

Récepteur pour la bande aviation 108-137 MHz.

Eveille Jean-Marc (F5RDH).
Wojciechowicz Henri (F5HW).

De plus en plus de personnes s'adonnent à l'écoute du trafic aéro. Le guidage et la préparation des avions au sol, les bulletins météo, l'approche sur les aéroports, l'ACARS, et le suivi radar des vols en sont un exemple. Cet engouement pour cette forme de trafic, nous a incité à concevoir un récepteur de grande qualité. Celui-ci intègre la nouvelle norme FL-245, qui en résumé définit le nouveau plan d'occupation des canaux au pas de 25 KHz et de 8,333 KHz, ce qui n'a pas été facile à développer. Une autre contrainte de conception est qu'il est construit avec des composants des plus courants. Ce récepteur est disponible sous forme de kit ou en version monté/réglé auprès de l'Artra (Association des Réalisations et Techniques RadioAmateur).

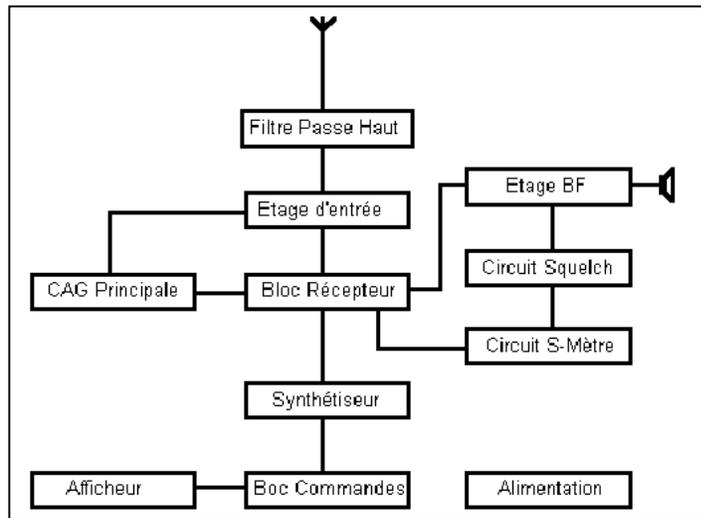
Caractéristiques principales :

- Plage de couverture 108 MHz à 137 Mhz en modulation d'amplitude
- Synthétisé au pas de 25 et 8.333 KHz
- Géré par microcontrôleur, avec affichage LCD
- 30 Mémoires et mode VFO
- Scanning intégral de la bande et scanning des mémoires avec arrêt sur porteuse
- Squelch automatique
- Atténuateur automatique
- Fonction S-mètre analogique
- Sensibilité -110dbm (<0.7µV)
- Puissance BF 2 Watt
- Alimentation externe de 13,5V
- Consommation environs 170 mA

Description des blocs :

Le signal issu de l'antenne passe par un filtre passe haut dont le but est d'atténuer fortement la bande de radiodiffusion FM. Il traverse ensuite « l'étage d'entrée » où il est filtré, soumis à l'action d'une « CAG automatique » et adapté avant d'être appliqué au premier mélangeur. A ce signal est ajoutée la fréquence de l'oscillateur local synthétisé, le produit des deux signaux donne une première FI à 10,7 MHz qui traverse un filtre à quartz avant d'être appliquée à l'entrée du deuxième mélangeur. A la sortie de celui-ci nous trouvons le produit différence de la première FI et de l'oscillateur local à quartz. Ce produit qui vaut 455 KHz, est amplifié après filtrage, et subit l'action d'une deuxième CAG, puis est traité par un détecteur AM. Les signaux basse fréquence sont filtrés avant d'être appliqués à « l'amplificateur BF ». Ce dernier est asservi par un « circuit squelch ». Le « circuit S-mètre » quant à lui, restitue une image de la force des signaux reçus. Le « bloc commandes » permet d'interpréter les actions

de l'utilisateur, de gérer l'affichage et de piloter le synthétiseur. Pour finir le « bloc alimentation » fournit les différentes tensions nécessaires au bon fonctionnement du montage.



Etude du schéma de principe:

Le filtre d'entrée:

Avec une impédance d'entrée et de sortie de 50 Ohms ce filtre est un passe haut du 13^{ième} ordre à 7 cellules (C96 à C101 et L11 à L17) et permet d'atténuer au mieux la bande de radiodiffusion FM qui va de 87,5 MHz à 108 MHz.

Monté à l'entrée du récepteur, il peut avoir son importance dans la mesure où les stations FM ne sont pas très éloignées de la bande qui nous intéresse.

Sans ce filtre, nous avons quelques soucis d'intermodulation dans certaines agglomérations couvertes par des radios locales puissantes. Ce phénomène ne s'est pas manifesté dans d'autres endroits. C'est pourquoi ce filtre est donné comme optionnel mais est vivement conseillé.

L'intermodulation est un phénomène, issu de plusieurs signaux puissants qui se manifestent à l'entrée d'un amplificateur, créant des produits du N^{ième} ordre dont l'amplitude des signaux parasites restitué, dépend essentiellement du rapport des amplitudes initiales et qu'il s'agit bien sur, d'atténuer au maximum. Les techniques modernes utilisées dans les récepteurs HF mettent en œuvre, filtres, tête linéaire, mélangeurs passifs, oscillateur faible bruit et haut niveau, FI à fréquence élevée, etc.. qui limitent ce phénomène considérablement.

Dans le cas de notre RX, nous ne voulions pas utiliser cette technique qui est fort coûteuse et avons préféré une solution plus simple, moins onéreuse, moins performante et pourtant très satisfaisante.

Le premier mélangeur, qui est un NE612, est donné par le constructeur, pour un point d'interception du troisième ordre de -13 dBm pour deux signaux à l'entrée espacé de 60 KHz avec un niveau de -45 dBm. Cela est très honorable pour les VHF, et du coup nous profitons de cette performance, pour filtrer au maximum la bande aviation qui rappelons le, s'étale entre 108 MHz et 137 MHz.

