Oscillateur à verrouillage de fréquence. OVF.

Buts : stabilité, pureté, simplicité.

Voici décrit un montage réunissant en un seul micro-contrôleur un compteur fréquencemètre programmable et une logique de contrôle apte à verrouiller, à la fréquence choisie, un "oscillateur" dont la syntonisation reste néanmoins manuelle car il ne s'agit pas d'une synthèse numérique directe (DDS) .

Ainsi, ajoutant un simple afficheur, on obtient un ensemble prêt à piloter un émetteur-récepteur HF. Les principes de détection ou d' excitation des émetteurs-récepteurs actuels sont nombreux mais semblent converger vers la conversion directe utilisant des signaux en quadrature de phase pour l'oscillateur local. Cela signifie que le "VFO" doit couvrir de 500khz à 30Mhz pour le moins et monter au minimum à 60Mhz pour donner, par division par 2 ou 4, les signaux I et Q nécessaires jusqu'à 30Mhz.

Verrouillage de fréquence ?

Le but étant d'obtenir un signal très stable et pur (c-à-d avec très peu de vibration de phase, de bruit ou artefact superposé) en utilisant la méthode la plus simple, la moins cher. Donc sont écartées les synthèses numériques directes (DDS) et autres boucles de verrouillage de phase (PLL), la vieille, et quelque peu délaissée, ***boucle à verrouillage de fréquence*** sera remise à l'honneur !

Le principe de fonctionnement est celui-ci : un compteur mesure la fréquence de l'oscillateur, le résultat est comparé à la lecture précédente et en découle une éventuelle correction de dérive. La différence par rapport aux méthodes numériques : c'est un signal très basse fréquence (quasi continu) issu de l'intégration de la dérive relevée au compteur qui corrige le système par l'entremise de deux diodes "varicap". Cette méthode bien éprouvée nécessitait auparavant d'innombrables circuits (d'où son délaissement ?) alors que actuellement un seul "PIC" peut faire un bien meilleur travail, offrant même les possibilités d'affichage.

Après des essais avec des fonds de tiroir, ce sont des 16F88/16F84 qui sont pour le moment les plus adéquats dans ce montage, le compteur dépasse les 40Mhz, le comparateur-générateur d'impulsions modulées (PWM) très performant : après simple filtrage, on obtient de 0 à 5 volts en correction d' une plage de dérive de 15hz à 20khz.

La correction doit être "ponctuelle" (elle n' agit que si un écart est constaté) et contrairement aux "PLL" il n'y a pas de multiples et continuels déphasages, ou retard à l'allumage qui doit être rattrapé, ni d'autres "jitter".

En bref les performances sont :

- La stabilité de la fréquence est alignée sur celle d'un quartz avec une dérive maximum de +/-15hz.
- L'affichage de la fréquence à 10hz près, avec possibilité de programmer différentes fréquences intermédiaires, ou choix de bande

latérales, décalage CW.

- Accord de fréquence manuel par potentiomètre 10 tours, pas de problème de CV.
- Fonction de verrouillage automatisée, l'état "non verrouillé" étant indiqué par une LED (pendant la syntonisation manuelle ou si une dérive anormale se produit).
- Conditions de verrouillage programmables.
- L' intervalle maximum de correction est de l'ordre de 20khz ce qui est largement suffisant (pour un "oscillateur sérieux" !!).
- La boucle de verrouillage peut être démultipliée, ce qui permet l'adaptation du système aux fréquences plus hautes, cas des mélangeurs mode H, ou pour certaines détections en quadrature de phase.

