GENERATEUR ETALON 10Mhz synchronisé par GPS F5BEZ

FREQUENCY STANDARD 10Mhz near 1x 10 – 15 month long terme

OCVCXO **O**ven **C**ontrolled **V**oltage **C**ontrolled **X**tal **O**scillator OVCXO

GPSDO **D**isciplined **O**scillator GPS : **1PPS** et NMEA RS232 OUTPUT

SINE WAVE OUTPUT Bi-PHASES 0-180 ° LOW PHASE NOISE OUT +10dBm

Généralités

Sous tous ces termes et acronymes on désigne ici un **oscillateur à quartz XO** mais très spécifique pour optimiser des qualités de **précision** et de **stabilité**.
Avec un ‘ simple ‘ quartz on peut obtenir une précision de 1 x 10 -6 soit 10Hz pour 10Mhz, mais sujet à dérive lente selon la température et son ‘veillissement’ .
Un **OCXO** utilise un cristal selon une ‘coupe’ limitant cette dérive au vieillissement l’ ‘age ‘ de la dérive, et maintenu à température constante (oven : four) à une ou deux paroies. Son calage autour 1 x 10-8 est fait avec un étalon.
GPSDO Comme notre OCXO mais avec un réglage fin par une tension DC en plus et en utilisant les signaux GPS 1PPS (ou 10Kcs) comme référence d’ajustage.
En théorie et pratique la méthode permet d’optimiser un ocvcxo à un bon niveau !
Ensuite on monte en précision en autonome (sans gps), en poids, et en prix !
Mots clés : rubidium standard, caesium standard, horloge atomique, horloge strontium, horloge nucléaire.
On monte alors de 10-9 à 10-19. [1] Voir le tableau table 1 , page 61

Méthodes de synchronisation

On compare le 10Mhz avec la référence issue du gps pour corriger en **boucle PLL** le VCXO par sa commande vco. La **vitesse,** la **finesse,** la **synchronisation UTC,** voulues de la boucle déterminent la méthode.

par compteurs

Comme un fréquencemètre on compte le signal de 10Mhz avec la base de temps d’une seconde précise, le 1PPS. On aura alors 9.999.999 Hz ou 10.000.001 Hz selon que le xtal est trop bas ou trop haut. En pratique on va extrapoler les milliHertz chaque 1000 sec (16 mn 40 s) Ceci lisse et intègre le jitter du 1pps.
Le ocvcxo doit être très précis de base car la correction en boucle est **très lente**.

par référence GPS 10Khz

Certains modules GPS ont une sortie à 10Kcs qui sert de référence.
Le XO 10Mhz est divisé par 1000 et ce 10 Khz est comparé en phase à la référence. La précision maximum est alors obtenue plus rapidement.
Le 1 PPS est utilisé ensuite en finesse long terme.

par micro-controlleur type uP , pic , arduino .
Le principe sera le même mais une partie des diviseurs ‘ prescaler ‘ est externe, l’autre par les compteurs internes gérés par le logiciel. L’avantage est dans le PLL soft en ‘ approche ‘ rapide ‘ au départ et correction ‘ fine ‘ ensuite par un convertisseur D/A sur 16 bit PWM ou externe. Un ocvcxo plus ‘standard’ est possible. Une ‘ table ‘ de correction peut être mise à jour en eeprom pour optimiser la précision au démarrage ou en cas de perte longue du signal 1pps et même en prédictif de dérive très fine. Mais là on cherche aussi la synchro UTC [2]
En outre permet l’affichage du nombre de satellites, de la date et l’heure, de la dérive et des ‘ projections ‘ de la dérive calculées pour x jours…

REALISATION

OCVCXO

C’est **l’élément principal**, ici une récupération sur un ancien système…
Ce n’est pas un modèle récent mais il a seul de bonnes caractéristiques.

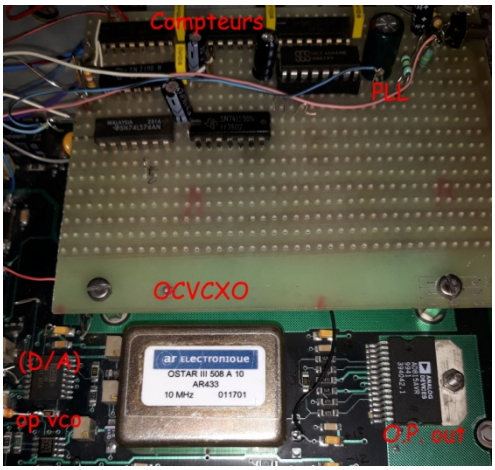
Fiche : Alims 5v, Oven 12v, std, out **sinus** HCmos
Type of crystal Cut **SC-cut**
Voltage Control 0 – 5v
Stability **1 x 10-8**, 1 x 10-7/Year
Température stabilisée env. 2 Mn

