

1. Dérive de fréquence à long terme et à court terme

À moyen ou long terme au cours des heures ou des jours, la dérive de fréquence est généralement causée principalement par les changements de température de l'environnement. Cela pourrait être le changement de température entre le jour et la nuit, ou les changements de température saisonniers. Ce type de dérive peut être éliminé dans le kit Ultimate3S en utilisant un récepteur GPS avec une sortie 1pps, tel que le kit récepteur QRL Labs QLG1. La séquence de transmission Ultimate3S est configurée de telle sorte qu'il y a une pause dans les transmissions à la fin de chaque cycle, pendant laquelle le GPS 1pps est utilisé pour mesurer la fréquence de référence du synthétiseur Si5351A (cristal 27MHz) et calculer une correction dans le logiciel. Il ne sera pas discuté plus loin dans ce document.

La dérive à court terme est le changement de fréquence pendant une transmission elle-même. Il est souvent mal compris qu'une unité GPS connectée devrait empêcher cette dérive de fréquence pendant la transmission. Cependant, l'Ultimate3S n'utilise pas le GPS en option pour mesurer la fréquence pendant la transmission, car la présence de fortes fréquences radio peut interférer avec la réception GPS ou créer un bruit sur le signal 1pps susceptible de corrompre les mesures. La dérive de fréquence à court terme n'est donc PAS résolue par la connexion d'un récepteur GPS à l'Ultimate3S.

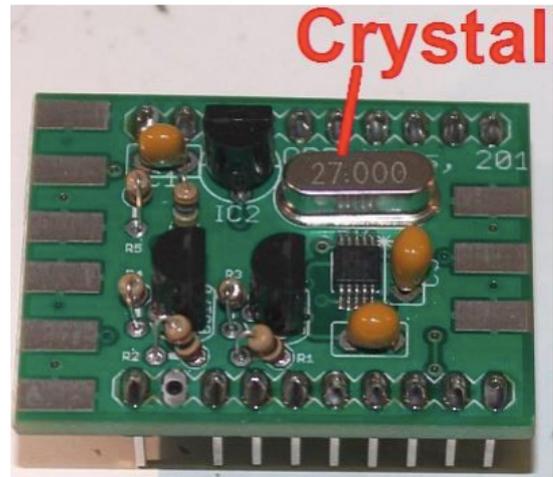
2. Causes de la dérive de fréquence à court terme

Il existe trois causes potentielles de dérive de fréquence.

- 1) Dérive de fréquence à l'émetteur (Ultimate3S)
- 2) Dérive de fréquence à la station de réception
- 3) Les effets de la propagation sur le trajet, tels que l'effet Doppler ionosphérique lorsque la hauteur des couches réfléchissantes de l'ionosphère change rapidement à certains moments de la journée, ou les effets de la dispersion ionosphérique

Les trois causes de dérive sont généralement observées, mais seule la première est à la portée de l'opérateur de l'émetteur Ultimate3S.

La dérive de fréquence dans l'émetteur se produit dans la source HF, dans ce cas le kit du synthétiseur Si5351A. Elle est causée par une combinaison de composants dont la valeur change avec la température, et les changements de température entraînent réellement ce changement de valeur. Les variations de tension d'alimentation peuvent également entraîner une modification de la fréquence d'oscillation. La dérive de l'oscillateur de référence à 27 MHz est la partie critique de ce synthétiseur puisque la sortie PLL Si5351A est verrouillée sur cette référence.



Beaucoup de gens pensent que le cristal de quartz 27MHz est le seul composant important dont la valeur a une sensibilité à la température. En fait, ce n'est pas le cas. L'oscillateur est composé à la fois de la composante résonnante (le cristal de quartz) et des composantes actives d'amplification et de polarisation de la puce Si5351A elle-même. Ces composantes internes ont également une sensibilité à la température et peuvent modifier la fréquence de l'oscillateur. Par conséquent, l'amélioration de la dérive nécessite de prendre en compte toutes ces sources de dérive.

3. Fréquence de l'émetteur et importance de la dérive

Il est particulièrement important de comprendre que la question de la dérive de fréquence est directement liée à la fréquence de l'émetteur. En effet, la dérive agit en pourcentage de la fréquence de l'oscillateur. Elle est souvent exprimée en parties par million (ppm) ou en parties par milliard (ppb).