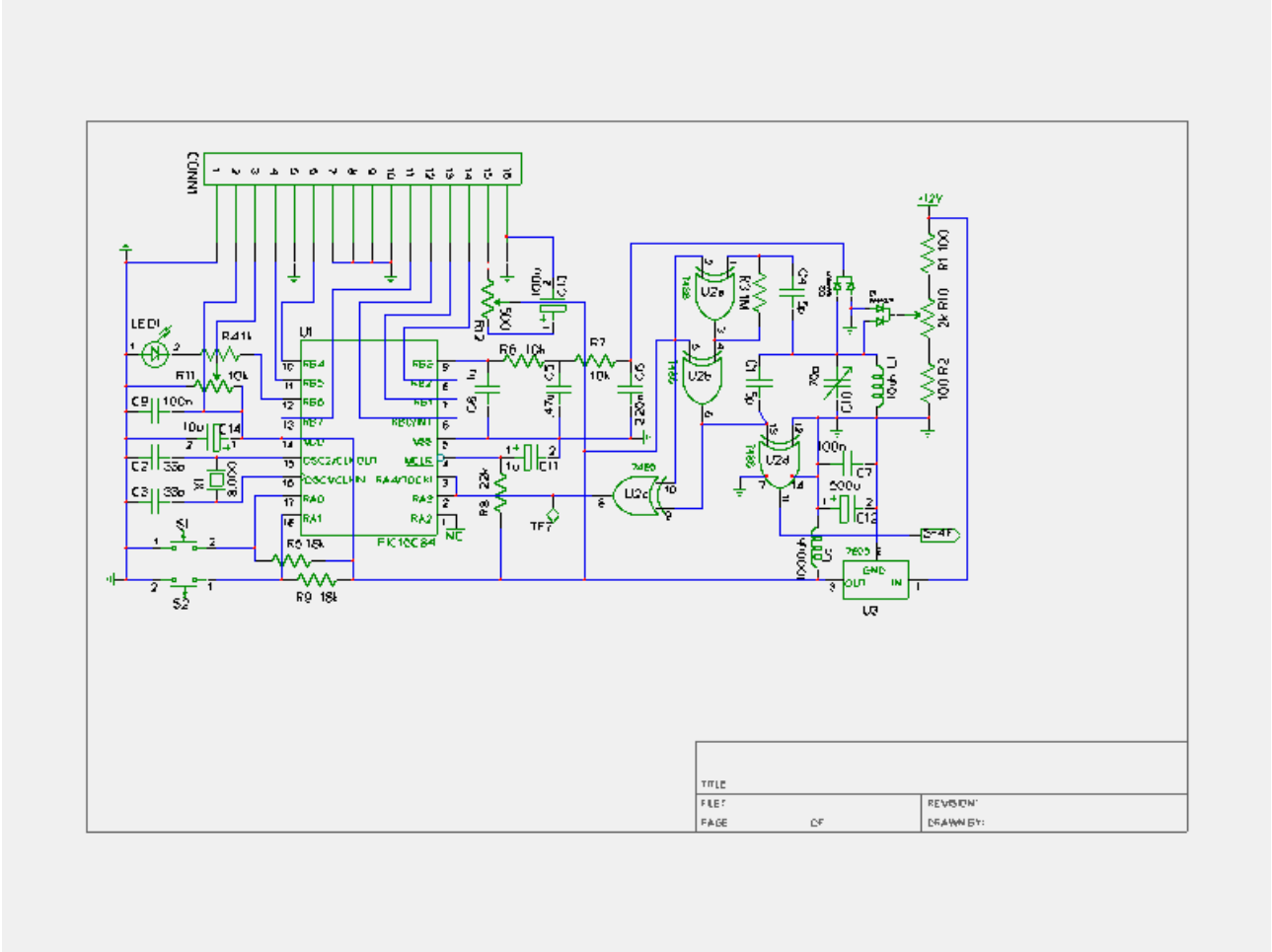


Illustration 1: Premiers essais

Le cœur du circuit est alors un bout de logiciel implanté sur le PIC16F88.

