

Récepteur à conversion directe 3,5, 7 et 14 MHz

Denis Auquebon F6CRP
30 rue des mûriers
17140 Lagord
f6crp@wanadoo.fr

Naissance du projet.

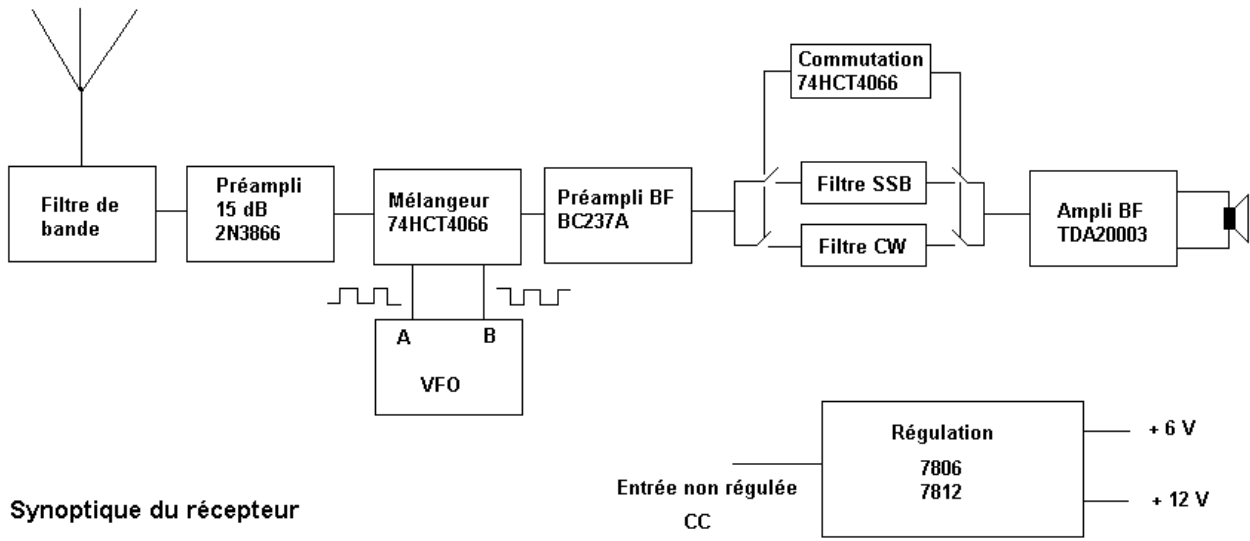
C'est la conjonction de la lecture de SPRAT (Small Power Radio Amateur Transmission), de Radio-Rivista et le besoin impérieux de mon fils de 6 ans et demi de posséder un « jouet de radioamateur » qui est à l'origine de ce projet. Ayant décidé d'accéder à sa demande, je cherchais dans la littérature amateur une réalisation originale, simple et offrant des performances honnêtes. Durant cette quête j'eus l'occasion de lire une excellente description de I7SWX sur un récepteur à conversion directe suivie le mois suivant d'un article de VK2DOB sur ses expérimentations avec le quadruple interrupteur analogique 4066. Il n'en fallait pas plus pour me convaincre de créer à mon tour mon récepteur, selon mon cahier des charges. Précision utile, je n'ai rien inventé, je me suis contenté de mettre bout à bout des montages éprouvés.

Avertissement

Ce récepteur, malgré sa simplicité apparente offre de très bonnes performances, sa réalisation n'en demande pas moins du soin et un minimum d'appareillage de mesure, il est donc préférable d'être accompagné par un ancien pour mener à bien cette réalisation. Dans le même ordre d'idée, si vous vous lancer dans ce projet, ayez une démarche pragmatique, commencez par réaliser la version monobande 40m, si l'ensemble vous donne satisfaction , passez à une autre bande et réalisez les commutations. Progressez ainsi à pas comptés et n'oubliez pas que deux modifications successives vous font perdre la causalité en cas de problème.

Concernant les performances du récepteur, il s'agit d'un récepteur à conversion directe, vous le trouverez décevant si vous le comparez à un KWM2 (ma référence quand j'étais plus jeune). On notera une excellente qualité BF (pas de distorsion dans un filtre à quartz économique, pas de problème de linéarité d'une chaîne MF mal conçue, pas de problème de réaction de CAG, il n'y en a pas) , en contrepartie de temps à autre un peu de détection d'enveloppe se manifestera et vous aurez quelques réponses parasites dues aux harmoniques du VFO.

