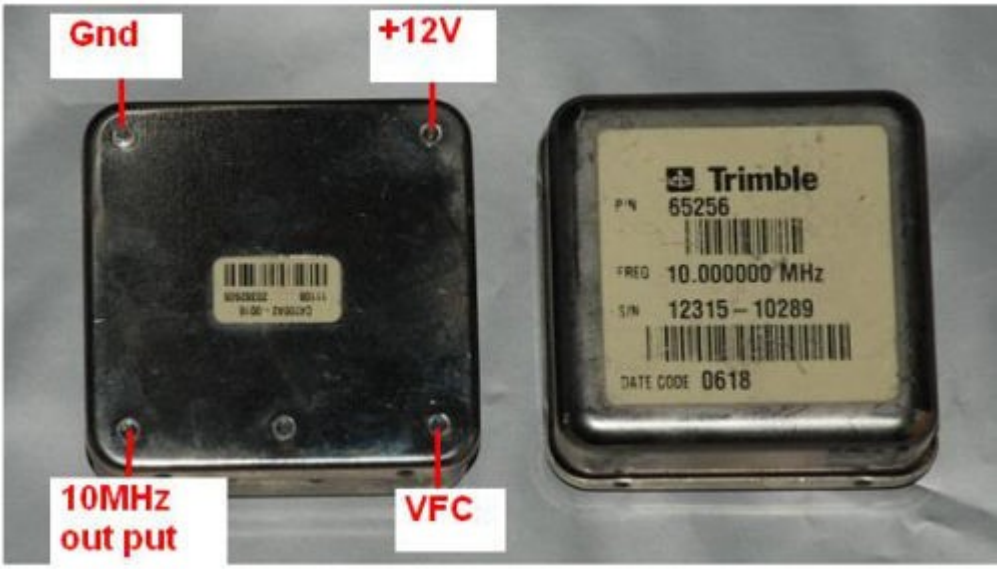
GPS-Disziplinierte 10MHz-Referenz

GPS Dicsciplined Oscillator	
Mithilfe einer GPS-Anbindung wird die Langzeitstabilität und Frequenzgenauigkeit eines Quarzofens verbessert.	
Mitarbeiter	Stefan, DK3SB Sebastian, DL3YC Andreas, DL5CN
Status	In Bearbeitung

Beispielsweise für den Betrieb auf den GHz-Bändern ist eine genaue und stabile Frequenzreferenz von Vorteil. Für die Kurzzeitstabilität (im Bereich von einigen Sekunden) sorgt ein Quarzofen (OCXO), dessen Langzeitstabilität und Frequenzgenauigkeit durch Anbindung an GPS verbessert werden soll. Dadurch entsteht ein GPSDO (GPS disciplined Oscillator).

Dazu wurde bei eBay ein Trimble 65256 10MHz-OCXO erworben. Dieser ist doppelt geheizt und besticht mit portabeltauglichem Stromverbrauch: Nur etwa 2,5 Watt nach der Aufheizzeit.

Es werden mehrere Iterationen evaluiert: Einerseits die Verwendung einer Frequenzregelung (FLL), andererseits die einer Phasenregelschleife (PLL).



Systemanforderungen

- geheizter Quarzoszillator mit hinreichend Kurzzeitstabilität
- Frequenzgenauigkeit durch GPS-Anbindung
- Anschluss für GPS-Antenne mit externem LNA
- Indikatoren für GPS-Lock und OCXO-Lock
- Versorgung aus 12..14V

Untersuchungen

Da mehrere Aspekte und Konzepte umgesetzt und evaluiert wurden, sind diese auf einzelnen Unterseiten kategorisiert:

- Untersuchungen am Trimble 65256

- Version 1: FLL-Ansatz
- Version 2: PLL-Ansatz, hohe Vergleichsfrequenz

PLL-Ansatz

Für den 10 GHz-Transverter wurde die Stabilisierung mittels einer PLL aufgebaut.