L'étage d'entrée:

L'étage d'entrée est des plus classiques avec un gain volontairement limité à 10 dB. Il n'en faut pas plus à ce niveau car le NE612 (U1) nous gratifie déjà d'une bonne amplification générale.

La grille G1 de Q1, est chargée par un circuit à large bande L4 adapté et accordé par C13 et C18 pour une impédance de 50 ohms à l'antenne.

La grille G2 bénéficie d'un contrôle CAG issue du circuit U3B que nous développerons par la suite.

Sur le drain du MOSFET, est placée une perle ferrite et la résistance R5 de 2,2K pour parer à toute auto-oscillation de l'étage. La suite est constituée d'un filtre de bande construit autour de L1, C3 et L2, C11 couplés lâchement par C8 d'une valeur de 3.3 pF, qui détermine la largeur de bande.

L'alimentation de cet étage est réalisée au travers d'un filtre RC composé de C1, C2 et R1. La résistance R7 définit le courant du transistor, et C17 découple la source.

Le récepteur :

Le NE612 (U1) est donné pour une résistance d'entrée et sortie de 1500 Ohms, la liaison avec l'étage d'entrée se fait à travers C9. Une simulation sur PUFF et SIMM99 démontre que l'ensemble, Q1 et tous les filtres cités ci-dessus, est parfaitement adapté pour cette charge. Ce circuit réalise le premier mélange pour une fréquence intermédiaire de 10,7 MHz, avec l'oscillateur local que nous développerons plus loin, qui est injecté sur la broche 6. Les condensateurs C12 et C14 découplent la HF vers la masse. L'alimentation du mélangeur est découplée par C4, et la résistance R3 limite la tension à 6V. La première FI est donc disponible sur la broche 5 de U1 dont l'impédance est de 1500 Ohms tout comme celle du filtre à quartz Y2. Il n'y a donc pas d'adaptation à ce niveau et la liaison se fait en direct. En sortie du filtre à quartz, un réseau LC constitué par C10 et L3, adapte par contre les 1500 Ohms, à U2 (TCA440) dont la résistance d'entrée peut se situer entre 25 et 100 Ohms.

Le TCA440, circuit très complet, est utilisé dans notre cas de figure, pour la détection AM.. Il se compose d'un préamplificateur d'entrée, suivi d'un mélangeur actif tamponné par un oscillateur à quartz. En sortie du mélangeur, quatre étages FI contrôlés par une CAG interne avec en prime une sortie S-mètre.

Le quartz Y3 de 10,245Mhz détermine la seconde fréquence intermédiaire à 455 KHz.

L'oscillateur est alimenté par un réseau RLC (R8, C16, C23, L5). Les deux condensateurs C24 et C25 ajustent exactement la fréquence à 10.245MHz . La bande passante, est obtenue par le filtre céramique Y1. Son adaptation se fait par le transformateur T1 (4102) et la résistance R4 de 1.8Kohms. Ce filtre céramique CFU455G de +/-4.5Khz à -6db est parfait pour ce que nous envisageons. La détection se fait de manière classique, par un transformateur T2 dont le secondaire n'est pas utilisé, d'une diode germanium D1 BAT85 (qui possède une tension de seuil de 0,4 V pour un résultat optimum) ainsi que R9, R11, C19. Le réseau R10, C20 et C21 n'est autre qu'un filtre BF simplifié mais suffisant pour une bonne qualité auditive.

Le circuit de C.A.G:

Une tension prélevée sur la broche 10 de U2 traverse D2 qui est également une BAT85. Elle est utilisée pour limiter le gain de l'étage préamplificateur dans notre TCA440, c'est donc une CAG supplémentaire avec une dynamique d'ensemble pour le TCA440 de 80 dBm. Une autre CAG réservée au circuit d'entrée Q1 est développée comme suit. Toujours à travers D2, nous allons vers Q4 un FET BF245C alimenté par une tension stabilisée grâce à une ZENER de 8,2V D6 découplé par le condensateur C52 et parcouru par un courant fixé par la résistance

R31. La sortie est prélevée sur la source du FET par R40 et attaque l'entrée inverseuse d'un LM358, U3B utilisé en comparateur. La tension de référence, est ajustée par R32 et doit correspondre à environ 3.3V sur la pin 5 de l'ampli opérationnel, ce qui a pour effet d'élever sa sortie pin 7 à une tension proche de l'alimentation, autour de 12.5V, à condition bien sûr que la pin 6 de notre LM358 soit à une valeur légèrement plus basse, que celle de la pin 5, autour de 3.25V sans signal. La tension de 12.5V en sortie de U3B pin 7 est ramenée à 300mV par le diviseur de tension R2, R38 et R44. Dès que le signal d'entrée dépasse un certain niveau à l'antenne, entre -25 à -30dbm dans notre cas, cette tension de 3.25V s'élève pour atteindre 3.35V ou plus, le comparateur bascule dans l'autre sens, et la sortie, pin 7 passe alors à zéro volt.

Ce qui signifie, que la tension qui au préalable était de 300mV environ sur la grille G2 du MOSFET Q1, entre R38 et R6 (point de mesure), chute alors à zéro volt et nous réduisons d'un coup la sensibilité de l'étage d'entrée. L'atténuation à ce stade est de 10 dB environ. Avec cette configuration, cela nous permet d'augmenter la dynamique du récepteur, d'encaisser des signaux relativement puissants et la qualité BF ne s'en trouve que meilleure. Nous pouvons évidemment ajuster au mieux cette tension de 300mV en jouant sur les valeurs de R2 et R38.

L'ampli opérationnel U3 est alimenté en direct par sa broche 8 au travers d'un réseau LC construit autour de L8, C49 et C50.