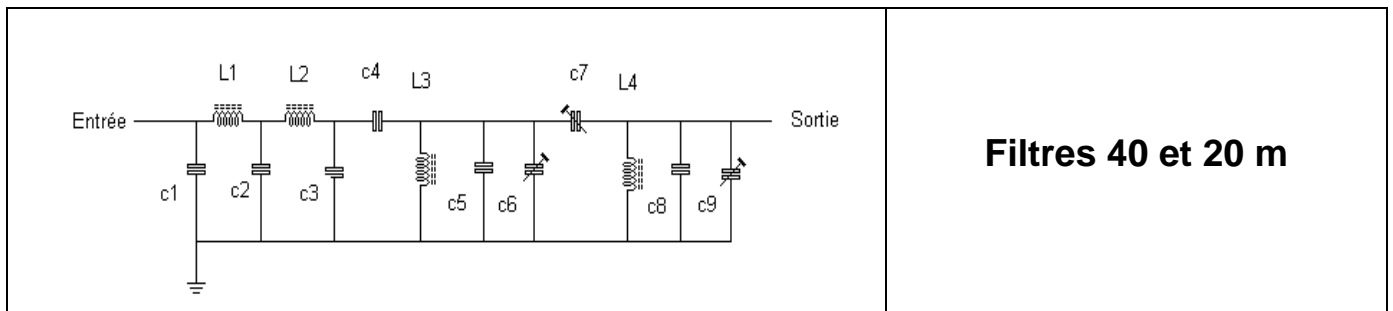
Description



Synoptique du récepteur

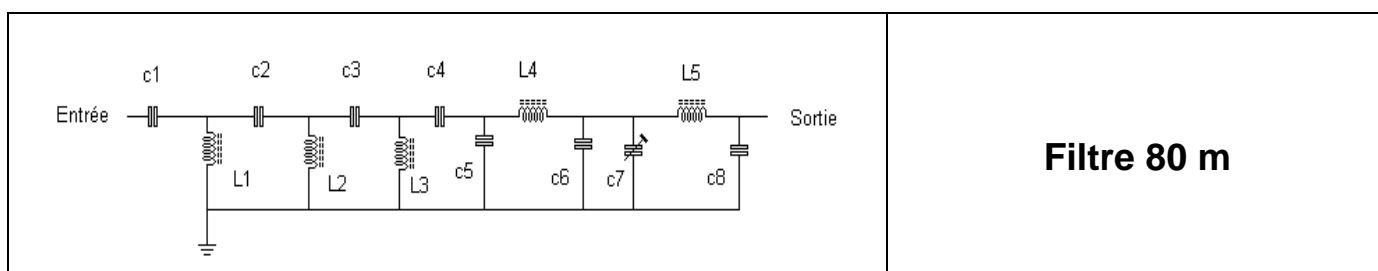
Le principe du récepteur à conversion directe a été décrit encore très récemment, lire l'excellente introduction faite par F5LVG dans RR de septembre 1997 (transceiver BLU 18 MHz).

L'antenne attaque un filtre de bande composé d'un filtre passe bas servant à éliminer les stations dans la partie basse du spectre VHF suivi d'un filtre à deux cellules à couplage critique. Dans ce récepteur, nous allons manipuler des signaux carrés à l'OL et les réponses parasites sur harmoniques ne manqueront pas, un filtrage efficace est une nécessité. Le filtre 80 m est sensiblement différent puisqu'il s'agit de la combinaison d'un filtre passe haut couplé à un filtre passe bas accordable. J'ai essayé de faire plus simple, les performances s'en sont fortement ressenties. Ces filtres ont été décrits dans l'ARRL Handbook.



Filtres 40 et 20 m

Valeurs des éléments pour les filtres 40 et 80 m								
Bandes	C1-C3	C2	C4	C5-C8	C6-C9	C7	L1-L2 Spires sur T50/6 diamètre 5 à 6/10 mm	L3-L4 Spires sur T50/6 diamètre 5 à 6/10mm
40 m	430	860	47	47	0/180	0/10	17	25
20 m	220	430	22	47	0/180	0/10	12	17