Die Hardware/Software-Unterlagen sind hier zu finden:

- Schaltplan: Eagle, PDF
- Layout: Eagle, PDF
- Errata: GPS RX an P1.1 geroutet, 32kHz-Quarz hinzugefügt
- Sourcecode (MSP430 C-Code mit Makefile): ZIP

TODO aktualisieren der Schaltpläne

Nach Umsetzung der notwendigen Software konnte die PLL erfolgreich in Betrieb genommen werden. An Stefans Trimble-OCXO stellt sich mit GPS-Fix eine Abstimmspannung von 2,4V am OCXO ein.

Probleme

Schleifenfilter: Der Abstimmeingang des OCXO besitzt einen Eingangswiderstand um die 400 kOhm. Aus diesem Grund kann das Schleifenfilter keine hochohmigen Serienwiderstände enthalten.

Lock Detect: Das Digital Lock Detect (DLD) der 10 MHz-Schleife funktioniert in diesem Aufbau nicht. Ursache hierfür ist vermutlich der Leckstrom in den Abstimmpin des OCXO. Der Eingangswiderstand dort wurde zu etwa 400kOhm ermittelt. An 3V ergibt sich so ein Leckstrom von $I_l = 8 \mu A$. Zusammen mit dem Ladepumpenstrom von $I_p = 5 mA$ und der Phasenvergleicherfrequenz von 10 kHz ergibt sich eine statische Phasenverschiebung von:

$Phase Error = \frac{I_l}{I_p} \cdot t_{PFD} = \frac{8 \mu A}{5 mA} \cdot 100 \mu s = 160 ns$

Und das ist deutlich über der 15ns-Grenze, die bei Digital Lock Detect detektiert wird. In AN-873 werden die Zusammenhänge erklärt. Statt des DLD wird der 10MHz-Clock detektiert und als Lock-Indikator verwendet.

Ergebnisse

Nachdem das GPS einen Fix hat, regelt sich die OCXO-Abstimmspannung auf 2,5 V ein. Die Phasenrauschmessungen mussten im Labor mangels GPS-Empfang mit einem Signalgenerator als 10kHz-Quelle durchgeführt werden.

- Phasenrauschen 10 MHz: 10kHz-Referenz Agilent 33500, OCXO freilaufend, OCXO PLL-gerastet, 100mHz Schleifenbandbreite

Gezeigt haben sich in der praktischen Anwendung vor allem zwei Effekte: Einerseits ist die Zeitkonstante der Taktnachregelung im GPS selbst sehr hoch, d.h. die 10 kHz aus dem GPS werden langsam nachgeregelt, es dauert bis zu einer Minute bis man auf der Endfrequenz angekommen ist.

Andererseits ist die thermische Stabilität des GPS-Moduls um Größenordnungen schlechter als die des Ofens. Da dieses jedoch als Referenz dient schlagen sich thermische Frequenzänderungen direkt auf die Ausgangsfrequenz durch.

Um die Kurzzeitstabilität (und damit im weiteren Sinne die Genauigkeit) überhaupt sinnvoll verbessern zu können, muss das GPS-Modul thermisch auf jeden Fall von jeder Art schneller Temperaturänderungen isoliert werden. Ein besseres Konzept für einen GPSDO sollte vorsehen, die 10 MHz aus dem Ofen direkt als Systemtakt für GPS zu verwenden und diesen selbst nachzuführen.

Links

- http://www.dl4jal.eu/fnormal/fnormal.html
- http://www.ik0otg.net/index.php?option=com_content&view=article&id=53&Itemid=59&lang=en
- http://www.ke5fx.com/tbolt.htm
- Artikel über die Stabilität von Oszillatoren von Ulrich Bangert

From:
https://loetlabor-jena.de/ - **Lötlabor Jena**

Permanent link:
https://loetlabor-jena.de/doku.php?id=projekte:gpsdo:start&rev=1540070426

Last update: **2018/10/20 21:20**