La logique de verrouillage est tout à fait simple : au démarrage un retard de 30 secondes permet quelque peu la stabilisation du "VFO". Alors la fréquence actuelle est lue et stockée en tant que référence pour le processus de verrouillage. La période de comptage est de 200ms (et correspond à 5hz de précision), à chaque comptage le résultat est comparé au précédent, les actions suivantes peuvent intervenir :

- Si la différence est à l'intérieur des limites (+/-10hz) pas d'action, cette dérive étant considérée comme acceptable.
- La différence est hors des limites, mais reste dans la marge définie par l'utilisateur (20/100hz, par exemple), le système de compensation est activé, faisant varier le rapport cyclique du PWM de 1 ou plusieurs échelons selon la différence mesurée. Chaque correction correspond à 15hz de compensation.
- La différence dépasse les limites définies par l'utilisateur (cas d'un changement manuelle de fréquence, par exemple)Alors la fonction d'affichage "déverrouillé" est activée, la led s'éclaire et la nouvelle fréquence deviendra la référence. De plus le système de compensation est "recentré", ce qui augmente les possibilités de compensation à long terme.
- Si les limites intrinsèques du système sont dépassées (+ 1023 échelons à compenser) un état d'initialisation est déclenché : le verrouillage est désactivé, la led allumé en permanence jusqu'au prochain redémarrage.

La saisie des consignes du système se fait par deux boutons poussoirs, le premier ("Réglages") permet à chaque appui de parcourir toute une liste de réglages :

1. Entrer dans le système de consignes, l'afficheur mentionne que vous allez pouvoir fixer la valeur de la fréquence intermédiaire, puis un curseur se positionne sur le chiffre le plus à gauche.
2. Avec le second bouton ("Incréments") vous déterminez votre moyenne fréquence.
3. Un nouvel appui sur "réglages" vous fait passer au second digit, et ainsi de suite jusqu'au dernier digit.
4. L'appui suivant permet de définir le décalage d'affichage : OL+MF, MF-OL ou OL-MF.
5. Après vient le réglage des limites, je vous conseille, pour le début, de garder le réglage par défaut : 25hz.
6. Enfin le dernier appui enregistre les consignes dans l'eprom du PIC et repasse en lecture de fréquence.

Sur le papier et dans la pratique cela fonctionne bien, cependant comme dans tout asservissement il faut se méfier du phénomène de "pompage" qui peut transformer le remède en machine infernale. La prudence m'a fait essayer la méthode d'amortissement du pompage proposée par OH6CJ : ayant repéré le sens de correction (c'est un +) on ajuste aussi cette correction en réglant la tension agissant sur les varicap.

Je reproduis ci dessous le schéma établi Osmo, OH6CJ.