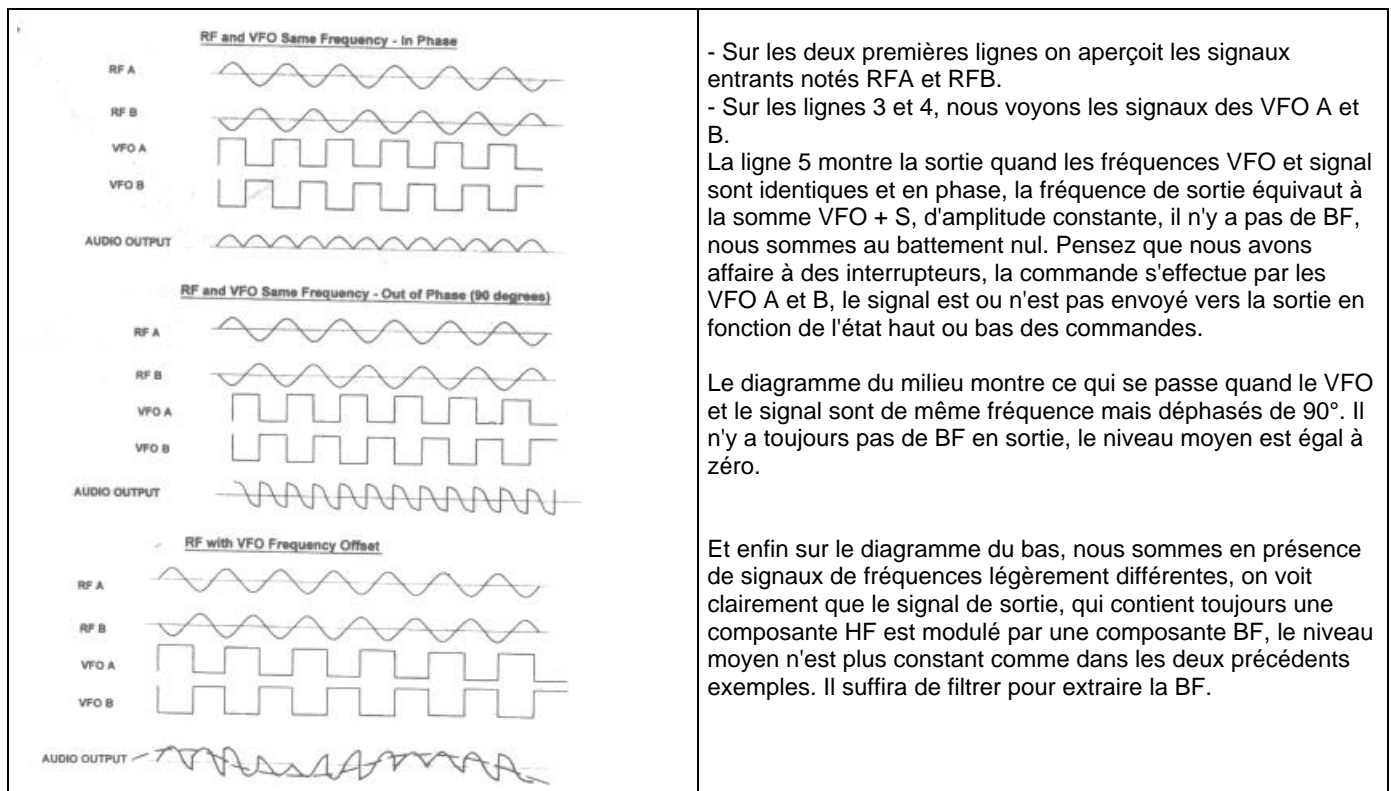


Filtre 80 m

Valeurs des éléments du filtre 80 m								
C1-C4	C2-C3	C5	C6	C7	C8	L1-L3	L2	L4-L5
650	420	5000	560	350	5000	21 spires sur T50/2 diamètre 5 à 6/10mm	20 spires sur T50/2 diamètre 5 à 6/10 mm	30 spires sur T68/2 diamètre 5 à 6/10 mm

Le filtre est suivi d'un étage préamplificateur d'une quinzaine de dB, allant ainsi à l'encontre de toutes les théories admises du moment . C'est vrai mais sur un récepteur à conversion directe le gain global est donné par la chaîne d'amplification BF, ceci s'accompagne en général d'un détestable effet microphonique. Une solution possible consiste à utiliser un mélangeur à forte dynamique qui supportera une préamplification HF. 15 dB de gain à cet endroit seront 15dB de moins à fournir par la BF et de fait ce récepteur n'est absolument pas microphonique. Dernier argument, il m'a semblé que les pertes avec le type de mélangeur étaient plus conséquentes que ce que l'on est habitué à voir avec les DBM à diodes. Le préampli, issu lui aussi du Handbook utilise un transistor 2N3866 ou 2N5109 parcouru par un courant relativement élevé (40 à 50 mA), le collecteur est chargé par un transformateur large bande réalisé sur un tore FT37-43. Il conviendra de munir le transistor d'un petit radiateur.

