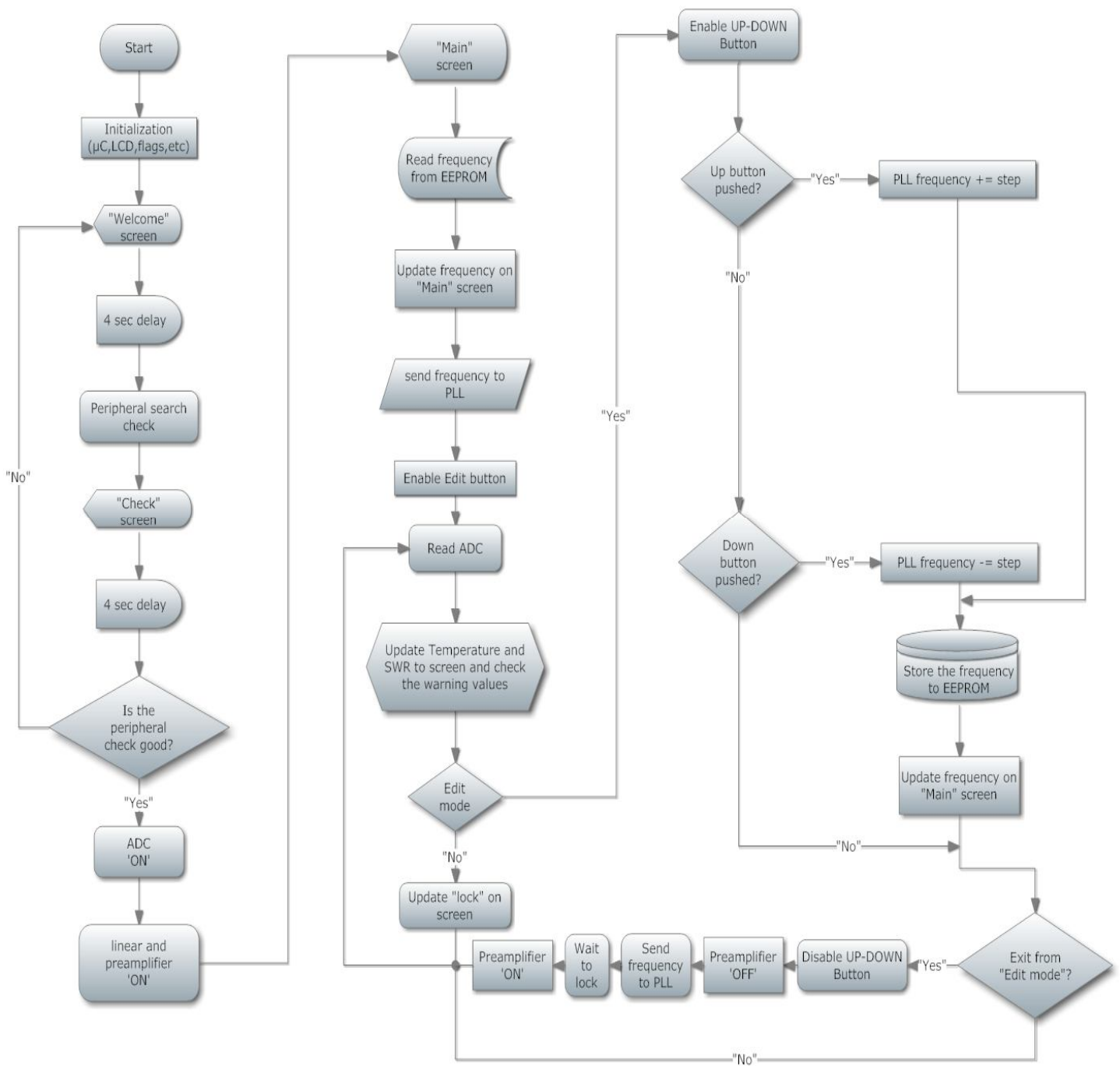
Η βαθμίδα αυτή αποτελείται απο τα ολοκληρωμένα max11601,max6160 και lm324.

**MAX11601:** Πραγματοποιεί την μετατροπή απο αναλογικό σε ψήφιακο με τη μέθοδο διαδοχικών προσεγγίσεων.

**MAX6160:** Δημιουργεί την τάση αναφοράς στα 1.23 volt για το max11601.

**LM324:** Αποτελείται απο τέσσερεις τελεστικούς ενισχυτές, απο τους οποίους χρησιμοποιούνται για αυτή τη κατασκευή οι τρεις. Τα διαφορετικά προς μέτρηση σήματα πριν εφαρμοστούν στην είσοδο του κάθε ενισχυτή παίρνουν απο ένα χαμηλοπερατό φίλτρο τύπου P ,για την αποφυγή θορύβων απο βαθμίδες που λειτουργούν σε υψηλές συχνότητες.