Une remarque, et comme dit plus haut, nous avons constaté, qu'il était inutile d'aller au delà de 300mV sur la grille G2 de Q1 car cela n'améliore en rien la sensibilité. Pour les puristes, rien ne les empêche de réaliser une tension de CAG qui va de +300mV à -2V ce qui aurait pour effet d'augmenter l'atténuation de 10 dB supplémentaire. Dans ce cas de figure par contre, il faudra disposer d'une tension négative et modifier notablement le montage du circuit CAG.

Le circuit S-Mètre:

En ce qui concerne la mesure du niveau du signal d'entrée, nous prélevons une tension qui varie entre 0.3V sans signal à 0.4V avec signal en fonction du niveau de réception à l'antenne. Cette variation de tension disponible sur la sortie 10 du TCA440 est dirigée vers l'entrée non inverseuse de U3A au travers de la résistance R16. Ce circuit est monté en amplificateur de tension non inverseur avec un gain déterminé par le rapport des résistances R21 et R29. Il alimente le galvanomètre du S-mètre. Les deux condensateurs C38 et C40 lui donne une certaine inertie. La résistance variable R18 de 1 Kilo-Ohms, nous permet d'ajuster au mieux l'indication du S-mètre en fonction de sa résistance interne. La diode D5, en série, améliore l'étalement de la lecture. Pour les puristes, il est possible de remplacer cette diode par la jonction base/émetteur d'un transistor NPN en mettant l'émetteur à la masse bien entendu, ce qui a pour effet d'étaler au mieux la réponse du galvanomètre vers le haut de l'échelle (se reporter au schéma de principe).

Le circuit squelch:

Un autre ampli opérationnel LM358, U6A avec le transistor Q6 sont utilisés comme comparateur et interrupteur BF. Au repos, donc sans signal à l'antenne, la pin 1 est au niveau de l'alimentation et la pin 2 autour de 0.95 V. Le transistor Q6 est passant, donc pas de BF. Le potentiel de référence sur la broche 3 de U6A est fixé par les résistances R64 et R67 et découplé par C94 et C95, à une valeur de 830 mV, qui correspond au seuil minimum (soit -100dBm de signal HF à l'entrée). Une tension, en fonction du signal reçu à l'antenne, est appliquée sur l'entrée inverseuse, pin 2, à travers la résistance R68. Dès que cette valeur dépasse la tension de référence, la sortie pin 1 du LM358 passe à zéro volt. Le transistor Q6 bloque, ce qui active l'amplificateur BF. La résistance R65 de 470 Ohms adoucit la fermeture

du squelch. Le processus en ce qui concerne l'information SCAN-STOP pour le microcontrôleur (R45 et Q7) est identique à ce qui vient d'être décrit ci-dessus.

Le synthétiseur

Le synthétiseur est réalisé autour d'un MC145170 (U5), circuit que nous utilisons à presque toutes les sautes. L'oscillateur quant à lui a été élaboré avec un grand soin pour plusieurs raisons que nous allons voir ensemble. Un premier point très important est l'alimentation de l'oscillateur qui doit être uniquement réservé à ce dernier et qu'il faut filtrer au maximum pour épurer toute source d'ennuis et bruits qui pourraient se traduire au niveau de l'oscillateur. Le régulateur 10V U11, le réseau C29, L6, C30, R13, C31, R14, C32 et C33, sont garants du bon fonctionnement de notre montage. Un autre élément déterminant d'une PLL est la boucle de régulation qui doit nous amener à un verrouillage rapide, fonctionnement stable et sans reproche. Cette boucle active, est construite autour de U4, un TL071 et tous les éléments qui gravitent autour.

Dans la conception d'un VFO, un autre facteur très important qu'il ne faut pas négliger, c'est la stabilité propre ou intrinsèque de l'oscillateur. Plus il sera naturellement stable, et moins la PLL entrera en jeu, et moins de bruit il produira. Cela ne pourra que profiter à tout montage équipé d'un VFO verrouillé en phase (PLL). Dans notre cas, l'oscillateur fonctionne autour d'un FET U310 (Q2) transistor qui n'a jamais déçu de part ses performances. L'oscillateur se compose d'une self L7 de trois spires de fil de 12/10 bobinés en l'air sur un diamètre de 7mm avec prise à 0.75 spire coté masse pour la réaction, associé à tous les composants autour. Les deux résistances R15 et R30 chargent Q2. L'énergie est prélevée à leur niveau et distribuée respectivement par C35 et C43. Le condensateur C46, améliore considérablement la constance du niveau de l'oscillateur sur presque toute la gamme. Une diode varicap double BB204 (ou 2 diodes BB104 référencés D3 et D4), est (ou sont) couplé d'un côté par C39 sur la grille du Q2 et de l'autre coté, à la tension de commande issue de la boucle de régulation et de son filtre. L'oscillateur délivre une puissance de +5 à +7dbm sur toute la gamme sur une charge de 50 Ohms. Les puissances d'excitation respectives se situent à environ -25 dBm pour le NE612 et autour de -5 dBm pour le MC145170 ce qui justifie les faibles couplages réalisés par C43, C35. L'alimentation de cet ensemble est organisée par un régulateur classique 10V et très bien filtré comme dit plus haut dans l'article.

Pour les puristes encore, pour éviter les effets microphoniques du VFO, vous pouvez bobiner la self sur un bon mandrin HF et coller le tout.