Si la référence à 27 MHz dérive de 2 Hz pendant une transmission, une transmission sur la bande de 20 m (14 MHz) dériverait d'un peu plus de 1 Hz. La fréquence de l'émetteur est un peu plus de la moitié de la fréquence de référence de 27 MHz et, par conséquent, la dérive sera proportionnellement un peu plus de la moitié de la dérive de la fréquence de référence de 27 MHz. Si la fréquence de sortie passe à la bande 40 m, la même dérive provoquera une dérive de la fréquence de l'émetteur de 0,5 Hz.

De cette manière, on peut voir que plus la fréquence est élevée, plus il est important de réduire la dérive de fréquence. Si aucune mesure n'est prise, la dérive pendant une transmission peut être de 4 Hz sur une bande de 10 m, ce qui peut être suffisant pour empêcher le décodage du mode WSPR (par exemple); et proportionnellement encore pire dans les bandes supérieures de 6 m, 4 m et 2 m. La même dérive sur 160 m sera environ $\frac{1}{4}$ Hz, ce qui ne sera guère perceptible. Plus vous choisissez une fréquence haute pour la transmission, tout devient plus difficile en ce qui concerne la dérive de fréquence!

4. Quelle valeur de la dérive est acceptable?

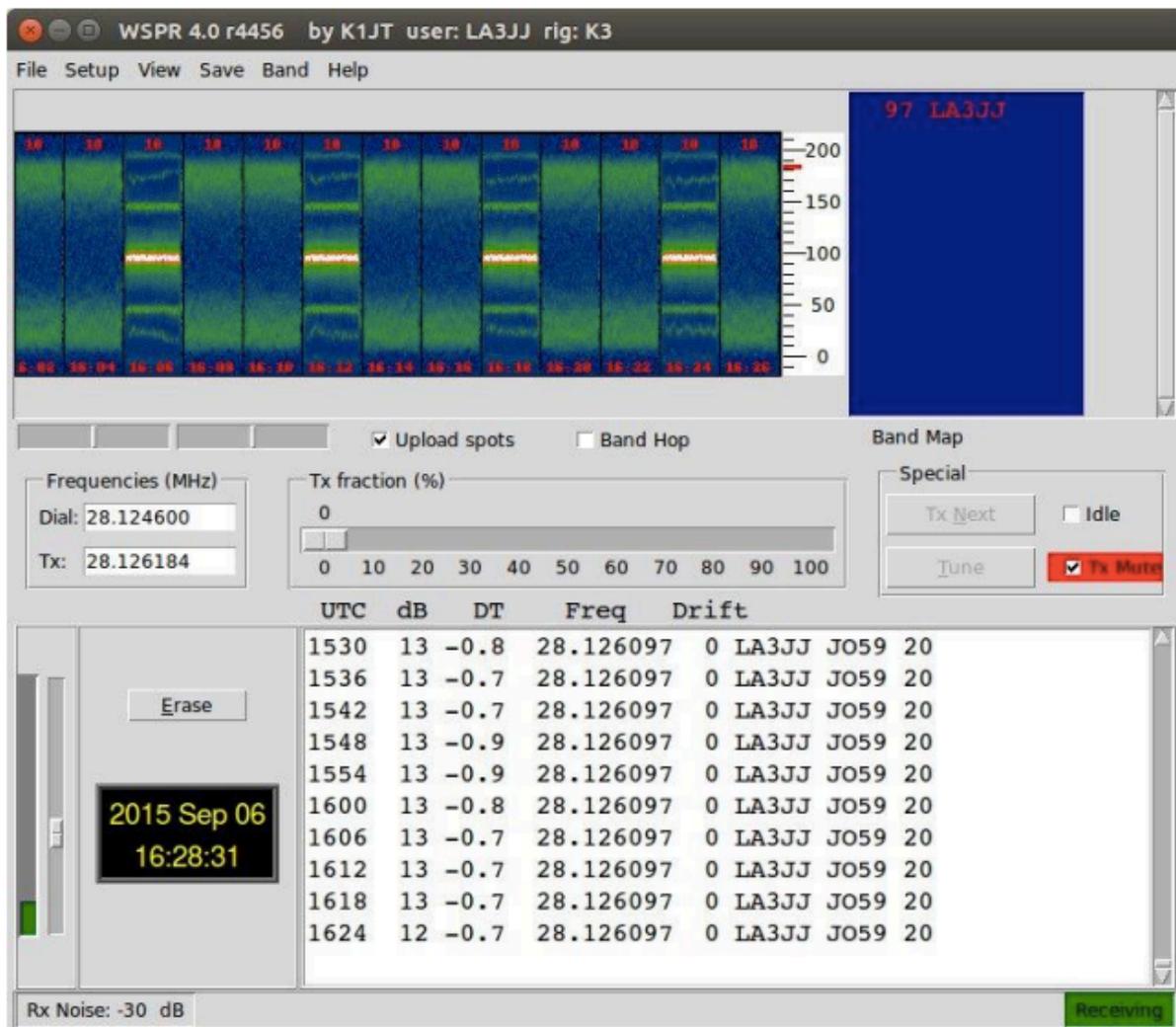
La réponse à cette question dépend de votre application pour l'émetteur Ultimate3S, du mode que vous transmettez et de nombreux autres facteurs. Mais discutons du mode WSPR (Weak Signal Propagation Reporter). Les transmissions WSPR sur HF se composent de 162 symboles, chacun étant transmis pendant 0,68 seconde et constitué de l'un des 4 tons. Les 4 tonalités sont espacées de 1,46 Hz, donnant un signal avec une bande passante de 6 Hz. La transmission dure 110,5 secondes (presque 2 minutes).