Méthode

Comparaison du 1PPS et du 1Hz issu du 10Mhz en **boucle PLL ‘ longue ‘.**
A ‘power on’ et ocvcxo chaud et quand le GPS est ‘looké’, les compteurs diviseurs sont **synchronisés sur le 1er PPS** reçu. Filtre R-C à constante longue 30 sec. Gain gradient VCO faible env. 1v/0,1Hz. Vérification en boucle ouverte du sens de la dérive ‘provoquée’ et du ‘rattrapage’. Une perte momentanée du signal gps 1PPS ne modifie pas la stabilité. La ‘ phase ‘ relative du 1hz vs le 1PPS de référence reste stable sur des jours.

Carte

Le ocvcxo et l’ampli OP de sortie sont réutilisés. Une plaque d’essai pastillée est rajoutée pour les composants TTL. Le câblage est fait avec des fils fins soudés directement, et des pins de tests pour les mesures au scope…
Il faut soigner la répartition des points de **masse** et de 5v, le PLL, la sortie HF.
Les drivers 1PPS et 1Hz des 2 LED sont des portes d’un 74LS244.
La partie compteur comporte 3 x 74LS390 et 1 x 74LS90 qui donnent le 1 Hz du XO.
Les points reset à 0 et set à 9 du LS90 sont utilisés en synchro de phase au départ.
circuits 74ls74, 74ls00. PLL CD4046 avec alim 5v filtrée et masse dédiées



Sorties
Ampli de sortie AD815AVR OP double, l'un en phase 0° , l'autre en phase 180°
Sorties BNC, points de masse indépendants, signal sinus via capa, offset DC 0v.
Niveaux de sortie ajustés par atténuateurs fixes pour **+10**dBm et **0** dBm.
Sorties annexes 1 Mhz carré - TTL , et 1 PPS TTL

Performances
10Mhz 1 x 10-9
Pour l'harmonique à 1 Ghz , 1x 10-9 c'est une imprécision en fréquence de 1 Hz.
Le bruit de phase s'apprécie en écoute sur un bon ' déca' en AM et au battement 0 en CW. Précision suffisante avec des composants simples pour un labo Ham homebrew !… Stabilité ' atomique ' du GPS... La phase parfaite avec l'heure UTC n'est pas recherchée ici. phase time = 0 [4], [2]

Limitations
Le '10Mhz 1 x 10-10 théoriquement possible après x jours,
La mesure du 'phase time' est dans la limite de moyens simples (scope).
Le 'short term drift ' et le ' phase noise ' dépendent de la qualité du xo trouvé, du GPS, du type de réalisation, des circuits séries LS , HC, ou F, des alims, etc…

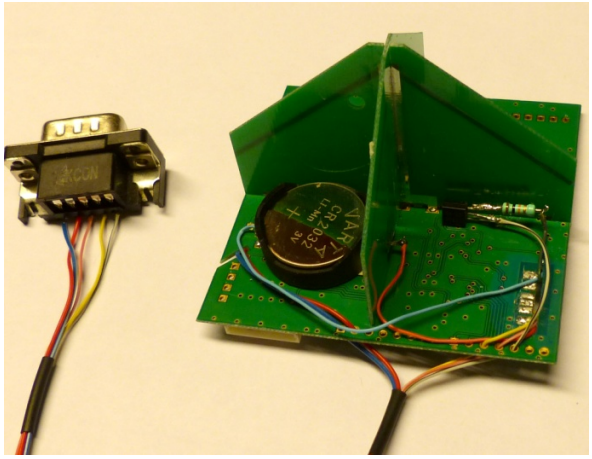
Liaison PC visu trames NMEA , position, date, heure (T.U.), réglages du gps.
Tampon GPS 3,3v – RS232 DB9 : ADM202ARN et interface PC USB – DB9 sérial.

