

Typical stability for an overtone 96 MHz Xtal oscillator

F6TEM 09/07/2013

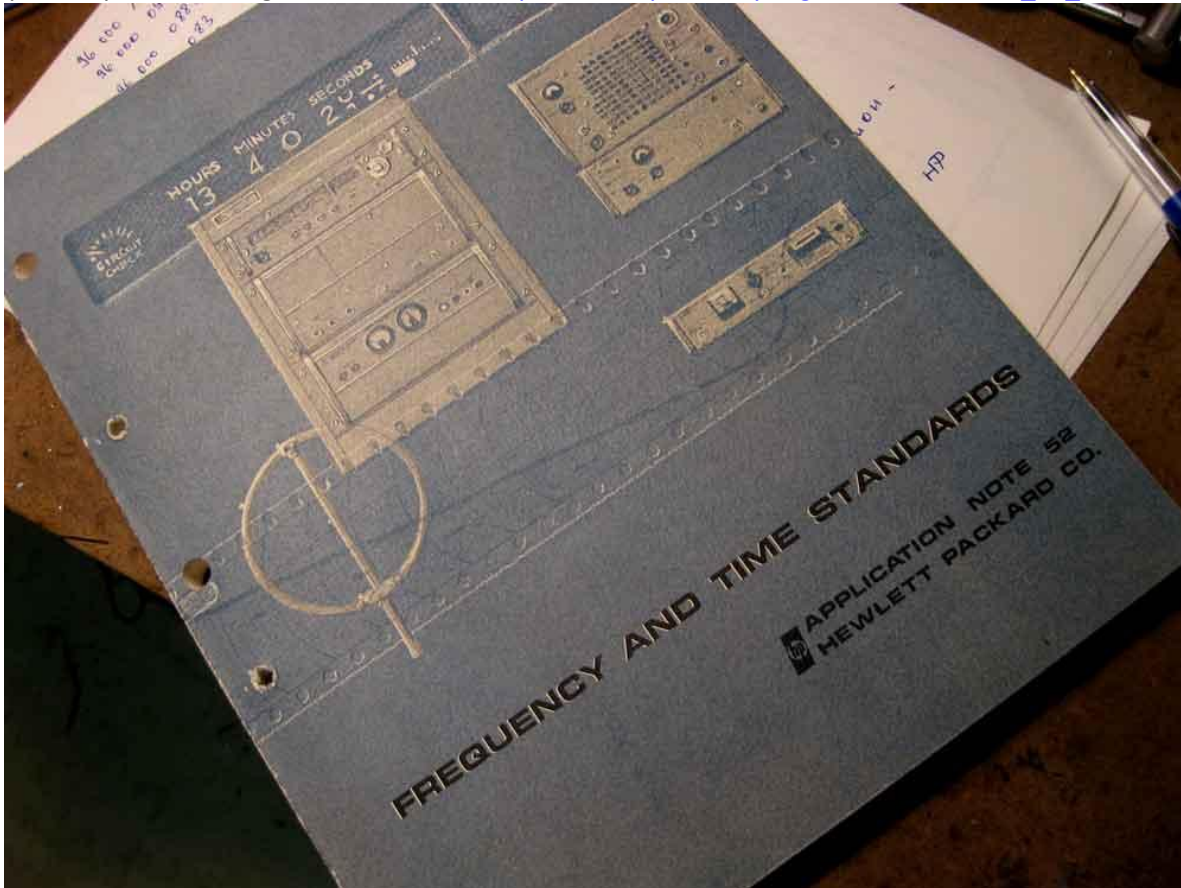
Le monde des radioamateurs se divise peut-être en trois catégories sur le sujet:

- 1) Ceux qui travaillent en Décamétriques, 50 ou 144 MHz et qui ne doutent pas un seul instant de la véracité de l'affichage digital de leur transceiver commercial.
- 2) Ceux qui opèrent à 5.7, 10, 24 ou 78 GHz et n'ont pas d'autres choix que d'en être conscients, vu le rang de multiplication imposé. C'est le royaume des ocxo double enceinte, des standard secondaires au Rb87 ou des PLL sur GPS plus ou moins disciplinés... avec tous les problèmes annexes. Autre voie: Les LW DCF77 ou équivalents.
- 3) Ceux qui aiment le 1296 MHz et sont juste à l'interface des 2 premières catégories, le rang de multiplication du 96 MHz est "seulement" de 12 pour une sortie OL 1152 MHz.

F6GYH Bernard a bien voulu, lors d'un récent QSO 144 SSB fort amical, m'indiquer son intérêt pour ces quelques lignes qui m'ont rappelé, le temps de la mesure, bien des souvenirs pro... Merci.