Passons au cœur du montage, le mélangeur. Celui-ci est très inhabituel puisque réalisé avec un 74HCT4066, quadruple interrupteur analogique. Pour fonctionner dans cette configuration, il faut séparer le signal entrant et le VFO en deux signaux en opposition de phase, notre mélangeur aura quatre entrées. Afin de comprendre sans formule trigonométrique le fonctionnement de ce mélangeur (qui ne diffère pas d'un classique mélangeur équilibré à diodes) j'ai demandé à G3RJV, le gourou du QRP anglais, l'autorisation de reproduire une partie d'un article paru sur SPRAT.



- Sur les deux premières lignes on aperçoit les signaux entrants notés RFA et RFB.
 - Sur les lignes 3 et 4, nous voyons les signaux des VFO A et B.
 La ligne 5 montre la sortie quand les fréquences VFO et signal sont identiques et en phase, la fréquence de sortie équivaut à la somme VFO + S, d'amplitude constante, il n'y a pas de BF, nous sommes au battement nul. Pensez que nous avons affaire à des interrupteurs, la commande s'effectue par les VFO A et B, le signal est ou n'est pas envoyé vers la sortie en fonction de l'état haut ou bas des commandes.

Le diagramme du milieu montre ce qui se passe quand le VFO et le signal sont de même fréquence mais déphasés de 90°. Il n'y a toujours pas de BF en sortie, le niveau moyen est égal à zéro.

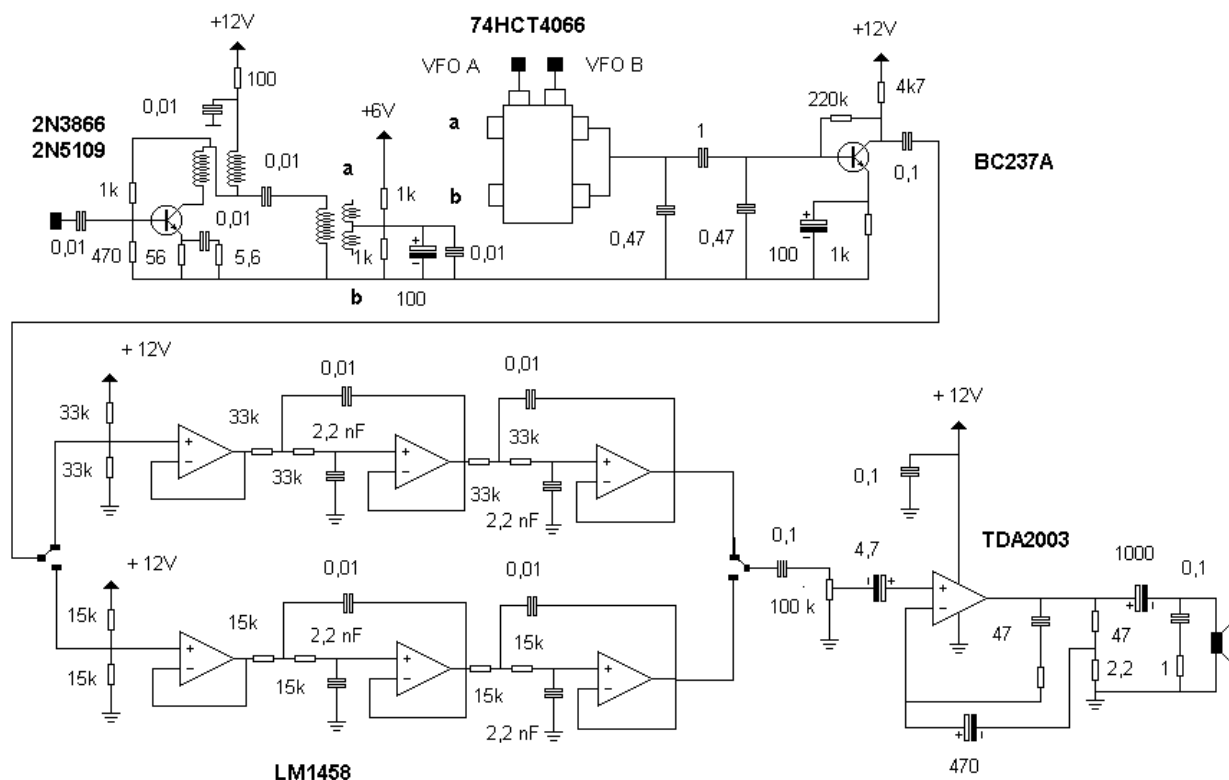
Et enfin sur le diagramme du bas, nous sommes en présence de signaux de fréquences légèrement différentes, on voit clairement que le signal de sortie, qui contient toujours une composante HF est modulé par une composante BF, le niveau moyen n'est plus constant comme dans les deux précédents exemples. Il suffira de filtrer pour extraire la BF.

