

Wer braucht heute noch Oven Controlled Xtal Oscillators (OCXOs)?

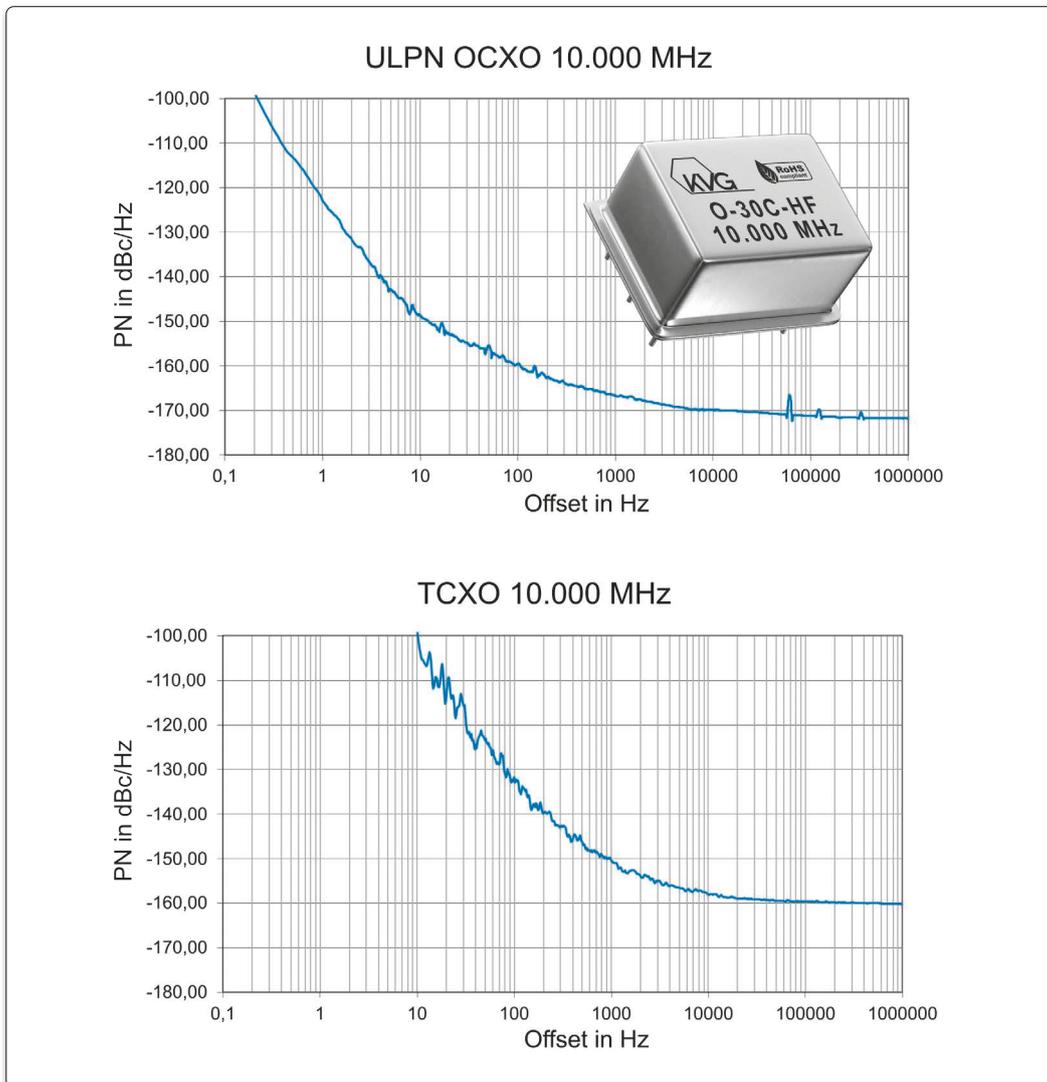


Bild 1: Phasenrauschen eines sehr guten 10-MHz Ultra Low Phase Noise ULPN OCXOs der KVG Quartz Crystal Technology GmbH und typisches Phasenrauschen eines guten 10-MHz-TCXO



Autoren:
 Dr. rer. nat.
 Julian Emmerich (li),
 Dipl.-Ing. Harald Rudolph (re)
 Produktmanagement
 KVG Quartz Crystal
 Technology GmbH
 www.kvg-gmbh.de

Thermostatisierte Quarzoszillatoren (OCXO) sind im Vergleich zu temperaturkompensierten Quarzoszillatoren (TCXOs) oder temperaturkompensierten MEMS-Oszillatoren (TCMOs) groß, schwer und benötigen ein Vielfaches an elektrischer Leistung. Zudem kosten sie in der Regel auch noch wesentlich mehr. Kein Entwickler setzt gerne OCXOs ein, wenn es nicht sein muss. Kleine TCXOs in den Größen 7 x 5 oder 5 x 3,2 mm sind heute mit einer Frequenzstabilität bis zu +/-100 ppb (parts per billion) im Tempera-

turbereich von -40 bis +85 °C erhältlich. Diese Frequenzstabilität war vor wenigen Jahren noch ganz klar die Domäne von OCXOs. Daher hat es durchaus eine gewisse Berechtigung, wenn speziell die Hersteller von MEMS-Oszillatoren behaupten, OCXOs ersetzen zu können.