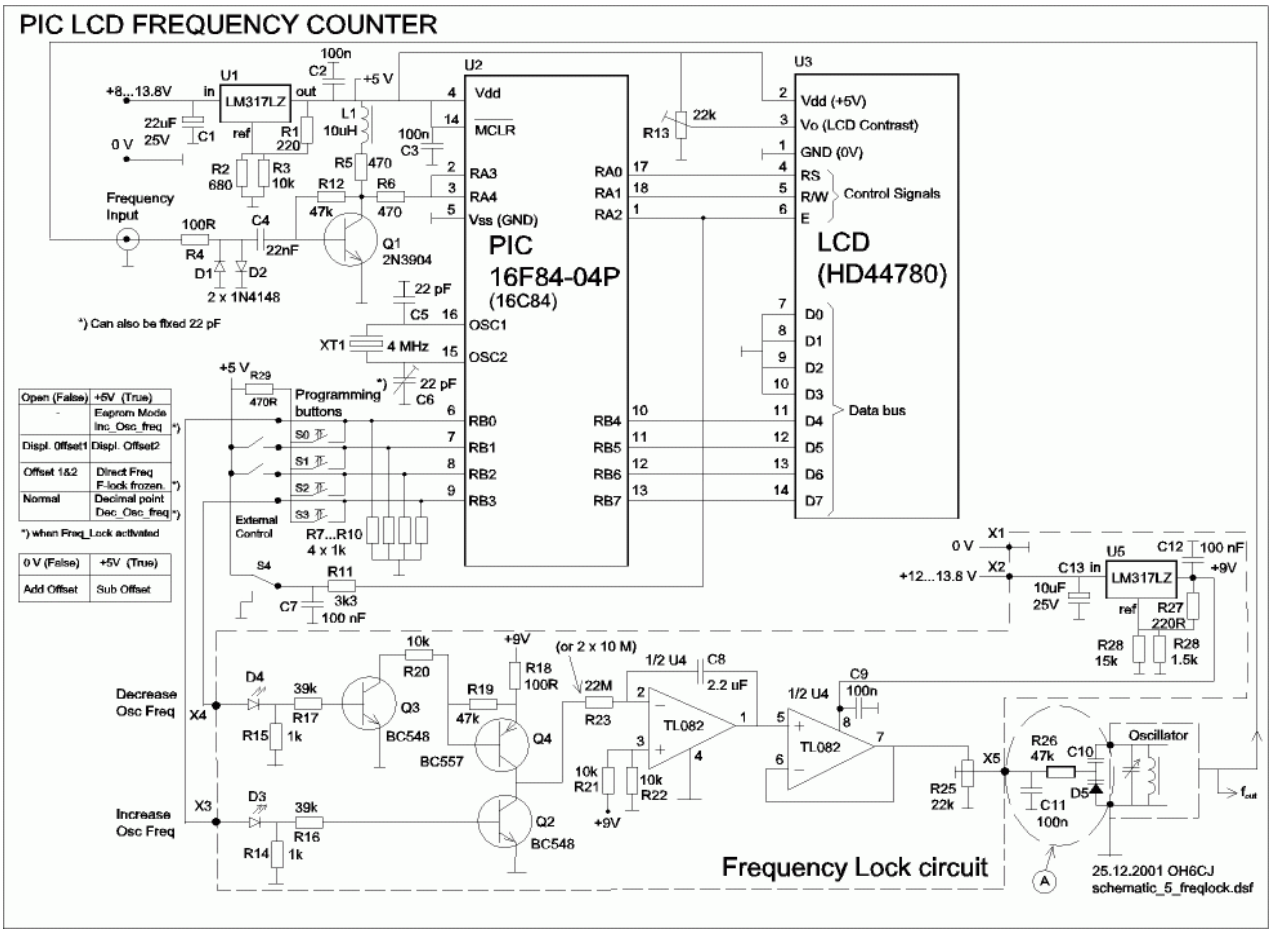


Illustration 2: Un schéma bien pensé.

Maintenant que nous avons le système de verrouillage voyons les différents type d'oscillateurs que nous allons pouvoir améliorer en fonction de la destination finale du montage.

J'ai essayé cet asservissement sur quatre types d' oscillateur différents avec de bons résultats (les relevés se trouvent plus loin), car l'étude à démarrer par l'intention de faire des comparaisons entre plusieurs émetteurs-récepteurs (QRP) de principe différent. En exemple voici le CI de l'oscillateur local pour du tout numérique destiné au suivi du **QRS²** :