Pour réaliser le déphasage des signaux entrants, on utilisera un transfo large bande, pour le VFO ce sera extrêmement simple, on ajoutera un inverseur (74HCT4004) à la sortie. A la sortie du mélangeur on trouve un filtre composé de condensateurs, son rôle est de laisser passer la composante BF et d'éliminer la résiduelle HF.

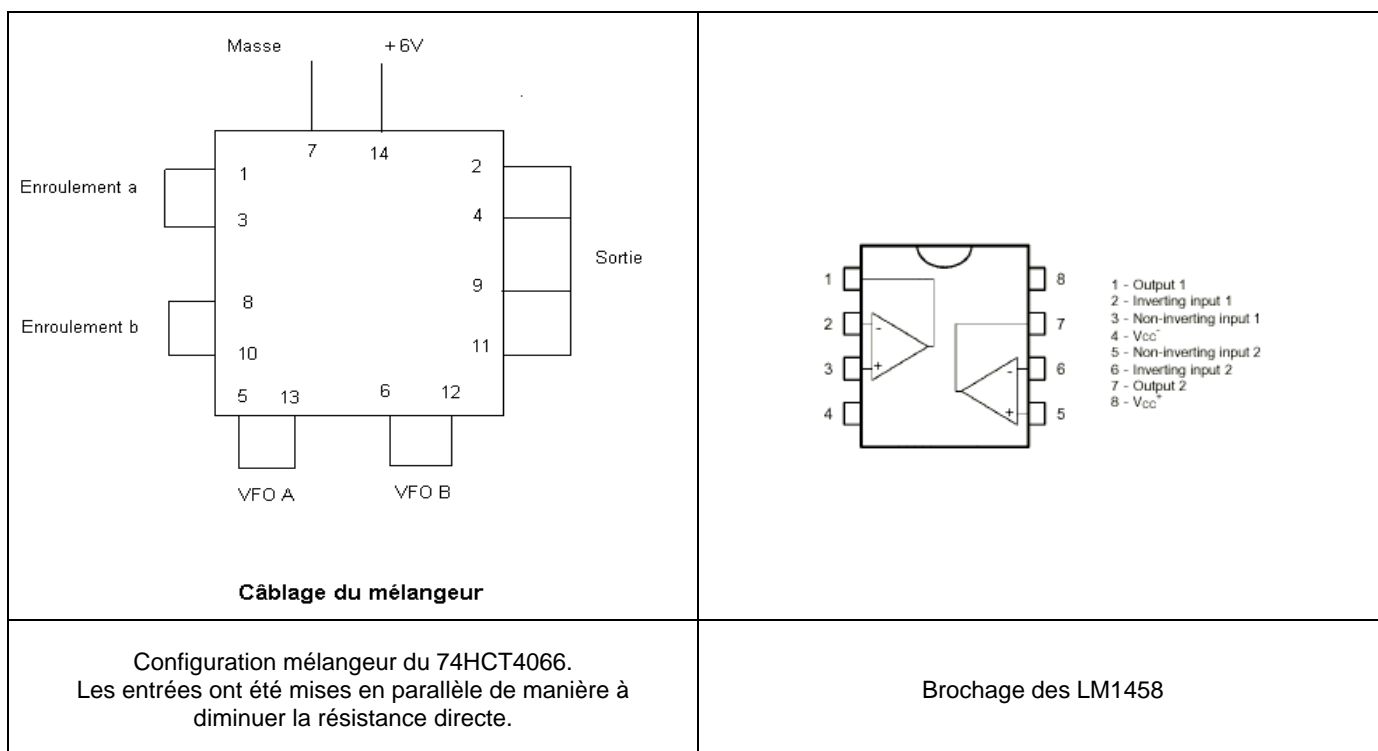
Le signal recueilli en sortie de filtre est ensuite appliqué à un étage amplificateur BF composé d'un BC237 avant de parvenir au commutateur de filtres BF. Là aussi le 4066 décidément universel est mis à contribution car il aiguille le signal soit vers le filtre 3 kHz soit vers le filtre 1 KHz. Les commandes sont forcées à la masse par une résistance de 10 k.

Ces filtres sont réalisés à partir de LM1458 le gain est unitaire. A la sortie on retrouve deux interrupteurs analogiques qui routent le signal vers l'amplification de puissance réalisée par le TDA2003. On connectera en sortie soit un casque soit un haut-parleur de 8 Ω. Le gain du TDA2003 a été réglé à une valeur relativement faible, ceci est facilement modifiable en changeant les valeurs du pont 47 /2,2 Ω. Pour augmenter le gain, augmenter la valeur de la résistance de 47 Ω, veillez toutefois à ne pas saturer le préampli du TDA2003.

