

Manuel d'utilisation

Leo Bodnar Precision GPS Reference Clock

Version 1.4

Description

Cet appareil fournit deux horloges de référence synchronisées à faible gigue, verrouillées sur le signal GPS.

La stabilité à long terme du signal de sortie est pilotée par le système GPS basé sur le temps atomique universel (horloges césium, rubidium, masers à hydrogène, horloges optiques) dont la stabilité est de l'ordre de 10^{-15} à 10^{-16} .

La qualité du signal à court terme est assurée par une source d'horloge TCXO interne fournissant un signal de haute qualité, à faible bruit de phase, avec une gigue RMS inférieure à la picoseconde.

La PLL numérique permet à la fréquence principale de sortie de prendre pratiquement n'importe quelle valeur entre 450 Hz et 800 MHz. La sortie 2 peut être configurée en mode 1 PPS (1 impulsion par seconde).

La fréquence de la seconde sortie dépend de la première en raison d'une horloge interne commune. Si vous avez besoin d'une flexibilité totalement indépendante, plusieurs mini-unités GPS peuvent constituer une meilleure solution. Si les deux sorties ont la même fréquence, leur décalage de phase relatif peut être ajusté. Cela peut être utilisé, par exemple, pour générer deux signaux déphasés de 90° destinés à un mélangeur I/Q.

Les deux signaux de sortie sont des ondes carrées aux niveaux CMOS 3,3 V avec une impédance caractéristique de 50 ohms, disponibles sur deux connecteurs BNC. Le niveau de sortie peut être ajusté et chaque sortie peut être activée ou désactivée indépendamment.

Niveau de puissance de sortie (mesuré à 10 MHz, puissance fondamentale du canal)

- +13,3 dBm, réglage Output Drive Strength = 32 mA
- +12,7 dBm, réglage Output Drive Strength = 24 mA
- +11,4 dBm, réglage Output Drive Strength = 16 mA
- +7,7 dBm, réglage Output Drive Strength = 8 mA

La consommation via USB est de 250 mA.

L'appareil est fourni avec un câble USB et une antenne GPS active à base magnétique.

Fonctionnement

Le fonctionnement nécessite la présence continue d'un signal GPS, mais une perte temporaire du signal est tolérée de manière transparente. Les antennes actives et passives sont prises en charge. Une antenne active avec un câble de 5 mètres est fournie avec l'appareil, mais peut être remplacée si nécessaire. Le temps d'acquisition GPS après la mise sous tension est d'environ 30 secondes. Si le signal GPS est perdu, la PLL numérique maintient la meilleure estimation possible de la fréquence de sortie à partir des données



historiques. Lorsque le verrouillage GPS est retrouvé, la sortie est resynchronisée de manière transparente avec la référence GPS. L'entrée et la sortie du mode maintien de fréquence se font sans glitch.

Tous les réglages de fréquence et de sortie sont entièrement configurables par l'utilisateur via une connexion USB depuis un PC Windows.

L'horloge GPS peut être alimentée par l'entrée USB et/ou par une alimentation externe 5 à 12 V CC. Les dimensions du connecteur d'alimentation sont : 2,5 mm pour la broche centrale et 5,5 mm pour le diamètre extérieur. La connexion USB au PC Windows n'est nécessaire que pour la configuration initiale. Tous les réglages sont stockés dans l'appareil et conservés hors tension. La tension présente sur le connecteur d'antenne SMA pour la télé-alimentation est de 3,3 V. La plupart des antennes actives acceptent une large plage de tension d'entrée (2,5 V à 5 V) car elles utilisent un LNA analogique interne peu sensible à la tension d'alimentation. Si vous n'utilisez pas les antennes fournies, veuillez consulter la fiche technique de votre antenne.