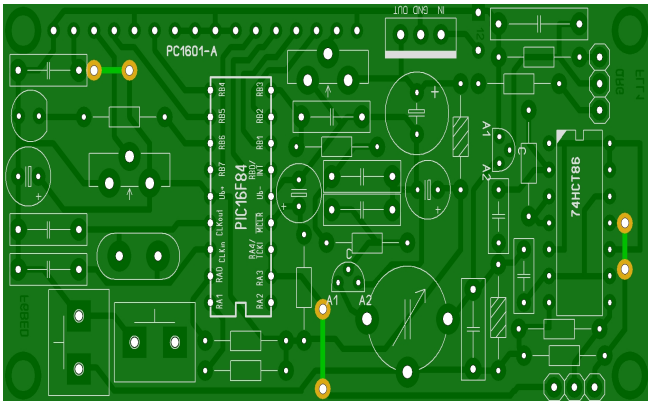
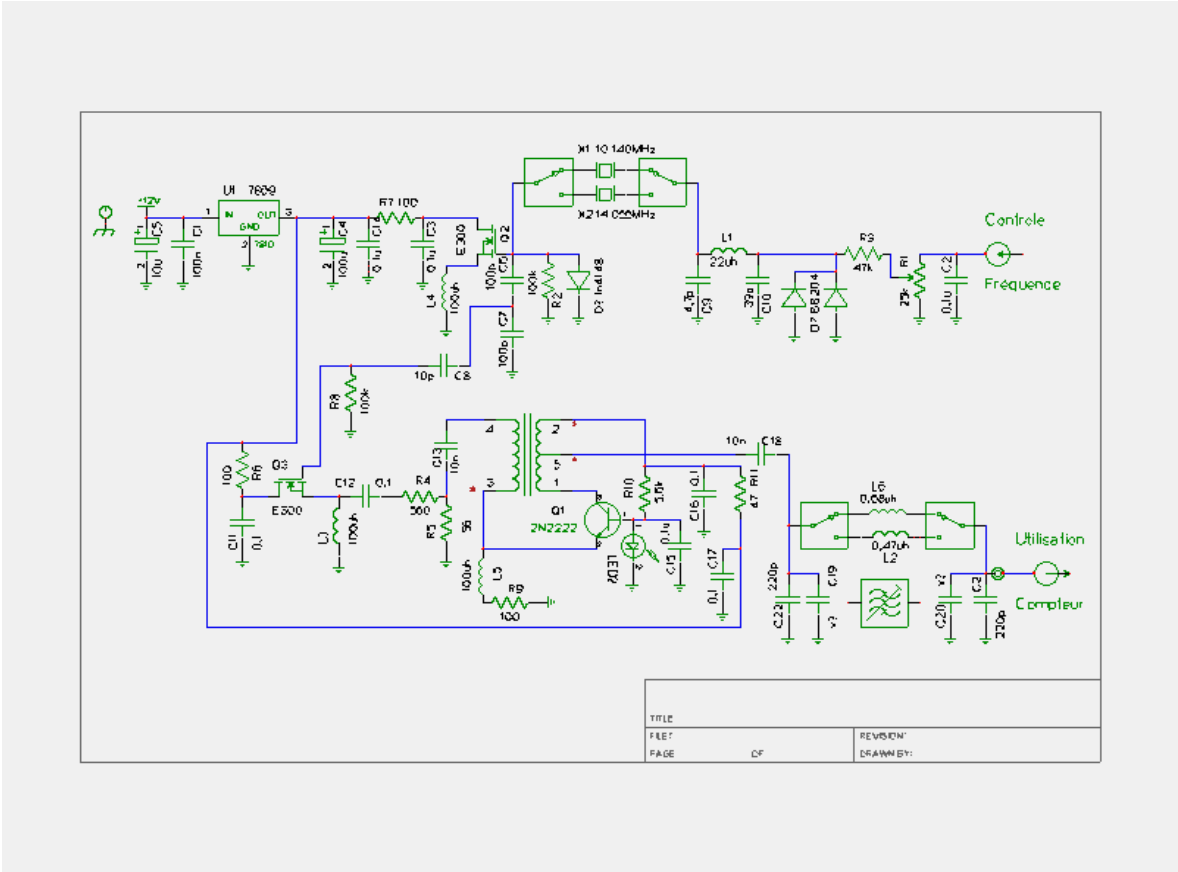


Illustration 3: Réalisations format CB

Ce mode demande une stabilité de moins du hertz, mais cela sur une plage très restreinte, de moins d'un kilohertz, autrement dit nécessite un ***oscillateur quartz varicap de précision*** (PVXO de K8IQY), qui verrouillé par la méthode décrite ici sera parfait, si l'affichage est programmé au 1/10ème de hertz. Ci dessous l'adaptation de cet OQVP pour être inclus dans un TRX complet :



Cependant il reste à essayer une amélioration de l'oscillateur base de temps du PIC (4, 8 ou 16 Mhz) , ce n'est pas sûr que l'on obtienne mieux !!

À SUIVRE.....