Etant donné que la couverture de notre RX est relativement importante, de 108 à 137 MHz, le VFO doit couvrir la même gamme et même un peu plus. Dans notre cas de figure, $108 + 10.7 = 118.7$ MHz à $137 + 10.7 = 147.7$ MHz. En tout 29MHz d'excursion possible. Pour une telle couverture, il faut une grande variation de tension aux bornes de la diode varicap. Comme le circuit synthétiseur U5 est alimenté par une tension de 5 V, et que l'excursion de tension pour couvrir les 29 MHz va bien au delà de cette valeur, nous avons interfacé la boucle de régulation à travers un ampli opérationnel. TL071 (faible bruit) alimenté par une tension régulée et filtrée de 10V. Pour ceux que cela intéresse, le mode de calcul de la boucle de phase est donné par MOTOROLA dans son DEVICE DATA. Cette dernière est réalisée autour des résistances R17, R19, R20, R25, R26, R28 et des condensateurs C36, C37, C44 et C45 et de U4. Un filtrage supplémentaire à la sortie du TL071 est nécessaire pour éviter tout bruit de phase dans la boucle. Pour les curieux, écoutez donc la note de l'oscillateur sur votre récepteur 2 mètres en BLU...La variation de niveau de puissance de l'oscillateur d'un bout à l'autre de la bande est de moins de 2dbm. Les références des pas du synthétiseur (25 KHz et 8,333 KHz) sont obtenues par modification de la division du registre R du MC145170. L'oscillateur interne est rythmé par le quartz de 6MHz et les condensateurs C57 et C55

permettent un ajustage précis de la fréquence. Le temps de verrouillage pour un saut de 5Mhz est de moins de 3 ms. La LED D7 indique par son éclat, le bon verrouillage de la PLL.

Le bloc de commande:

L'inverseur S3 permet de mettre le montage sous tension. Cette mise sous tension est visualisée par l'éclairage de l'afficheur LCD. Le changement de fréquence s'effectue à l'aide du codeur incrémental U7 sur les bits RB0 et RB1 du microcontrôleur ou R54, C59 et R55, C58 forment un circuit d'anti-rebond. La fonction « SCAN » et la fonction « MEM » sont développées respectivement à partir des boutons S1 sur le bit RB2, et S2 sur le bit RA3 du microcontrôleur. D9, R57 et C63 forment le circuit de reset, à la mise sous tension du montage. Le microcontrôleur est synchronisé à 4MHz par le quartz Y5 et les deux condensateurs C61 et C62. Il est alimenté sous 5V par sa broche 14. La self de choc L9 supprime tout résidu d'horloge issu du microcontrôleur sur la ligne d'alimentation qui est découplée par le condensateur C64. Les résistances R46, R47, R48, R49, R50, R51 et R52 servent de pull-up. L'affichage des informations est réalisé par un afficheur LCD de deux lignes de 16 caractères U9. Il est alimenté par sa broche 2, qui est découplée par le condensateur C60. Le contraste de l'afficheur est commandé par la résistance ajustable R53. Pour finir, le courant nécessaire au rétro-éclairage est fixé par R56. ST5 à ST12 sont des résistances 0 Ohms (straps), rendues nécessaires à cause de la densité de la CAO.

L'amplificateur BF:

Le signal BF charge le potentiomètre R60 qui permet de régler le niveau de sortie sur le haut-parleur. Les condensateurs C86 et C87 stoppent la composante continue se trouvant sur le signal et R61 fixe l'impédance d'entrée. Le gain de l'amplificateur U9 est donné par la résistance R62 et le condensateur C91. La polarisation est assurée par R59, C85 et C88. Le signal amplifié est filtré par une cellule de boucherot constitué de R63 et C93, puis traverse le condensateur C89 avant d'attaquer un haut parleur d'impédance 8 Ohms. L'amplificateur est alimenté par la broche 6 et découplé par les condensateurs C83 et C84.

L'alimentation:

Le montage est alimenté par une source externe de 13.5V. Le fusible F1 protège le montage contre les surcharges et D1 contre les inversions de polarité. Le régulateur U10 fournit la tension de 5V, le régulateur U11 une tension de 10V. Le couple diode zener D9 et résistance R5, délivrent la tension de 8,2V. Cette tension est uniquement attribuée à U1 et U2. Les condensateurs C65 à C82 filtrent et découplent ces trois tensions. La self de chocs L10 stoppe tous parasites se trouvant sur la ligne d'alimentation.

Divers :

Une petite remarque concernant l'alimentation du MOSFET (BF981). Le constructeur la situe de 15 V à 16 V pour un fonctionnement optimal. Dans la configuration que nous avons adoptée, le fonctionnement de cet étage est très satisfaisant. Nous avons fait des essais avec un BF988 et un BF998 (CMS) qui donne des résultats un peu meilleur en facteur de bruit, en gain et contrôle de CAG, avec une tension d'alimentation plus réduite. Vous avez donc le choix entre tous ces transistors, mais ne pas oublier que le BF998 a une empreinte différente. Des simulations sur SIM99 et PUFF en utilisant les paramètres -S- des transistors, témoignent du bon comportement de tout ce qui a été dit ci-dessus. Des mesures en réel, démontrent également la réalité de toutes les simulations.

En ce qui concerne le filtre passe haut à 7 cellules, vous aurez remarqué que chaque cellule est blindé, et pour ceux qui redoutent la construction de ces blindages, il existe la solution d'utiliser des bobines toutes faites (le prix n'est pas le même) avec blindage et valeurs de self

identique à celles indiquées sur le schéma (Néosid, Toko...). Dans ce cas, le réglage s'opérera avec le noyau et il faudra également adapter ou refaire un petit circuit imprimé.

Le réglage du squelch est implanté de façon définitive sur la carte principale. Pour ceux qui aimeraient disposer de ce réglage en façade, supprimez la résistance ajustable R67 et placez y 3 fils qu'il faut relier à un potentiomètre de 1 Kilo-Ohms linéaire.

Le choix du haut parleur est très important pour une bonne restitution sonore, d'autant que l'étage BF a été particulièrement soigné. Un modèle 5 Watts est fortement conseillé.