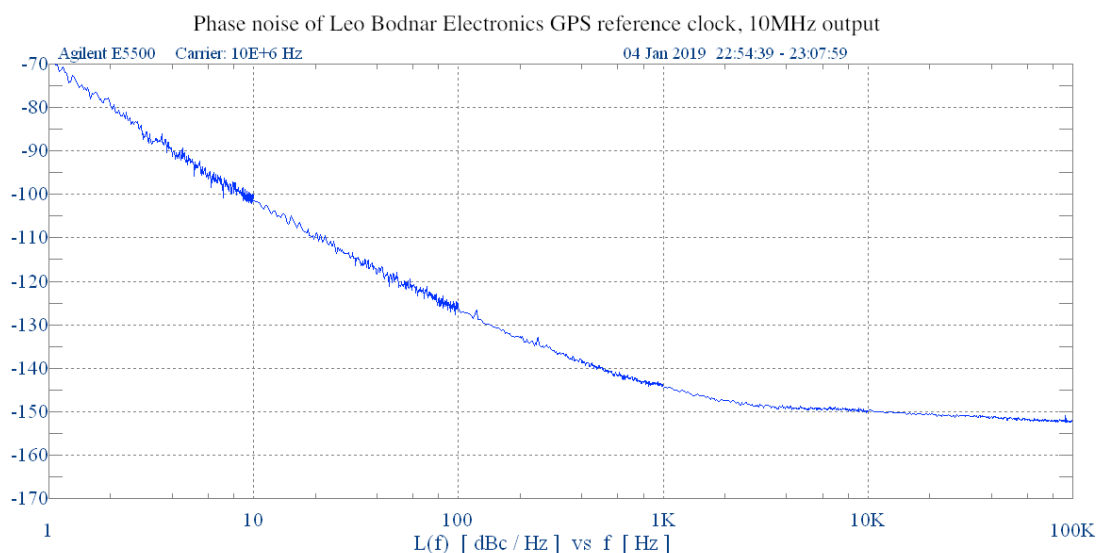
Exemples d'utilisation

- Référence de fréquence 10,000 MHz, 1,000 MHz ou autre pour équipements et instruments de laboratoire
- Référence pour équipements d'émission : stations radioamateurs, balises de propagation, marqueurs de fréquence
- Référence pour équipements de réception, récepteurs RTL-SDR (28,8 MHz) et scanners radio
- Source de calibration pour récepteurs radio
- Horloge maître pour équipements audio et vidéo, DAC et matériel de studio d'enregistrement

Bruit de phase mesuré

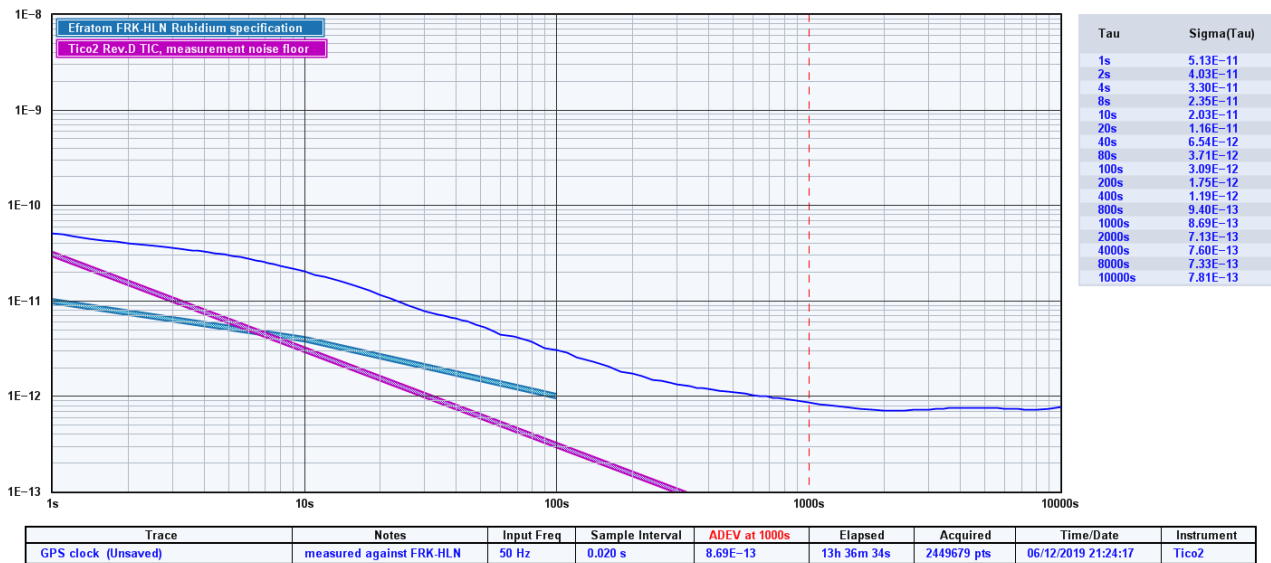
Horloge GPS à 10 MHz, égal ou meilleur que :

- -70 dBc/Hz à 1 Hz d'écart de la porteuse
- -100 dBc/Hz à 10 Hz
- -125 dBc/Hz à 100 Hz
- -143 dBc/Hz à 1 kHz
- -150 dBc/Hz à 10 kHz
- -152 dBc/Hz à 100 kHz
- -155 dBc/Hz à 1 MHz



Stabilité temporelle

Allan Deviation $\sigma_y(\tau)$



Réglage des fréquences de sortie

- Ouvrez le logiciel et définissez la fréquence principale souhaitée pour la sortie 1.
- Vous devez ensuite trouver le réglage PLL en cliquant sur « Find ».
- Après quelques secondes il devient possible de sélectionner une autre fréquence pour la sortie 2. Cette fréquence n'est pas entièrement libre, elle dépend des réglages de la boucle PLL et de la fréquence de la sortie 1.
- Enregistrez les réglages en cliquant sur « Update ».
- Redémarrez le logiciel afin d'afficher les nouvelles fréquences de sortie.