## 3.2 Διάγραμμα ροής





### 3.2.1 Επεξήγηση του διαγράμματος ροής.

Η εκκίνηση του προγράμματος ξεκινάει με την αρχικοποίηση του μικροελεγκτή (DS89C450), της οθόνης, των σημαιών, κτλ. Στη συνέχεια εμφανίζεται ένα μήνυμα υποδοχής το οποίο διαρκεί 4s, γίνεται έλεγχος για το αν είναι συνδεδεμένες οι περιφερειακές μονάδες (pll, adc, eeprom) και εμφανίζεται το ανάλογο μήνυμα για 4s. Αν η συνθήκη ισχύει τότε γίνεται ενεργοποίηση του ADC και του προενισχυτή, αν δεν ισχύει τότε η διαδικασία επιστρέφει στη φάση του μηνύματος υποδοχής και πραγματοποιείται ξανά ο έλεγχος μέχρι όλες οι μονάδες να έχουν συνδεθεί σωστά.

Μετά την ενεργοποίηση του προενισχυτή επιστρέφει στη κύρια οθόνη, γίνεται ανάγνωση από την eeprom η οποία περιέχει την τελευταία συχνότητα που έχει κλειδώσει το pll, ενημερώνει την κύρια οθόνη και αποστέλεται η συχνότητα στο pll.

Κατόπιν ενεργοποιείται το κουμπί επιλογής συχνότητας, γίνεται ανάγνωση από το ADC, ενημερώνεται η οθόνη για την θερμοκρασία και το swr (λόγος στάσιμου κύματος) και γίνεται έλεγχος για τυχόν υψηλές τιμές θερμοκρασίας στο τελικό ενισχυτή και του swr της κεραίας.

Ύστερα ελέγχεται η κατάσταση επεξεργασίας αν έχει πατηθεί ή όχι. Αν δεν πατήθηκε τότε γίνεται έλεγχος του pll σε περίπτωση που είναι κλειδωμένο, εμφανίζεται στην οθόνη το σύμβολο της κλειδαριάς. Εάν πατήθηκε τότε ενεργοποιούνται τα κουμπιά πάνω ή κάτω, στη συνέχεια ελέγχεται το κουμπί πάνω, αν πατήθηκε τότε η συχνότητα του pll αυξάνεται κατά ένα βήμα (50KHz), αποθηκεύεται στη eeprom και εμφανίζεται η τιμή της στην οθόνη. Αν όχι τότε γίνεται έλεγχος για το αν πατήθηκε το κουμπί κάτω, αν ναι τότε η συχνότητα μειώνεται κατά ένα βήμα, αν όχι τότε ελέγχεται η συνθήκη την κατάστασης επεξεργασίας στη οποία καταλήγουμε είτε πατήθηκε το κουμπί πάνω ή κάτω ή και κανένα από τα δύο.

Στη τελευταία αυτή συνθήκη ελέγχεται για το αν θέλουμε να βγούμε από το edit mode ή όχι. Αν θέλουμε τότε απενεργοποιούνται τα κουμπιά πάνω ή κάτω, ο προενισχυτής, αποστέλεται η συχνότητα στο pll και αφού κλειδώσει ξαναενεργοποιείται ο προενισχυτής και η διαδικασία ξαναξεκινάει από την ανάγνωση του ADC, αν δεν θέλουμε τότε η διαδικασία προχωράει απευθείας στο ADC.

## **Βιβλιογραφία**

1. David B. Rutledge (1999). The Electronics of Radio
2. Der, Lawrence, Ph.D., Frequency Modulation
3. Dietmar Kopitz, Bev Marks, RDS: Radio Data System
4. Roland E. Best (2007). Phase-Locked Loops: Design, Simulation and Applications
5. Phase-Locked Loop Tutorial, PLL
6. Secrets of RF Circuit Design by Joseph J. Carr, Chapter 17, Building and using the RF noise bridge.

## Ευχαριστίες

Ευχαριστώ τον συνάδελφο και συμφοιτητή μου Σάββα Τζαβάρρα, κατά την εκπόνηση της πτυχιακής μου για την συνεργασία και τη βοήθεια στο ψηφιακό τμήμα και στα κυκλώματα ελέγχου θερμοκρασίας και στασίμων (swr) τα οποία σχεδιάστηκαν και κατασκευάστηκαν από αυτόν.

**Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή**

.....

.....

.....

.....  
**Κατρανίδης Ηλίας**