Il est aussi important de souligner que l'affichage n'est pas celui de la fréquence réelle, mais celui du canal. Par chance la valeur du canal correspond à la fréquence quand vous vous trouvez au pas de 25 KHz. Toutes les valeurs que vous entendrez sur l'air ou celles que vous trouverez dans la littérature sont des canaux et non des fréquences, donc pas de surprise.

Néanmoins voici un petit tableau pour vous donner une idée du décalage entre fréquence et canaux :

Fréquence :	Canal :	Pas :
132.000.000 MHz	132.000	25 KHz
132.000.000 MHz	132.005	8,333 KHz
132.008.333 MHz	132.010	8,333 KHz
132.016.666 MHz	132.015	8,333 KHz
132.025.000 MHz	132.025	25 KHz
etc.....		

Vous aurez remarqué qu'une même fréquence correspond à deux canaux, suivant qu'on se trouve au pas de 25 KHz ou au pas de 8,333 KHz.

Montage du Rx Aviation :

Le Rx-Aviation est réalisé sur deux circuits imprimés simple face en époxy et une petite platine supplémentaire pour le filtre passe haut. La platine principale est de dimension 147 x 107 mm et la platine de commande est de dimension 147 x 66 mm. Le filtre passe haut quand à lui, est réalisé sur un circuit dont les dimensions sont de 86 X 20 mm.

Le montage du récepteur, bien que très dense, peut être réalisé par des débutants soigneux et appliqués.

On commencera par monter le filtre passe haut.

En ce qui concerne les différentes selfs, nous avons utilisé trois valeurs 60nH, 33nH et 28nH Respectez scrupuleusement la longueur des bobines comme indiqué sur le schéma.

- Réaliser les selfs en les bobinant sur une queue de foret d'un diamètre 5 mm.
- Mettre en place les selfs sur le circuit imprimé à une hauteur d'environ 4 mm de la carte.
- Souder les 6 condensateurs.
- Construire le blindage, les cloisons et souder le tout ensemble. (Voir plan mécanique joint)

Vient maintenant le tour de la carte principale.

- Insérer toutes les résistances (sauf les résistances ajustables).
- Monter ensuite toutes les diodes ainsi que les différents straps.

- Mettre en place les selfs moulés L3 et L5.
- Insérer les circuits U1, U2, U3, U4, U5, U6, et U9.
- Monter les selfs de choc L6, L8, et L10.
- Mettre en place tous les condensateurs, en terminant par les condensateurs chimiques.
- Monter tous les transistors. Ne pas oublier la perle de ferrite sur le drain de Q1.
- Mettre en place le filtre céramique Y1, le filtre à quartz Y2 et les quartz Y3 et Y4.
- Monter toutes les résistances ajustables.
- Souder les pots Néosid 5061, ainsi que les pots FI 455 KHz.
- Monter les régulateurs et le porte fusible.

On continue avec la carte de commande.

- Mettre en place toutes les résistances , la diode D9 et tous les straps.
- Souder le support du PIC16F84.
- Monter l'afficheur LCD.
- Souder tous les condensateurs.
- Monter le quartz Y5 et la self de choc L9.
- Mettre en place le bouton rotary U7 ainsi que les boutons poussoir S1 et S2.
- Finir par l'inverseur unipolaire S3.

Le potentiomètre R60 et le S-Mètre prenant place sur la carte de commande. Ils seront reliés par fil à la carte principale. Celle-ci sera reliée plus tard, dans la phase de réglage, avec la carte commande à l'aide de queues de résistance.

Réglage et mise en route :

Les réglages du RX Aviation sont très denses et nécessitent un minimum d'équipements, à savoir un voltmètre, un oscilloscope et éventuellement d'un générateur VHF AM modulé et d'un fréquencemètre. De toute façon si vous suivez scrupuleusement nos recommandations de réglage, le récepteur fonctionnera sans surprise.

Comme toujours et au risque de se répéter, vérifiez une dernière fois visuellement sur chaque platine, l'absence de court-circuit, la bonne réalisation des soudures et le bon emplacement de chaque composant. Il va de soi que le microcontrôleur est programmé.

Retirez le microcontrôleur de son support. Réglez votre alimentation à 5V, limitez le courant à 50 mA et appliquez cette tension sur un des deux endroits marqués « 5V » (aidez vous du schéma d'implantation).

Le rétro-éclairage de l'afficheur LCD doit fonctionner. Ajustez R53 de façon à obtenir une ligne de carrés noir sur l'afficheur. Coupez l'alimentation, remettez en place le microcontrôleur et remettez la carte sous tension. Le texte «RX AVIATION V 1.5 » apparaît sur la ligne du haut et après quelques secondes, «CH : 111.300 +» sur la ligne du haut et «MANU VFO» sur la ligne du bas. Le « + » signifiant que vous vous trouvez au pas de 25Khz. Avec le bouton rotary U7, vous changez la fréquence au pas de 25Khz. Une poussée brève sur ce même bouton fait avancer un curseur digit par digit. La rotation du rotary, à chaque stade du déplacement de ce curseur, permet de vérifier, le changement de pas, soit 25 KHz, 100 KHz, 1MHz. et 10MHz. Un appui plus long sur U7 permet de passer au pas de 8,33 KHz représenté sur l'afficheur LCD par «-». Un appui sur le bouton S1 fait passer en mode scanning. A l'aide d'un bout de fil mettez la pin 9 du PIC16F84 à la masse et vérifiez l'arrêt du scanning. Un appui prolongé sur S2 permet de mémoriser la fréquence en cours. Pour

effacer celle-ci couper l'alimentation, et remettez la en route tout en appuyant sur S2, le message « Reset Mem Ok » apparaît alors quelques secondes. Pour finir vous pouvez peaufiner le réglage du contraste de l'afficheur LCD à votre convenance.

