

Oscillateur de référence pour satellites miniatures

Reference oscillator for miniature satellites

Porteur(s) : S. Galliou (FEMTO-ST)

Partenaire(s) : Y. Richard (SYRLINKS), G. Cibiel (CNES), J.-M. Lesage (DGA)

Résumé du projet en Français :

Ce projet consiste à développer un oscillateur miniature ($< 1\text{cm}^3$) « faible coût » destiné à des applications spatiales sur pico et nano satellites. Il sera conçu suivant des critères qui n'existent pas encore sur le marché, même en version commerciale, en termes de volume et de consommation dans la gamme de stabilités de fréquence visée (Typ. -120 dBc/Hz à 1Hz de la porteuse à 20 MHz).

Une réduction drastique du volume et de la consommation des équipements de télécommande et de télémétrie des microsattellites actuels devient nécessaire pour leur implantation sur picosatellites et nanosatellites. L'oscillateur de référence, élément clé de ces équipements, n'échappe pas à cette nécessité et il n'existe pas sur le marché actuel de produit, même non qualifié spatial, répondant au cahier des charges. Le projet actuel consiste à finaliser la conception d'un oscillateur à quartz thermostaté basse consommation, miniature, d'une sensibilité de fréquence aux variations thermiques de 10^{-8} sur une large gamme de température. Après avoir conçu et fabriqué un support de lame de quartz optimisé et intégrant plusieurs fonctions directement sur le silicium, l'étude présente s'attachera à finaliser l'oscillateur en concevant une architecture électronique intégrée à faible tension d'alimentation et faible niveau de bruit. Différentes pistes seront étudiées pour limiter l'encombrement de cette électronique : intégration de l'électronique sur le MEMS, report d'un substrat sur le MEMS contenant l'ensemble des composants (composants sur puce, résistances et composants gravés sur substrat). Les procédés envisagés seront évalués économiquement.

Abstract in English:

This project is about designing a miniature temperature controlled crystal oscillator (required volume is 1 cm^3). TTC (Telemetry, Tracking and Control) equipment which is used in microsattellites (as Myriades) has a very important volume (8 liters). 8 times lower volume equipment (1 liter) is planned for pico and nano satellites. Therefore, a significant reduction of volume and consumption for equal performance is necessary. Redesign is required for all components of equipment items including micro-oscillator, as in volume as at the level of energy consumption. Preliminary studies have served to define the resonator adapted to satisfy the request stability specifications. Thermal simulation of an OCXO oscillator model (Oven Controlled Xtal Oscillator) has permitted to achieve a good understanding of heat transfer into the device. Reducing heat loss and increases the thermal stability of resonator were major challenges. Thermal expansion of the resonator causes mechanical stresses in its mountings and shifts the resonance frequency. A silicon MEMS has been designed for supporting the resonator by using thermomechanical simulations. This support is compatible with the constraints of low consumption and heat sensitivity retaining good impact resistance. As regards electronics, an ASIC chip which is used since many years has been characterized with the purpose to obtain the digital model. This study has revealed the limiting factors of the oscillator performance. Also it has allowed to provide remedial solutions. The ASIC used was rejected in favor of the solution operating with commercial electronic components (at least temporarily). Finally, a miniature demonstrator of physical module was assembled and characterized. The measuring results show that demonstrator consumption remains below the required specification. The importance of the participation of radiation within the thermal exchanges has also been validated experimentally.

Résultats marquants :

Thèse Nikolay Vorobyev. Un oscillateur à l'état de l'art a été réalisé, tant en termes de volume et de consommation qu'en termes de stabilité de fréquence quand il est comparé aux dispositifs existants de la même catégorie.

Highlights :

Nikolay Vorobyev PhD thesis. A state-of-the-art oscillator has been made, regarding its volume, power consumption as well as its frequency stability in comparison with existing devices of the same category.

Publications and communications linked with the funded project:

Peer-reviewed articles:

N. Vorobyev, Thesis, "Miniaturisation des oscillateurs classe « OCXO » pour applications spatiales " (non publique)

Proceedings:

N. Vorobyev, J. Imbaud, T. Baron, G. Cibiel and S. Galliou, "Noise modeling methodology of an integrated circuit for quartz crystal oscillator" in Frequency Control Symposium, 2015 Joint with the 29th European Frequency and Time Forum. IEEE International, Denver, USA, 11-16 April 2015.

Pictures with captions (curve, photo, scheme ...):