Si vous souhaitez obtenir d'autres fréquences, ajustez manuellement les paramètres PLL, cliquez sur « Update » puis redémarrer le logiciel pour afficher les nouvelles fréquences. Voir le paragraphe "[réglages personnalisés](#)".

Device Details

Serial Number: G41004
 Manufacturer: Leo Bodnar
 Product: 1.9
 Version: GPS Reference Clock
 Software: V9.11

Settings

Enable Output 1 Identify Output 1
 Enable Output 2 Identify Output 2

32mA Output drive strength

888888 Output 1, Hz
 888888 Output 2, Hz

Find Update Sleep

9862877 GPS reference, Hz

4 N31
 11 N2_HS
 448 N2_LS
 11 N1_HS
 498 NC1_LS
 498 NC2_LS

0 Phase shift, degrees
 9 BW

F3 = 988094 Hz
 Fosc = 4.8693 GHz
 Signal loss count: 1

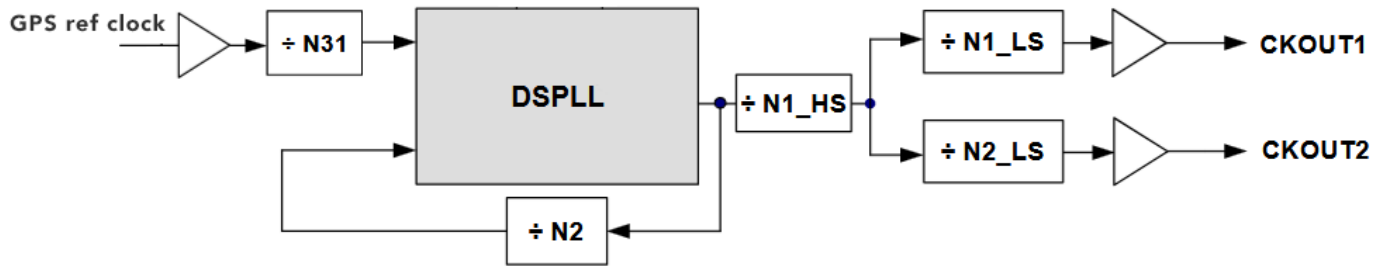
Annotations:

- Use this to adjust your drive strength, 32mA should give 1.6v pk-pk output through 50 Ohm termination
- Use these to identify the BNC outputs when using multiple clocks
- Master Frequency Selection
- Secondary Frequency Selection (This is limited to fractional multiples of the master frequency)
- "Sleep" button shuts down internal micro controller for lowest noise level. It requires power cycle to wake it up again.
- Internal PLL parameters, used for debug purposes only
- Click this to set the start the frequency finding algorithm
- Click this to update the flash memory and keep the frequency settings between rebooting
- Phase shift of output 2 relative to output 1
- Internal PLL bandwidth, 9 is the optimum setting

Architecture du synthétiseur

Le synthétiseur de fréquence de référence asservi par GPS est basé sur un composant Skyworks Si5328 qui comporte trois blocs principaux en cascade :

- Un diviseur de fréquence d'entrée (N3)
- Un multiplicateur à oscillateur verrouillé en phase (N2)
- Une paire de diviseurs de fréquence de sortie (NC1 et NC2)



Le multiplicateur à oscillateur verrouillé en phase (appelé DSPLL, car il utilise une PLL numérique) comporte une paire de diviseurs en cascade N2_HS et N2_LS dont le produit N2 définit le facteur de multiplication.

La chaîne de division de sortie commence par N1_HS, suivi de NC1_LS pour la sortie 1 et de NC2_LS pour la sortie 2. Le produit de N1_HS par NC1_LS définit le diviseur pour la sortie 1. Le produit de N1_HS par NC2_LS définit le diviseur pour la sortie 2.

Comme les deux sorties partagent le même prédiviseur N1_HS, leurs fréquences ne peuvent être que des sous-multiples de la fréquence déterminée par le diviseur N1_HS.