Schéma



Sauf exception, toutes les valeurs des condensateurs sont en μF



Implantation des composants

VFO et oscillateur local

(Schémas reproduits avec l'aimable autorisation de George Dobbs, G3RJV, éditeur de SPRAT)

Le schéma du VFO multibande est tiré de SPRAT, petite merveille britannique que je vous engage à lire assidûment.(références en fin d'article). Il a été initialement pensé pour constituer un émetteur QRP CW. A quoi tient son originalité ?

- tout d'abord au fait qu'il soit vraiment multibande
- parce qu'il utilise des CI on ne peut plus courants
- par son coût de revient très bas
- par son fonctionnement assuré, la dernière soudure faite

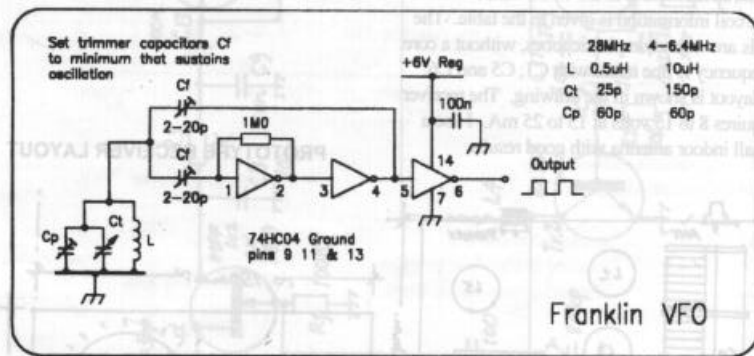
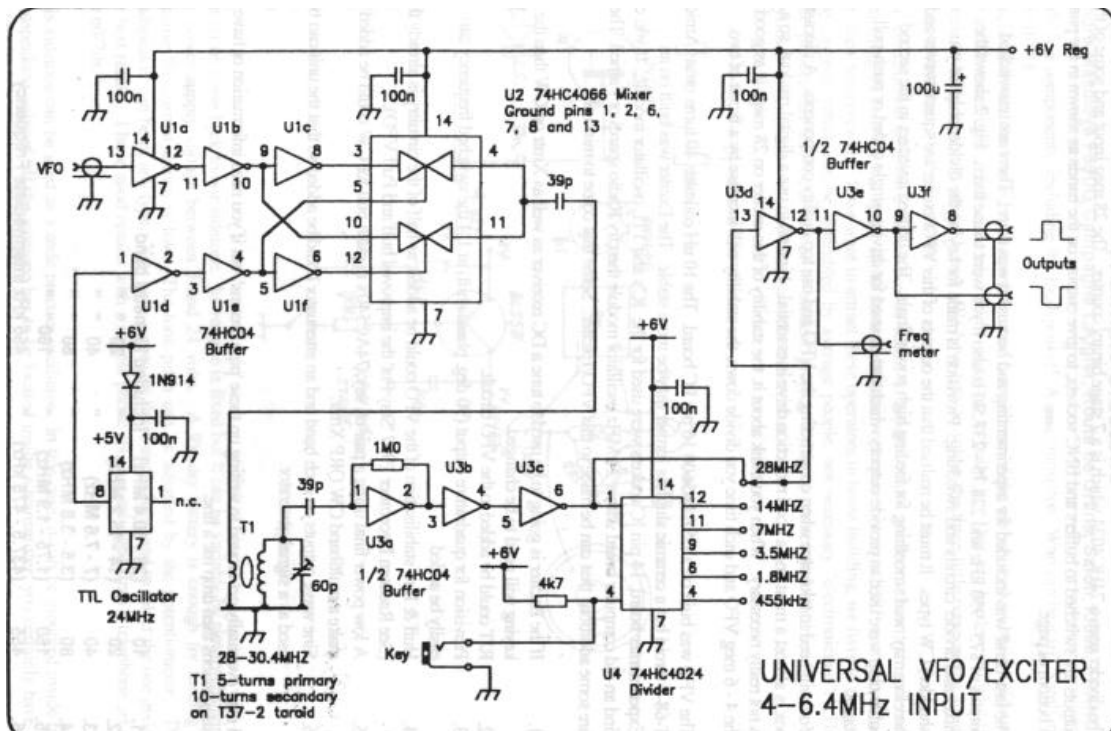