La station réceptrice exécute un logiciel de décodage WSPR sur un ordinateur, qui applique le traitement numérique du signal (DSP) à l'audio reçu, en recherchant les signaux faibles des émetteurs WSPR distants. Ce logiciel est capable de décoder correctement les signaux avec une dérive allant jusqu'à 4Hz (haut ou bas) pendant la transmission. Cependant, le modèle de dérive appliqué est une dérive linéaire du début à la fin. Tout écart par rapport à cela entraînera des symboles manqués; le système inclut la correction d'erreur directe et les symboles manqués peuvent être tolérés, mais cela réduit la probabilité d'un décodage réussi.

La quantité de dérive est signalée par la station réceptrice dans la base de données Internet à l'adresse <http://wsprnet.org>. La transmission du WSPR est un moyen idéal pour améliorer (réduire) la dérive de votre émetteur, car vous pouvez facilement vérifier sur <http://wsprnet.org> la valeur de la dérive signalée. Bien que, comme mentionné précédemment, il existe d'autres facteurs (dérive de la station de réception, effets ionosphériques), les données en moyenne vous donneront toujours une très bonne idée de la dérive de votre émetteur. Le nombre indiqué est la valeur en Hz de la dérive pendant la transmission WSPR de 2 minutes.

Lorsque des dérives WSPR de 3 ou 4 Hz sont signalées, vous pouvez vous attendre à ce que le nombre de décodages réussis obtenus par votre station soit compromis par la dérive de votre émetteur. En prenant des mesures simples pour réduire la dérive de votre émetteur, vous pourrez augmenter le nombre de rapports de réception reçus.

Ci-dessous : des transmissions WSPR à dérive de 0 Hz par Jon Ove LA3JJ, après avoir appliqué les techniques de dérive décrites ci-dessous. Jon Ove reçoit ici sa propre transmission forte localement, mais les rapports de réception en direct sont également une indication utile de la performance de votre émetteur.



5. Six façons de réduire la dérive de fréquence

Ce sont des mesures correctives qui réduiront la dérive de fréquence de votre émetteur Ultimate3S s'il s'agit d'un problème (très probablement sur les bandes HF à fréquence plus élevée et sur les ondes métriques). Le dernier consiste à utiliser le kit synthétiseur OCXO / Synth 27MHz de QRP Labs qui est compatible avec le kit synthétiseur de base Si5351A; Cependant, cela ne devrait pas être nécessaire pour obtenir d'excellents résultats.