Le survol des fondements de la mesure de fréquence:

Pas de doute à avoir, une bonne référence reste la note d'application Hewlett Packard AN52 / Nov 1965 (En oui!) que l'on peut trouver gracieusement ici http://www.hpmemory.org/ressources/resrc_an_01.htm



Vous n'aimez pas les fractions, ça tombe bien car on parle ici plutôt de parts dans 1E06 par exemple.

Ce que cela veut dire? le calage en fréquence et la stabilité (à 1, 100 seconde, par jour) d'un oscillateur à Quartz sont spécifiés à 1 part dans 1 million (1E06), c'est une valeur courante pour un Xtal bon marché. Si la fréquence d'oscillation est de 1 MHz, calage et stabilité correspondent à une imprécision et/ou dérive de 1 Hz.

Pour $F_{osc} = 10 \text{ MHz}$, 10 Hz, pour $F_{osc} = 100 \text{ MHz}$, 100 Hz etc.... On peut même dire, pour raccourcir le discours, qu'il est plus facile (sic!) de faire un bon oscillateur à quartz à 5 ou 10 MHz (valeur optimale) qu'à 100 MHz. Et le Xtal miniature n'est pas forcément le meilleur! regardez les valeurs données pour les TCXO miniatures couramment proposés dans le commerce.

Multiplier cela par 12 donne le calage et stabilité à 1152 MHz. A cela va s'ajouter le calage et stabilité de la Fréquence IF (ici 144 MHz) et son signe de variations. Certains paramètres s'auto compensent en fonction du signe du mélange, d'autres rendent plus médiocres les performances globales.... et ça peut toujours être pire.

Le fameux bruit de phase (amplitude + jitter dans le domaine temporel) sera dégradé également par le rang de multiplication : c'est une notion d'importance bien souvent oubliée.

Fondamentalement, dans ce que nous connaissons de l'Univers, le temps est une variable. La mesure de fréquence est pourtant **LA** grandeur mesurable par l'Humanité avec la plus grande précision. Nombres d'ouvrages traitent de la question, on peut rappeler ici la belle série sur le sujet réalisée par Philippe Sannier F5SP pour la revue Ondes Courtes Information/ URC.

Le calage périodique d'une source Rb ou d'un Xtal contre un étalon primaire Césium ou Maser hydrogène est obligatoire à terme, particulièrement dans le cas d'une mise sous tension en continu. Relativisons, une précision de calage 1 part dans 1E09, c'est quand même 1 Hz à 1 GHz!

Un peu de lecture ici <http://leapsecond.com/pages/z3801a-osc/> pour élargir le point de vue.

The quartz crystal oscillator used exhibits superior characteristics even without control by the atomic resonator. Drift rate is less than 5×10^{-10} per 24 hours, and short-term stability is better than $\pm 1.5 \times 10^{-11}$ for a one second averaging time. The 5-MHz quartz crystal is housed in a two-stage proportionally-controlled oven. Output variation due to temperature is less than $\pm 1 \times 10^{-10}$ from 0° to 40°C .

An inherent characteristic of crystal oscillators is that their resonant frequency changes (usually increases) as they age. This "aging rate" of a well-behaved oscillator is almost constant. After the initial aging period, a few days to a month, the rate can be taken to be constant with but slight error. Once the rate is measured, it is usually easy to apply corrections to remove its effect from data. Over a long period, the accumulated error drift could amount to a serious error. (For example, a unit with drift rate of 1 part in 10^{10} per day could accumulate in a year an error of several parts in 10^8 .) Thus, periodic frequency checks and corrections are needed to maintain a quartz crystal frequency standard.

On notera également l'emploi de Xtaux de quartz dans les mesureur d'épaisseur nanomètre (1E-09m), la fréquence d'oscillation étant intimement liée à la masse des contaminants et aux phénomènes de dégazage sous vide ou atmosphère neutre de la fine lamelle résonnante..... C'est un monde à part.

La métrologie utilisée:

Compteur de fréquence HP 5334B option 010

La base de temps de ce compteur est l'une des meilleures développées par HP à l'époque des 60's 80's avec un aging rate de $5 \cdot 10^{-10}$ /jour et une stabilité meilleure que 5 parts dans 10^9 quelques 10 minutes après la mise en route. Pour la mesure qui va suivre, le compteur est mis en chauffe plusieurs heures avant la mesure, idem pour le générateur ADRET 3310a servant de témoin (<http://electropuces.pagesperso-orange.fr/>), équipé lui aussi d'une base de temps performante à découvrir ici http://www.adret-electronique.fr/pilotes_quartz/pilotes_quartz.html.