Vous pouvez maintenant relier votre face avant au circuit principal. Réglez maintenant votre alimentation à 13,5V et limitez le courant à 200 mA. Mettre le montage sous tension et vérifiez que l'afficheur LCD fonctionne toujours. Mesurez une tension de 5V à la sortie du régulateur U10, sur la broche 16 de U5, et sur la broche 8 de U6. Mesurez également une tension de 6V sur la broche 8 de U1 et environ 8V sur les broches 1,14 et 16 de U2. Vérifiez la présence de 10V à la sortie du régulateur U11 et de la broche 7 de U4 et une tension de 13,5V sur la broche 8 de U3 et sur la broche 6 de U9.

L'étape suivante consiste à mettre en route la PLL. A l'aide de l'oscilloscope, vérifiez l'activité du quartz Y4 sur la broche 2 de U5. Si la led D7 s'illumine, c'est que le synthétiseur fonctionne.

La prudence nous dicte de vérifier que nous sommes bien sur la bonne fréquence. Pour cela, deux méthodes, le fréquencemètre, couplé lâchement sur la self L7, ou tout simplement l'écoute sur un récepteur 144/146 MHz. Ce dernier, calé sur 145 MHz en BLU ou FM, détecte la porteuse de notre PLL calé sur 145 MHz alors que notre afficheur indique 134,3 MHz. puisque nous travaillons en supradyné. Nous pouvons également contrôler le 133,3 MHz (144 sur le RX 2mètres) et le 135,3 MHz (146 sur le RX 2mètre) et tous les pas intermédiaires. La porteuse écoutée sur le RX 2 mètres doit être absolument pure.

Affichez maintenant, 122 MHz et mesurez la tension en sortie de U4 sur la pin 6, vous devez avoir environ 4,3V à 4,8V, sur 108 MHz environ 2.2V et sur 137 MHz environ 7.2V. Nous pouvons naturellement avoir des petites différences mais dans la limite des dispersions dues aux valeurs des composants. Si les mesures de tension sont très différentes, comprimez ou étirez légèrement la bobine L8 pour obtenir les mesures indiquées. Au touché de L8, la PLL doit décrocher pour raccrocher immédiatement une fois le doigt enlevé. Le réglage de l'étage d'entrée ne pose pas de problèmes si ce n'est l'étalement convenable de la bande. Au préalable, ajustez les noyaux des bobinages L1 et L2 à fleur du capot et sortez complètement le noyau de la bobine L4.

A ce stade, cela devrait déjà bien fonctionner. Dans certains cas, le noyau de L4 est totalement enlevé, alors que celui de L2 est à fleur du capot. Ce réglage fin n'est possible que si vous disposez d'un générateur, et cela ne devrait donc pas poser de problèmes pour vous. De toutes façons, la conception de l'étage d'entrée est telle que cela fonctionnera sans surprise.

Vérifiez ensuite l'activité du quartz 10,245 MHz à l'aide de l'oscilloscope. Montez le volume, et ajuster les transformateurs T1 et T2 pour avoir le maximum de souffle. Si vous possédez un générateur, injectez un signal en modulation d'amplitude de 1KHz, 60% et -80 dBm. Placez la sonde de l'oscilloscope à l'intersection de R10 et C25 et ajuster les transformateurs T1 et T2 de façon à obtenir une belle sinusoïde avec le maximum d'amplitude. Si vous constatez de petites distorsion dans la sinusoïde, réglez la au mieux avec le condensateur ajustable C55 qui permet d'ajuster l'oscillateur de U5. Réglez ensuite le seuil du squelch, à l'aide de la résistance ajustable R67 de façon à obtenir une tension de 830 mV sur la broche 3 de U6, ce qui correspond à un seuil de coupure de la BF pour un signal d'entrée de -100 dBm. Vous pourrez bien sur peaufiner ces réglages avec le générateur HF. De toutes façon, les performances maximales du récepteur ne seront obtenues qu'avec un réglage aux instruments. Pour régler la CAG automatique, ajuster la résistance R32 de façon à obtenir une façon à obtenir une tension de 3.3V sur la broche 5 de U3B. En ce qui concerne le filtre passe haut, respectez la longueur des selfs et vérifiez qu'elles se trouvent à la bonne place. Vérifiez également les valeurs des condensateurs et leur bon emplacement. Bien sur respectez scrupuleusement les dimensions pour les blindages. Le filtre devrait alors avoir une bonne réponse sans autres forme de réglage. Par contre si vous possédez un analyseur de spectre,

vous pouvez régler au mieux ce filtre en agissant par étirement ou compression des selfs pour obtenir la bonne bande passante. Sachez que la self du milieu, L14 agit sur la raideur du flan de la courbe passe haut.

N'oubliez pas que vous pouvez utiliser votre RX sans monter ce filtre passe haut, mais comme nous l'avons vu dans la description du schéma de principe, celui-ci est fortement conseillé.

Votre récepteur est maintenant prêt, vous pouvez y raccorder une antenne, et commencer l'écoute du trafic aéro.

Petit rappel sur l'utilisation de la face avant :

Bouton « ROTARY » U7 :

- Rotation à droite -> Incrémentation des canaux ou des mémoires.
- Rotation à gauche -> Décrémentation des canaux ou des mémoires
- Pression courte -> Saut de 25, 100, 1000 ou 10000 pour changement rapide des canaux. (Uniquement au pas de 25 KHz).
- Pression prolongé -> changement de pas 25 KHz (+) ou 8,333 KHz (-).

Bouton « SCAN » S1

- Pression courte -> Passe en mode scanning (en mode VFO ou Mémoire).

Bouton « MEM » S2

- Pression courte -> Passe du mode VFO en mode Mémoire et vice-versa. Reste en mode VFO, si pas de mémoires enregistrés
- Pression prolongé -> Mise en mémoire de la fréquence en cours (Fonction disponible uniquement en mode VFO) En maintenant cette touche enfoncé à la mise sous tension, reset complet des mémoires.