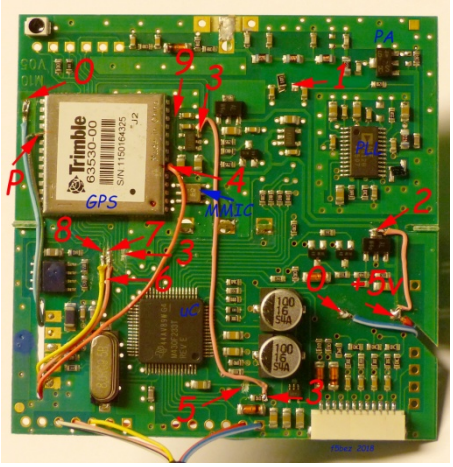
Alimentation
Petite alim à découpage , récup. dans des ex tuners tv hd…
+12v -12v +5v fusible 220v interne Conso. 5 w environ.
Qualité minimum : filtre secteur soigné + filtre secteur de prise 220v 2P+T

Utilisations diverses
labo radioamateur, étalonnages, Contrôles Rx , fréquencemètres,
référence 10Mhz externe pour générateur, synchro modes numériques lents.

GPS

différents modules peuvent convenir, si sortie 1PPS dispo expl : EM406A pin 6





Ici ‘hacking’ et modifications d’un module météo ballon sonde ‘ M10 ‘
Sont réutilisés : l’alim 3,3v , le module gps et son préampli – antenne
module gps COPERNICUS II ‘ TRIMBLE ‘ sorties 1 PPS , data Rx et Tx NMEA.
Il n’a pas de sortie 10kcs.
Mise en place dans boîtier électrique pvc étanche , câble blindé 4 fils , prises DB9 .
Les trames NMEA RMC,GGA permettent l’ afficher la DATE et l’HEURE T.U.
ainsi que le nombre de satellites vus et ‘fixed’ utilisables .
La **période** d’une seconde issue du GPS est ultra précise, mais elle est affectée d’un ‘ **jitter** ‘ faible dû à la propagation, à la météo, aux brouillages et aux parasites. Une intégration sur un temps long ‘ lisse ‘ cette variation. Au-delà il faut un GPS plus performant.

Coffret

Récupération ajustée. Prises arrières 220v, DB9 pour le GPS déporté.

Options

V3 microcontrôleur : boucle pll plus fine [3] , tables de corrections extrapolées,
GPS plus précis avec corrections des longueurs des câbles pour le 1PPS optimum.
Affichage LCD date-heure, db9 série à USB liaison PC pour les ‘réglages’.

Annexes
GPS Reprogrammation avec **TrimbleMon**_V1.
Configure/Receiver/GPSconfig/Dymanics/**Stationnary**
PPSconfig/**Fix-based**/PulseWidth**150**000000 nS/Polarity/**Positive**.
Un transistor tampon NPN open collector fait fonction de **driver** 1PPS.
Mode **NMEA** 4800-8-N-1, GGA nbre sats 'fix'. , RMC pour l'heure

On trouvera des OCVCXO 10 ou 5 Mhz sur d'anciens générateurs lourds et encombrants ou sur ebay ainsi que des ensembles GPSDO tout faits abordables...

V1 : 2013 (sans gps) **V2** : 2018 gps , ttl
F5BEZ Dominique LEVEQUE 2018

bibliographie
On trouvera de nombreuses descriptions de GPSDO avec ces différentes méthodes
google avec les mots clés du texte
Documentations générales
google wikipedia + avec les mots clés du texte

Articles de base pour commencer :
https://ws680.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=842479 **[1]**
https://fr.wikipedia.org/wiki/Synchronisation_GPS [2]
http://ve2zaz.net/GPS_Std/Downloads/VE2ZAZ_GPS_Derived_Std_QEX_09_10_2006.pdf [3]
http://pe.org.pl/articles/2018/7/9.pdf [4] long loop

réalisations
http://www.sdradio.eu/g4jnt/gpsdo.html méthode 10khz
http://k6jca.blogspot.com/2016/02/an-arduino-based-gps-disciplined.html avec u-C
https://www.qsl.net/zl1bpu/MICRO/SIMPLE/SimpleGPS.htm

gps
http://ara35.fr/technique/modif-radiosonde-m10-pour-applications-gps-om/ gps

performances comparatifs
http://www.ke5fx.com/gpscomp.htm

produits exemples ebay 120..200^{e}
https://www.sdr-kits.net/GPSDO tout petit…
https://www.sdr-kits.net/index.php?route=product/product&path=66_68_83&product_id=151
https://www.rfx.co.uk/pdfs/GPS_OCXO_PT626_13_module.pdf

http://www.ec-m.it/francais/ocxo.htm ocxo (pas gps)
http://www.morion.com.ru/catalog_pdf/MV89-OCXO.pdf