Nichtsdestotrotz

gibt es immer noch eine Vielzahl an Applikationen, für welche die aktuell erreichbare Performanz – speziell das Phasenrauschen und die Kurzzeitstabilität – der

TCXOs und TCMOs bei weitem nicht ausreicht. Im Bereich der digitalen Kommunikationsnetze gehören sowohl Basisstationen für Mobilfunknetze, als auch die Referenzen für die höheren Hierarchie-Ebenen der glasfaserbasierten Datennetze zu den Hauptanwendungsfeldern, die nur bei extrem niedrigen Bitfehlerraten zuverlässig funktionieren.

Die Mobilfunknetze, das Internet oder Satellitenkommunikation würden ohne OCXOs nicht funktionieren – jedenfalls nicht mit den Übertragungsraten, wie wir sie heute gewohnt sind. Im Bereich der Medizintechnik sind die Kernspin- und Computertomographen zu nennen, deren Bildauflösung direkt mit der Qualität des verwendeten OCXOs zusammenhängt. Das Gleiche gilt für die Auflösung von Radar Imaging Verfahren wie SAR (Synthetic Aperture Radar) oder ISAR (Inverse Synthetic Aperture Radar). Der Unterschied von OCXOs zu TCXOs oder TCMOs besteht aber nicht nur in der Frequenzstabilität über der Temperatur, welche für hochwertige OCXOs im Bereich von wenigen parts per billion (ppb) liegt und damit ca. 20-mal besser ist als die besten TCXOs, sondern auch in der Langzeitstabilität, auch Alterung genannt, d.h. der Frequenzdrift über der Zeit.

Tabelle 1 ist eine Gegenüberstellung der Frequenzstabilität verschiedener Oszillatortypen. Dabei ist zu beachten, dass es bei den OCXOs eine große Bandbreite der möglichen Frequenzstabilität gibt, die zum einen von der Oszillatorfrequenz und auch von der Baugröße abhängt. Einfach gesagt: je höher die Frequenz, desto schlechter die Frequenzstabilität. Die letzte Zeile betrifft die typische Frequenzstabilität von sogenannten Doppelöfen (DOCXOs), welche zwei ineinander geschaltete

Oszillatortyp	typ. Frequenzstabilität delta f/f (-40 bis +85 °C)	typ. Nennfrequenz-toleranz	typ. Alterung pro Jahr	typ. Alterung in 10 Jahren
XO	15 – 40 ppm	5 – 20 ppm	1 – 3 ppm	5 – 20 ppm
Standard-TCXO	1 – 3 ppm	1 – 2 ppm	0,5 – 1 ppm	5 – 10 ppm
Precision-TCXO	0,2 – 0,5 ppm	0,2 – 0,5 ppm	0,2 – 0,5 ppm	2 – 5 ppm
OCXO	5 – 200 ppb	0,05 – 0,2 ppm	0,05 – 0,2 ppm	0,2 – 2 ppm
DOCXO	0,2 – 2 ppb	0,05 – 0,1 ppm	0,02 – 0,1 ppm	0,1 – 0,5 ppm

Tabelle 1: Vergleich der Frequenzgenauigkeit verschiedener (Quarz-) Oszillatortypen

Temperatur-Regelkreise beinhalten, sodass Temperaturänderungen der Umgebung noch besser ausgeregelt werden können.

Weiterhin gibt es deutliche Unterschiede beim Phasenrauschen (Betrachtung im Frequenzbereich) bzw. Phasenjitter (Betrachtung im Zeitbereich). TCXOs sind trägernah deutlich besser als TCMOs, aber dennoch weitaus schlechter als OCXOs der gleichen Frequenz. Wie Bild 1 zeigt, kommen gute 10-MHz-TCXOs bei einem Trägerabstand von 10 Hz gerade mal auf -105 dBc/Hz und erreichen einen ‚noise floor‘ von -160 dBc/Hz bei 100 kHz Trägerabstand. Gute 10-MHz-OCXOs sind heute mit einem Phasenrauschen von -122 dBc/Hz bereits bei 1 Hz und -150 dBc/Hz bei 10 Hz Trägerabstand verfügbar und zeigen einen Noisefloor von besser als -170 dBc/Hz. Spezielle Ultra Low-phase Noise ULPN OCXOs bieten einen noise floor

von -190 dBc/Hz bei einem 100 MHz Ausgangssignal mit einem Pegel von größer als +10 dBm.