Par exemple, considérons les réglages suivants, 10 MHz pour la sortie 1 et 125 MHz pour la sortie 2 :

```

GPS Reference  100 000
N31           1
N2_HS         11
N2_LS         5 000
N1_HS         11
NC1_LS        50
NC2_LS        4
Décalage de phase  0
BW            9
  
```

Dans cet exemple, les 100 kHz de la référence GPS sont multipliés par $N31 = 1$ ainsi que par le produit de $N2_HS = 11$ et $N2_LS = 5\,000$, afin d'obtenir une fréquence de sortie VCO PLL de 5,5 GHz.

Important : cette fréquence doit être comprise entre 5 GHz et 6 GHz pour garantir l'accrochage de la PLL.

Cette fréquence est ensuite divisée par $N1_HS = 11$ pour obtenir 500 MHz, puis est :

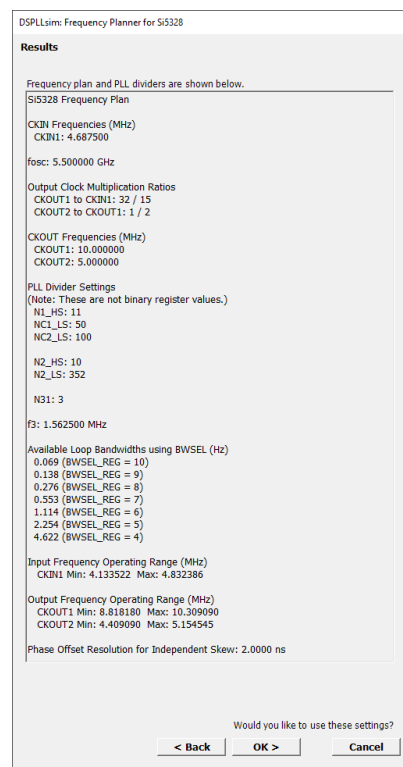
- divisée par $NC1_LS = 50$ pour obtenir 10 MHz sur la sortie 1.
- divisée par $NC2_LS = 4$ pour obtenir 125 MHz sur la sortie 2.

Réglages personnalisés

Il est possible de définir manuellement les paramètres PLL pour obtenir des fréquences de sorties personnalisées. Cependant le fonctionnement optimal de la boucle PLL n'est possible qu'avec des valeurs permettant un verrouillage efficace. Il est recommandé d'utiliser le logiciel DSPLLsim téléchargeable sur le site de Skyworks afin d'obtenir des coefficients permettant de minimiser le bruit de phase et la consommation électrique.

Autres réglages et informations

- Il est possible d'obtenir une sortie 1 PPS : une impulsion positive de largeur 200ms chaque seconde. L'amplitude est de 3.3V si la sortie est non chargée, ou fonction du réglage "Output Drive Strength" si elle est chargée en 50 ohms.
Pour activer la sortie 1 PPS, il faut simplement désactiver la sortie 2, puis redémarrer le processeur par coupure / rétablissement de l'alimentation. La sortie PPS est alors directement connectée à la sortie 1 PPS (TIMEPULSE) du récepteur GPS. Elle devient active seulement après la réception de signaux GPS valides.
La précision RMS du signal TIMEPULSE est de l'ordre de 30 ns, avec une erreur inférieure à 60 ns dans 99 % des cas lorsque le récepteur est correctement synchronisé aux satellites. Lors du passage de l'état non verrouillé à l'état verrouillé, il se produit un saut de phase au maximum égal à 1 seconde, selon le décalage entre le signal 1 PPS basé sur l'oscillateur interne et celle du temps GPS.
Lors de la perte des signaux satellites, la phase de la sortie 1 PPS se décale progressivement par rapport au temps GPS, possiblement de plusieurs centaines de ns. La sortie se coupe au bout d'environ 1 min 45 secondes sans signaux satellite.
- Lorsque les deux sorties sont réglées sur la même fréquence, il est possible de choisir un décalage de phase pour la sortie 2.
- Le bouton « Sleep » arrête le microcontrôleur interne afin d'obtenir le niveau de bruit le plus faible possible. Il faudra couper puis rétablir l'alimentation pour le réactiver.
- La référence GPSDO peut fonctionner sans connexion USB en utilisant une alimentation externe de 5 à 12V. Une tension supérieure à 5V induit des pertes et donc un génère un échauffement.



Fonctionnement des LED

Les deux LED rouges indiquent l'état de l'appareil :

- Clignotement : pas de verrouillage GPS ou PLL.
- Allumées fixes : GPS et PLL verrouillés.
- Clignotement alterné : l'appareil est en mode bootloader.

LED 1 allumée fixe – LED 2 clignotante : sortie 2 configurée en signal de synchronisation 1PPS.