Le logiciel embarqué :

Nous ne rentrerons pas ici dans les détails du programme, ce n'est pas l'objet de cet article. Ce qu'il faut savoir c'est que le microcontrôleur PIC16F84, est bien chargé puisqu'il ne reste que trois octets de libre. Il est synchronisé par un quartz à 4 MHz. Le bouton rotary active une interruption alors que les autres boutons sont scrutés en permanence dans une boucle fermée. La mémorisation des fréquences est faite en eeprom. La gestion de l'afficheur LCD se fait en mode 4 bits. Pour finir le programme est écrit en assembleur Microchip et il est disponible sur simple demande par e-mail.

Conclusion :

Nous avons là un récepteur de très grande qualité pour ne pas dire de qualité professionnelle, qui va vous permettre de découvrir de nouveaux horizons, le trafic radio sur la bande aviation est dense, ininterrompu et très intéressant. Ecouter ce trafic avec un récepteur fait maison sera pour vous un plaisir supplémentaire. Le prix de revient reste très abordable vu la densité et la qualité du montage.

Le design de la face avant et arrière a été développé au format HPGL et Kosy-CAD. Pour les heureux possesseurs d'une fraiseuse numérique, les fichiers d'usinage sont également disponible sur simple demande.

Matériel de mesure et d'usinage utilisé lors de la conception :

Multimètre analogique Advantest TR6847.
Fréquence-mètre Voltcraft RFC 1300-T.
Oscilloscope Tektronix 2225.
Générateur HF Panasonic VP-8191A
Analyseur de spectre Hewlet Packard 8565A.
Fraiseuse numérique KOSY – A5 (pour l'usinage des boîtiers).

Bibliographie :

Guide du technicien en électronique (Edition Hachette).
Motorola Communications Device Data (MC145170).
PIC16F84 data sheet – Microchip.
Ceramic Filter Application Manual – Murata.
SGS-Thomson TBA820M Datasheet.
HD44780 Dot Matrix LCD Controller / Driver Datasheet – Hitachi.
Semiconductor for Wireless Communications – Philips Databook (NE602).
General-Purpose / Linear Ics – Philips Databook (LM358).
TCA440 Datasheet - Silicium Microelectronic Integration GMBH.

Contact:

Eveille Jean-Marc	eveillejm@aol.com
Wojciechowicz Henri	henriwoj@wanadoo.fr

Nomenclature

Résistances 1/4 Watts:

(Sauf indication contraire)

R1: 47 Ohms	R25: 2,7 Kilo-Ohms	R49: 12 Kilo-Ohms
R2: 10 Kilo-Ohms	R26: 2,7 Kilo-Ohms	R50: 12 Kilo-Ohms
R3: 1 Kilo-Ohms	R27: 56 Kilo-Ohms	R51: 12 Kilo-Ohms
R4: 2,2 Kilo-Ohms	R28: 2,2 Kilo-Ohms	R52: 12 Kilo-Ohms
R5: 2,2 Kilo-Ohms	R29: 100 Kilo-Ohms	R53: Ajustable 10 Kilo-Ohms Horiz.
R6: 820 Ohms	R30: 82 Ohms	R54: 1 Kilo-Ohms
R7: 33 Ohms	R31: 820 Ohms	R55: 1 Kilo-Ohms
R8: 100 Ohms	R32: Ajustable 1 Kilo-Ohm Horiz.	R56: 10 Ohms
R9: 33 Kilo-Ohms	R33: 3,3 Kilo-Ohms	R57: 470 Ohms
R10: 1 Kilo-Ohms	R34: 1,8 Kilo-Ohms	R58: 180 Ohms
R11: 12 Kilo-Ohms	R35: 2,2 Kilo-Ohms	R59: 56 Ohms
R12: 8,2 Kilo-Ohms	R36: 56 Kilo-Ohms	R60: Potentiomètre 10 Kilo-Ohms Log.
R13: 47 Ohms	R37: 1 Mega-Ohm	R61: 10 Kilo-Ohms
R14: 33 Ohms	R38: 390 Kilo-Ohms	R62: 33 Ohms
R15: 100 Ohms	R39: 15 Kilo-Ohms	R63: 1 Ohm
R16: 22 Kilo-Ohms	R40: 3,9 Kilo-Ohms	R64: 2,2 Kilo-Ohms
R17: 2,2 Kilo-Ohms	R41: 560 Ohms	R65: 330 Ohms
R18: Ajustable 1 Kilo-Ohm Horiz.	R42: 2,2 Kilo-Ohms	R66: 2,2 Kilo-Ohms
R19: 2,7 Kilo-Ohms	R43: 15 Kilo-Ohms	R67: Ajustable 1 Kilo-Ohms multitours
R20: 2,7 Kilo-Ohms	R44: 15 Kilo-Ohms	R68: 22 Kilo-Ohms
R21: 220 Kilo-Ohms	R45: 2,2 Kilo-Ohms	R69: 10 Kilo-Ohms
R22: 1 Kilo-Ohms	R46: 12 Kilo-Ohms	R70: 10 Kilo-Ohms
R23: 1 Kilo-Ohms	R47: 12 Kilo-Ohms	
R24: 12 Kilo-Ohms	R48: 12 Kilo-Ohms	

Condensateurs:

C1: 10 nF - LCC	C35: 22 pF - Céramique	C69: 100 nF - LCC
C2: 47 uF - 25V	C36: 100 nF - LCC	C70: 1 nF - LCC
C3: 10 pF céramique	C37: 1 uF - LCC	C71: 47 uF - 25V
C4: 2,2 uF - 16V	C38: 220 nF - LCC	C72: 47 uF - 25V
C5: 47 uF - 25V	C39: 100 pF - Céramique	C73: 100 nF - LCC
C6: 1 nF - LCC	C40: 470 nF - LCC	C74: 1 nF - LCC
C7: 100 nF - LCC	C41: 100 nF - LCC	C75: 100 nF - LCC
C8: 3,3 pF - Céramique	C42: 100 nF - LCC	C76: 1 nF - LCC
C9: 470 pF - Céramique	C43: 2,2 pF - Céramique	C77: 47 uF - 25V
C10: 56 pF - Céramique	C44: 100 nF - LCC	C78: 47 uF - 25V
C11: 6,8 pF - Céramique	C45: 1 uF - LCC	C79: 100 nF - LCC
C12: 10 nF - LCC	C46: 100 nF - Céramique	C80: 1 nF - LCC
C13: 22 pF - Céramique	C47: 47 uF - 25V	C81: 100 nF - LCC
C14: 100 nF - LCC	C48: 10 nF - LCC	C82: 1 nF - LCC
C15: 100 nF - LCC	C49: 47 uF - 25V	C83: 220 uF - 25V
C16: 100 nF - LCC	C50: 47 uF - 25V	C84: 100 nF - LCC
C17: 1 nF - LCC	C51: 100 nF - LCC	C85: 100 uF - 25V
C18: 39 pF - Céramique	C52: 470 nF - LCC	C86: 1 uF - LCC
C19: 2,2 uF - 16V	C53: 220 nF - LCC	C87: 1 uF - LCC
C20: 2,2 nF - LCC	C54: 1 nF - LCC	C88: 1 nF - LCC
C21: 3,3 nF - LCC	C55: Ajustable 3/70 pF	C89: 100 uF - 25V
C22: 100 nF - LCC	C56: 1 uF - 16V	C90: 47 uF - 25V
C23: 10 uF - 25V	C57: 33 pF - CMS	C91: 100 uF - 25V
C24: 15 pF - Céramique	C58: 100 nF - LCC	C92: 10 uF - 25V
C25: 33 pF - Céramique	C59: 100 nF - LCC	C93: 220 nF - LCC
C26: 100 nF - LCC	C60: 100 nF - LCC	C94: 100 nF - LCC
C27: 470 nF - LCC	C61: 33 pF - Céramique	C95: 100 nF - LCC
C28: 10 uF - 25V	C62: 33 pF - Céramique	C96: 12 pF - Céramique
C29: 47 uF - 25V	C63: 100 nF - LCC	C97: 8 pF - Céramique
C30: 2200 uF - 25V	C64: 100 nF - LCC	C98: 10 pF - céramique
C31: 100 uF - 25V	C65: 47 uF - 25V	C99: 10 pF - céramique
C32: 220 uF - 25V	C66: 47 uF - 25V	C100: 8 pF - Céramique
C33: 100 nF - LCC	C67: 100 nF - LCC	C101: 12 pF - Céramique
C34: 47 uF - 25V	C68: 1 nF - LCC	C102: 33 pF - CMS

Selfs et bobinages:

L1: Pot Néosid 5061	L7: 3 Spires - Diam. 7mm *	L13: 3,5 Spires - Diam. 5mm ***
L2: Pot Néosid 5061	L8: Choc BL02-RN2 Murata	L14: 2,5 Spires - Diam. 5mm ****
L3: Self 4,7 uH - Axiale	L9: Choc BL02-RN2 Murata	L15: 3,5 Spires - Diam. 5mm ***
L4: Pot Néosid 5061	L10: Choc BL02-RN2 Murata	L16: 3,5 Spires - Diam. 5mm ***
L5: Self 22 uH - Axiale	L11: 4,5 Spires - Diam. 5mm **	L17: 4,5 Spires - Diam. 5mm **
L6: Choc BL02-RN2 Murata	L12: 3,5 Spires - Diam. 5mm ***	

Semi-conducteurs et circuits intégrés:

D1: BAT85	Q2: U310	U5: MC145170-2
D2: BAT85	Q3: 2SA933	U6: LM358
D3/D4: 2 x BB104 ou 1 x BB204	Q4: BF245C	U7: Rotary BOURNS
D5: 1N4148 ou Transistor 2SC1841	Q5: 2SA933	U8: PIC16F84-04
D6: Zener 8,2V	Q6: 2SC1841	U9: TBA820
D7: Led 3mm	Q7: 2SC1841	U10: LM7805
D8: Zener 8,2V	U1: NE602 ou NE612	U11: LM7810
D9: 1N4148	U2: TCA440	U12: Afficheur LCD 2 x 16 caractères
D10: 1N4001	U3: LM358	
Q1: BF981	U4: TL071	

Divers:

Y1: Filtre céramique CFU455G	ST5: Strap	T2: Pot FI Toko 4102
Y2: Filtre à Quartz NDK - 107,5AD	ST6: Strap	S1: Bouton poussoir D6 - Noir
Y3: Quartz 10,245 MHz	ST7: Strap	S2: Bouton poussoir D6 - Noir
Y4: Quartz 6 MHz	ST8: Strap	S3: Inverseur unipolaire APEM TL36P
Y5: Quartz 4 MHz	ST9: Strap	F1: Porte Fusible Cl
ST1: Strap	ST10: Strap	
ST2: Strap	ST11: Strap	
ST3: Strap	ST12: Strap	
ST4: Strap	T1: Pot FI Toko 4102	

* Self réalisé par 3 Spires avec du fil argenté de 12/10 mm sur un diamètre de 7 mm, prise à 0,75 spires de la masse.

** Self réalisé par 4,5 Spires avec du fil émaillé de 8/10 mm sur un diamètre de 5 mm.

*** Self réalisé par 3,5 Spires avec du fil émaillé de 8/10 mm sur un diamètre de 5mm.

**** Self réalisé par 2,5 Spires avec du fil émaillé de 8/10 mm sur un diamètre de 5mm.