Une visite à l'intérieure des double enceintes est toujours instructive.

On suppose le lecteur averti des problèmes de résolution du comptage, de seuil de déclenchement, de forme des signaux, de bruit ambiant, de température du local etc. On présentera au circuit sous test (DUT) une charge si possible constante: c'est déterminant.

La DUT (Device under test)

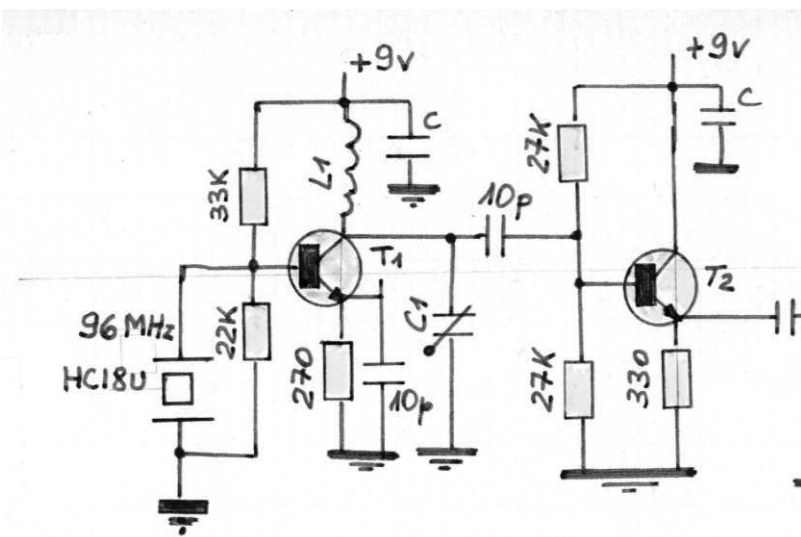
Oscillateur 96 MHz popularisé par F8TD, un grand monsieur. Le niveau de réaction nécessaire à l'obtention de l'oscillation est contrôlé par la contre réaction sélective dans la résistance d'émetteur. Plusieurs auteurs critiquent ce montage, moi: c'est avec le Butler que j'ai parfois des soucis!

En fait, il faut avoir le bon Xtal et ne pas trop se balader entre résonance série et parallèle. C'est un peu une loterie et un duel entre calage et stabilité.... Le beurre et l'argent du beurre en quelque sorte.

2 transistors TO18 sixties 2N2369, l'un en oscillateur, l'autre en tampon/ emitter follower.

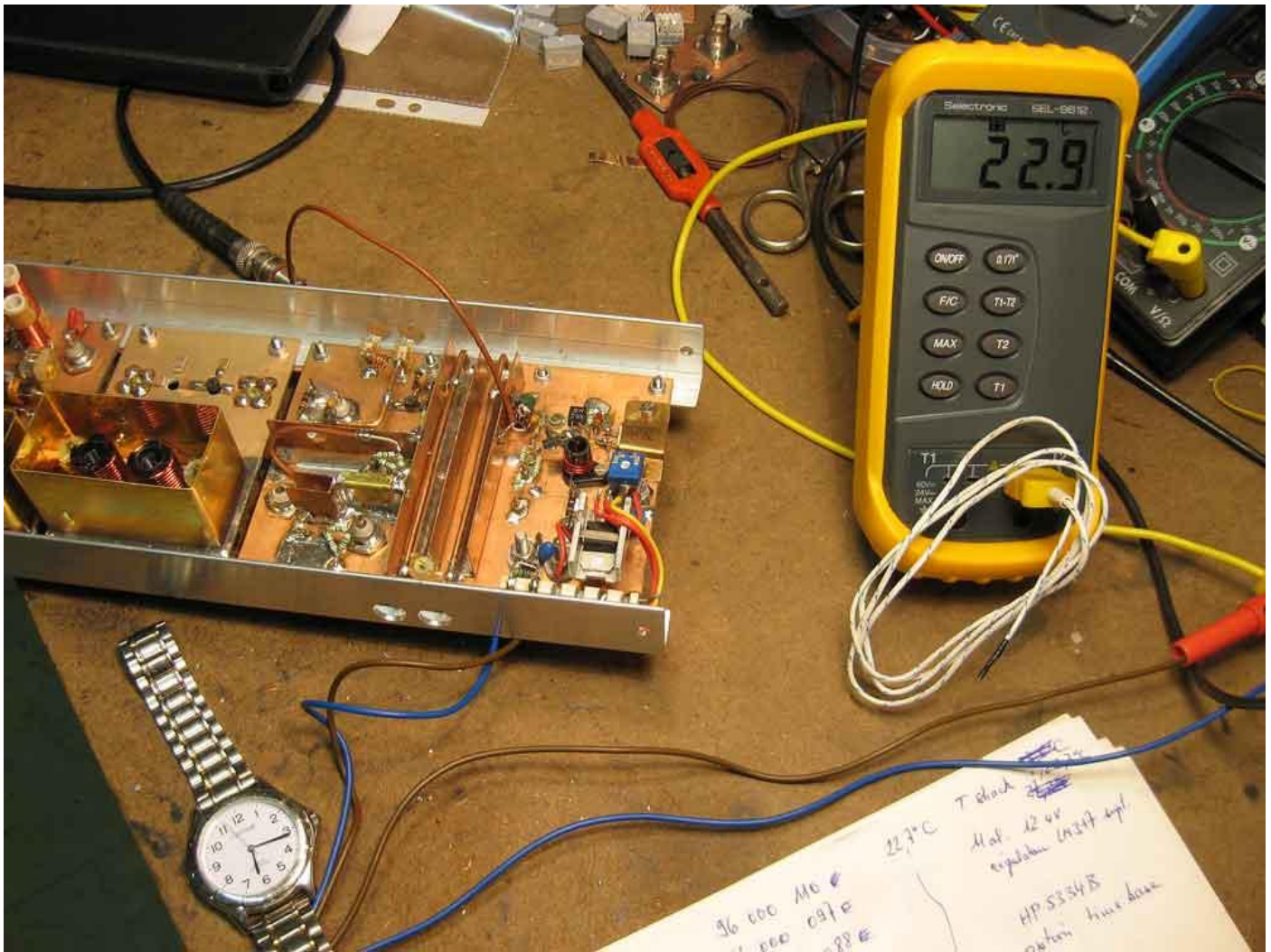
L'alimentation va être réglée par un LM317 ...ce serait certainement mieux avec un 723 (encore un vieux truc bien foutu!).