Lorsque la plupart de ces étapes ont été correctement mises en œuvre, les rapports de dérive WSPR sur la bande de 10 m doivent en moyenne être de 0 Hz. Même sur une bande de 2 m (144-146 MHz), les utilisateurs ont signalé une dérive du WSPR à 0 Hz en utilisant leur émetteur Ultimate3S.

Bon nombre des mesures énumérées ci-dessous sont basées sur le travail de Jon Ove LA3JJ et ont depuis été répétées par de nombreux radioamateurs du monde entier.

a) Utilisez une bonne alimentation!

Le point d'exclamation ci-dessus «!» Est inclus car les alimentations défectueuses sont la cause numéro 1 des problèmes avec les kits Ultimate3S! Une bonne alimentation stable est très importante! De nombreux opérateurs ont tenté d'utiliser des chargeurs de téléphones portables 5V USB bon marché. Souvent, ceux-ci utilisent un circuit régulateur de mode de commutation très minimaliste (également appelé CHEAP). Pour charger une batterie de téléphone, c'est bien.

Mais tout problème de tension peut se convertir en dérive de fréquence. Si la tension d'alimentation chute de manière significative au démarrage de la transmission en raison de la charge supplémentaire provoquée par l'amplificateur de puissance (transistor BS170), cela peut également provoquer une dérive.

Utilisez donc une bonne alimentation! La signification de «bien» est un peu difficile à définir précisément dans ce contexte. Même les blocs d'alimentation de laboratoire (de laboratoire) coûteux peuvent présenter des problèmes de tension ou des creux. Il n'est donc pas sûr de penser que dépenser beaucoup d'argent est la solution. En général, il semble que les régulateurs linéaires soient moins problématiques que les régulateurs à mode commuté. Beaucoup de constructeurs ont obtenu de bons résultats avec un régulateur linéaire à base de 7805 à 3 bornes, avec des condensateurs électrolytiques appropriés à l'entrée et à la sortie du régulateur.

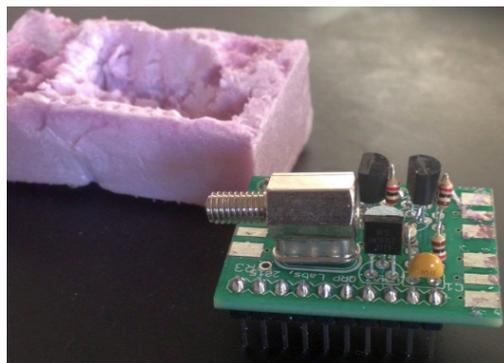
b) Appliquez un dissipateur thermique sur le quartz

Un dissipateur thermique sur le cristal de référence de 27 MHz ralentira les changements de température dans le boîtier du quartz. Beaucoup de dissipateurs thermiques appropriés peuvent être récupérés, il n'est pas nécessaire d'utiliser quoi que ce soit.

Jon Ove LA3JJ a utilisé une entretoise hexagonale en métal, collée sur le dessus du cristal. De bons résultats ont été obtenus au QRP Labs HQ en utilisant un petit dissipateur thermique de style TO-220, attaché au cristal avec un élastique.

c) Installer une isolation thermique autour du quartz

L'isolation thermique autour du cristal aide de plusieurs manières. Premièrement, cela aide à garder les courants d'air loin du quartz, ce qui pourrait modifier légèrement sa température. Deuxièmement, le transistor PA (BS170) peut chauffer considérablement pendant la transmission; Le fait de placer un peu d'isolant autour du cristal empêchera cette chaleur d'atteindre le cristal et de modifier sa fréquence d'oscillation.