Fig. 1 Franklin VFO

Circuit artwork by Harry VK2BHT

Le principe est le suivant : un oscillateur variable de 4 à 6 MHz est mélangé avec un oscillateur fixe de 24 MHz. La résultante somme est filtrée (28 à 30) puis divisée par un facteur variable de manière à obtenir du 28 MHz (d=1) , du 14 (d=2) du 7 (d=4), du 3,5 (d=8) et du 1,8 (d=16). Clairement, la stabilité croît avec le facteur de division, ce qui n'empêche pas pour autant d'avoir un oscillateur de départ stable. Je peux vous garantir que les performances attendues sont présentes et que l'engin est d'une stabilité de roc ! L'auteur, comble de raffinement, a même prévu une sortie comptage. Il n'y avait pas ce circuit imprimé décrit, je l'ai dessiné, c'est quand même plus pratique et plus esthétique



UNIVERSAL VFO/EXCITER
4-6.4MHz INPUT

Réalisation :

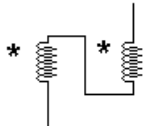
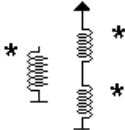
Deux choix possibles :

- La réalisation en l'air, qui est de loin la méthode la plus rationnelle et la plus efficace pour la construction amateur unitaire, et « en l'air » ne signifie pas que le montage doit ressembler à un champ de bataille

- L'utilisation de circuits imprimés donne un aspect plus professionnel mais offre aussi plus de risques (pistes coupées, CC etc.)

A vous de choisir. J'ai réalisé ces CI « pour moi », pas dans l'optique d'une description ou de facteurs de reproductibilité, cela implique parfois quelques libertés, quelques straps et autres curiosités du même genre.

Les points particuliers :

Module	Réalisation
Tous modules	<p>N'utilisez que des circuits HC ou HCT, si vous utilisez un CD4004 à la place d'un 74HCT04, cela ne fonctionnera pas.</p> <p>Les diamètres de fil indiqués ne sont pas critiques et peuvent varier en fonction de votre stock</p> <p>Les straps et câblages à effectuer, cf. tableau</p>
VFO	<p>Self de 10 μH : sur tore T68/2 , 40 spires de fil 3 à 5/10mm CV de 150 pF Ajustable de 60 pF transfo du filtre 28 MHz : primaire - 5 tours, secondaire 10 tours sur T37-2 fils 3à 5/10 mm</p>
RX	<p>Transfo de charge du préampli HF: 10 tours bifilaire 3/10 mm sur tore FT37-43 Attention à la phase des enroulements lors du couplage, suivez le schéma ci-dessous</p>  <p>Chaque enroulement a un début et une fin, l'étoile représente le début, on connectera la fin du premier enroulement au début du second.</p> <p>Transfo de déphasage : 10 tours trifilaire 3/10 mm sur tore FT37-43 Attention à la phase des enroulements lors du couplage, suivez le schéma ci-dessous</p>  <p>Même principe qu'au dessus</p>

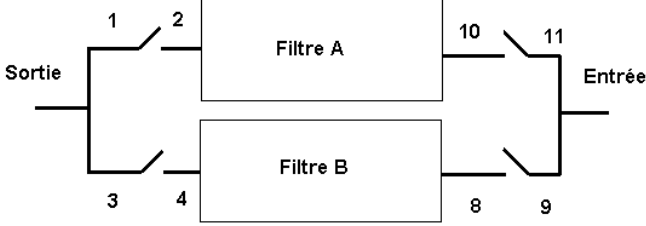
Vous trouverez dans le tableau ci-dessous la liste des quelques straps à réaliser. J'ai utilisé pour tous les circuits intégrés sauf l'oscillateur 24 MHz et l'ampli BF des supports, ce n'est pas très HF mais c'est très commode quand quelque chose ne va pas.

Toutes les liaisons inter étages seront réalisées en câble coaxial miniature, les circuits imprimés oscillateur local et récepteur ont été conçus de manière à être placés l'un au dessus de l'autre. Les contacts de masse seront assurés par les 4 fixations, c'est un point à ne pas négliger.

Si votre cagnotte radio vous le permet, mettez des refroidisseurs sur les régulateurs, le transistor du préamplificateur HF et l'amplificateur BF.

Je n'ai pas fait de circuit imprimé pour les filtres, c'est très facilement réalisable sans cela en prenant par exemple un morceau de circuit imprimé et en découpant les peu nombreuses pistes au cutter ou autre instrument.