Les composants LC sont standards **mais le Xtal est pincé sur un feillard CuBe contre le copper clad afin de profiter de l'inertie thermique due à la conduction**. Une boîte étanche aux variations de T serait mieux etc...



Conditions locales:

Mesures à l'ancienne avec montre, papier, crayon et les yeux sur le monitoring alimentation, thermomètre 0,1°C sonde K, oscilloscope Tektronix 475 et compteur HP 5334B.



2 périodes de mesure, 40' puis une mise à l'arrêt de l'oscillateur pour 5'. Enfin, une deuxième série de mesure de 35', à la recherche de l'effet retrace.

La température dans le shack va varier de 22.7°C à 22,5°C, puis 22,9°C pour revenir en fin de séquence à 22,7°C (résolution du thermomètre sonde K: 0,1°C)... Ceci concerne la première période.

Pour la deuxième période, 23.1°C puis 23.2, 23.0 et enfin 23.6°C ...Le shack est en sous-sol avec T assez stable.

Durant toute la manipe, l'alimentation avant régulateur reste stable à 12,4 - 12,5V

première période:

Start 0'	F= 96 000 110 Hz
+1'	96 000 097
+2'	96 000 088
+3'	96 000 083
+5'	96 000 078
+7'	96 000 074
+10'	96 000 073
+15'	96 000 066
+20'	96 000 065
+25'	96 000 064
+30'	96 000 063
+35'	96 000 065
+40'	96 000 065

On voit qu'à partir de 15' de fonctionnement, la stabilité est de quelques HzA multiplier par 12 pour avoir le résultat sur 1152 MHz. C'est une performance très honorable sans enceinte thermo-régulée. Chance?

Deuxième période:

Tout d'abord un arrêt de l'oscillateur de 5', alimentation off.

On repart pour 35' de mesures.

0'	96 000 104
+1'	96 000 094
+2'	96 000 088
+5'	96 000 077
+10'	96 000 068
+15'	96 000 062
+20'	96 000 059
+25'	96 000 058
+30'	96 000 057
+35'	96 000 053

On retrouve un comportement assez identique à la première période.

Les valeurs brutes peuvent être entrées dans un tableau EXCEL mais il se fait tard!

En guise de dessert:

Le synthétiseur ADRET étant en chauffe pour la même durée, une vérification a été réalisée entre les deux appareils.

F ADRET= 48.100.000 0 MHz



Erreur de calage: 0,8Hz à 48,1 MHz Not too bad! ...Merci à Electropuces/Nantes pour la calibration avant livraison. Prochaine calibration avec un standard Rb FE-5680A à mettre en rack présentable.

73's à tous et bonnes réalisations. Jacques