Die Hersteller von TCMOs vermeiden es tunlichst, Phasenrauschwerte oder Jitterwerte im trägernahen Bereich zu nennen. Auch die Kurzzeitstabilität – meist in Form der sog. Allan Variance oder Allan Deviation (ADEV) ausgedrückt – ist für gute OCXOs weitaus besser als für TCXOs oder TCMOs.

Die Baugröße von OCXOs

ist, wie erwähnt, ein deutlicher Nachteil im Vergleich zu TCXOs oder TCMOs. Aber die Miniaturisierung hat auch vor den OCXOs nicht Halt gemacht. Vor 20 Jahren war ein OCXO mit den Abmessungen von 36 x 27 x 20 mm klein im Verhältnis zu den typischen Baugrößen der damaligen Zeit mit 50 x 50 x 30 mm oder gar 60 x 50 x 40 mm. Sehr gute OCXOs haben auch heute noch Abmessungen

von mindestens 20 x 14 x 8 mm (DIL-14 Format); spezielle Typen auch nach wie vor die 36 x 27 x 15 mm.

Mit etwas Abstrichen bei der Performanz bekommt man heute kleine SMD-OCXOs in den Gehäusegrößen 14 x 9 x 6,5 oder gar 9 x 7 x 4 mm, die in ihrer Phasen- und Kurzzeitstabilität deutlich besser sind als TCXOs oder TCMOs.

Auch die Stromaufnahme

moderner OCXOs ist in den letzten Jahren deutlich zurückgegangen. Kleine Low-power-OCXOs kommen mit weniger als 500 mW steady state power aus, was natürlich immer noch deutlich mehr ist, als das, was TCXOs oder TCMOs an Leistung benötigen. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass der Quarz im OCXO auf einer relativ hohen Temperatur oberhalb der oberen Betriebstemperaturgrenze bei 70 bis 95 °C thermostatisiert wird,

d.h. über einen Regelkreis thermisch stabil gehalten wird. Die thermische Leistung benötigt natürlich eine entsprechende elektrische Leistung. Dieses Funktionsprinzip in Verbindung mit der Verwendung von Obertonquarzen mit speziellen Schnitten (IT, SC, MSC) macht jedoch die gute Frequenzstabilität von OCXOs aus.

Fazit:

Damit lässt sich die Frage, ob der OCXO auch in der heutigen Welt noch seine Daseinsberechtigung hat ganz klar bejahen. Sie werden mehr denn je in einer digitalisierten und vernetzten Welt benötigt, auch wenn die Hersteller von MEMS-Oszillatoren bereits vor mehreren Jahren das Ende der Quarzoszillatoren proklamiert haben. OCXOs sind die Königsklasse der Quarzoszillatoren und auf absehbare Zeit durch nichts anderes zu ersetzen. ◀

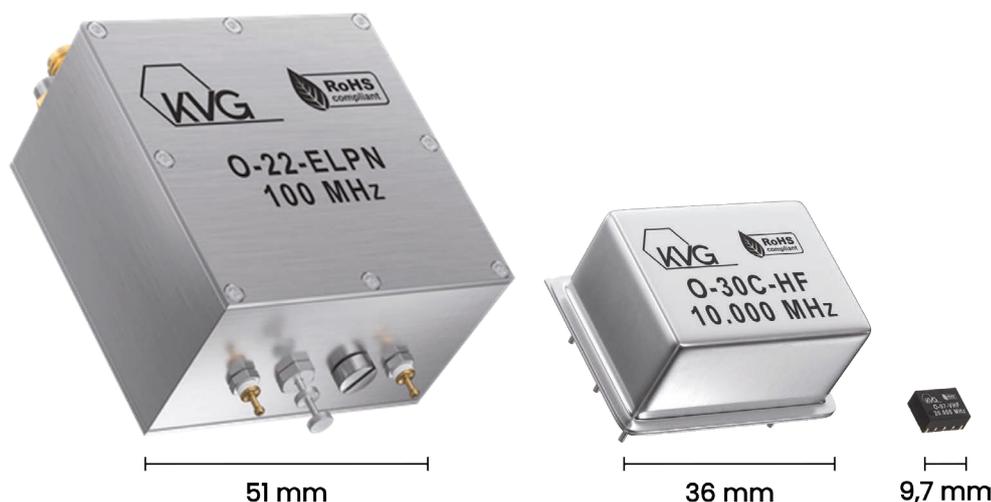


Bild 2: Größenvergleich eines Ultra-Low-Phase-Noise-Oszillatormoduls, eines ULPN-OCXOs und eines SMD-OCXOs