Il sera préférable de monter l'ensemble dans un boîtier métallique

Module	Straps à réaliser et sorties à câbler
VFO	<p>1 - Mettre à la masse la broche 4 du diviseur 74HCT4024. Si l'entrée est au plus le diviseur est inhibé, cette fonction est utilisée pour manipuler en CW.</p> <p>2 – Faire un strap entre la broche 10 du 4066 et les broches 9/10 du 74HCT04. Deux pastilles ont été prévues à cet effet, elles sont situées sous le 4066.</p> <p>3 – Relier la sortie du diviseur vers l'entrée du tampon. Ex pour le 7 MHz, relier la broche 11 du 74HCT4024 à la broche 13 du 74HC04 de sortie.</p> <p>4 – Relier les sorties VFO A et B, broches 8 et 9 du 74HC04 vers les entrées VFO, broches 12 et 13 du 74HCT4066 (platine RX)</p> <p>5 – Relier l'alimentation 12V</p>
RX	<p>1 En vous aidant du schéma, réaliser 4 strap pour relier les entrées et les sorties des filtres, les commandes sont tirées à la masse par des résistances de 10 k</p> <p style="margin-left: 40px;">Commande filtre A : 12 - 13 Commande filtre B : 5 - 6</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Détail de la commutation électronique des filtres (Brochage du 74HCT4066)</p> <p>2 – Relier la résistance d'1K du préampli HF vers le point milieu du transfo chargeant le collecteur du 2N3866</p> <p>3 – Réaliser la commutation des filtres par un inverseur, le point commun allant au +6V, les extrémités allant respectivement vers les broches 12-13 et 5-6 du 4066 commutateur.</p> <p>4 – Relier le potentiomètre BF de 100 k</p> <p>5 – Relier le haut-parleur</p> <p>6 – Relier le filtre à l'entrée HF</p> <p>7 – Relier l'alimentation 12V</p>

Réglages

Une fois que tout est câblé, vérifié, il ne reste plus qu'à procéder au "Smoke test" si cher à nos amis anglo-saxons.

Module	Etape	Test à effectuer
VFO	1	Absence de court-circuit sur l'alimentation , ne pas mettre les circuits intégrés
	2	Après mise sous tension vérification des tensions en sortie de régulateur, si OK mettre les CI
	3	Vérifier l'oscillation du VFO, calez les ajustables pour la plage correcte (4 à 6,4 MHz)
	4	Mettre un oscilloscope sur la broche 1 du diviseur 74HCT4024, régler l'ajustable du filtre 28 MHz jusqu'à obtention d'un signal pur, mesurer sa fréquence ($28 < S < 30,4$)
	5	Mesurer les fréquences sur les broches 4, 6, 9, 11, et 12 du 4024, contrôlez leur exacte corrélation
RX	1	Connecter les deux sorties VFO au module RX
	2	Absence de court-circuit sur l'alimentation , ne pas mettre les circuits intégrés
	3	Après mise sous tension vérification des tensions en sortie de régulateur, si OK mettre les CI
	4	Vérifiez que la BF souffle légèrement ou ronfle lorsque vous mettez votre doigt sur l'entrée BF (sur le potentiomètre par exemple)
	5	Si vous possédez un générateur HF, injectez du 7050 kHz (si vous avez connecté ce filtre et cet OL), essayez de détecter le signal sur votre récepteur. Réglez le filtre pour le maximum de réception
	6	Connectez une antenne et affiner les réglages.
	7	Vérifiez les filtres BF en manipulant l'inverseur
	5 bis	Vous n'avez pas de générateur, cherchez une station puissante dans la bande 7 MHz et procédez comme 5

Conclusions

Voilà un projet quelque peu innovant, offrant de bonnes performances pour un coût très bas. J'ai réalisé ce récepteur en deux exemplaires, le premier, construit en l'air, pour la validation des choix techniques retenus et le second sur circuit imprimé pour offrir à mon SWL préféré. Les deux se sont comportés de la même façon, il est donc probable que si vous respectez ce qui est écrit, vous parveniez aux mêmes résultats. Il n'en reste pas moins que cet engin est un récepteur DC avec les qualités et les défauts que cela implique et qu'il y a beaucoup de choses à améliorer, le but de cette description étant de vous faire partager mon expérience. Je vous souhaite bonne réalisation et me tiens à votre disposition pour tout complément d'information, préférentiellement par courrier électronique.

73.

Bibliographie

- ARRL Handbook (toutes éditions)
- I7SWX Sperimentare con i ricevitori a conversione diretta Radio Rivista 07/1999
- VK2DOB CMOS mixer experiments SPRAT n°99
- VK3AWC A universal VFO /exciter SPRAT n°101
- F6BCU Récepteur de hautes performances Radio REF 1993