Jon Ove a découpé un morceau de mousse pour le placer sur le dessus de la carte Si5351A. Mais de bons résultats peuvent même être obtenus simplement en installant Ultimate3S sur un boîtier tel que le boîtier QRP Labs standard. Cela suffit à maintenir les courants d'air et à réduire considérablement la dérive. Mais à coup sûr, la solution de Jon Ove est plus approfondie et élégante.

d) Utiliser les fonctionnalités "Park" du micro logiciel

Cette solution est implémentée dans le micro logiciel du microcontrôleur Ultimate3S. Il attaque la dérive induite par la température des autres composants du circuit de l'oscillateur, qui sont les composants internes de la puce Si5351A elle-même. Le composant Si5351A est de 3 x 3mm. À l'intérieur de cette goutte de plastique de 3 x 3 mm se trouve une plaque de silicium encore plus fine. Lorsque cette dalle de silicium produit des oscillations, elle consomme plus d'énergie que lorsqu'elle est inactive. Consommer plus de puissance est une autre façon de dire, en dissipant plus de puissance - qui se dissipe sous forme de chaleur, ce qui élève la température de la puce et contribue à la dérive. La consommation d'énergie est également supérieure lorsque la fréquence est plus élevée. L'utilisation des étages de sortie ou de la conduite d'une charge augmente également la dissipation de puissance.

Bien qu'il soit difficile de savoir ou de prévoir comment tous ces facteurs interagissent, il est facile de conclure des observations que l'auto-échauffement de la puce Si5351A est un facteur significatif de la dérive de l'oscillateur de référence à 27 MHz.

La fonctionnalité «Park» du micro logiciel a été introduite dans l'Ultimate3, qui utilisait le module AD9850 DDS, pour la même raison. Dans l'Ultimate3S, il permet de configurer la sortie Clk1 inutilisée du Si5351A pour que la puce soit maintenue artificiellement «occupée» lors de la saisie. Il est à espérer que la consommation de courant du Si5351A ne changera pas beaucoup lorsque l'émetteur est allumé (touche enfoncée), ce qui signifie que la température ne changera pas et qu'il n'y aura aucune dérive de fréquence.

Les différents modes de fonctionnement de cette fonction («Park Modes») sont décrits dans le manuel d'utilisation de l'émetteur Ultimate3S. Le mode par défaut est le mode 0, qui définit la sortie Clk1 sur la même fréquence que la fréquence d'émission (de la transmission suivante). Mais comme la sortie Clk1 n'est connectée à rien, il n'y a pas de charge. La consommation de courant du Si5351A ne sera donc pas aussi élevée que la transmission réelle, lorsque Clk0 pilote l'entrée PA. Par conséquent, il est utile de faire fonctionner Clk1 à une fréquence supérieure à la fréquence d'émission. Une fréquence plus élevée compensera le fait que Clk1 ne conduit rien.



```
Park (Mode Freq)
2 150,000,000
```

Park Mode 2 est le plus efficace car il vous permet de régler la sortie Clk1 sur une fréquence fixe de votre choix lors de la saisie. Commencez avec 150 MHz, par exemple. Observez la dérive avant et après ce changement. Si la direction de la dérive est inversée, vous saurez alors que vous avez surcompensé la dérive; dans ce cas, vous pouvez expérimenter avec des fréquences de parcage inférieures, par ex. 100 MHz.

e) Réorganiser les bandes de transmission

Certaines preuves et expériences suggèrent que l'ordre des bandes transmises peut avoir un effet sur les rapports de dérive. Ceci s'applique bien sûr uniquement lorsque vous transmettez une séquence de plusieurs bandes différentes à l'aide du kit de filtre optionnel à commutation par relais 6 bandes. Commencer avec la bande de fréquence la plus haute en premier, puis descendre progressivement vers la fin de la fréquence inférieure, semble produire une dérive plus faible. Mais c'est quelque chose qui nécessitera une expérience dans votre situation particulière.

f) Installez le kit synthétiseur OCXO / Si5351A

Comme mentionné précédemment, il devrait être possible d'éliminer la dérive en utilisant les techniques décrites de a) à e). Il ne devrait pas être nécessaire de faire tous les efforts pour utiliser le kit OCXO. Néanmoins, certains constructeurs apprécient le défi que représente la construction de ce kit. On ne peut nier qu'une référence OCXO est la solution absolue ultime au problème de la dérive. Lorsque vous utilisez le kit OCXO correctement construit et réglé, battez-vous avec la référence de fréquence de 10 MHz du laboratoire, la dérive n'est pas détectable dans Argo (voir ci-dessous) qui a une résolution de fréquence de 0,01 Hz.

Cela signifie moins de 0,01 Hz de dérive dans les 2 minutes.

