

Genaugenommen

Präzise stromsparende Taktgeber für Small-Cell-Anwendungen

Lange Zeit waren ofenstabilisierte Quarzoszillatoren (OCXOs) führend in punkto Frequenzstabilität. Durch technologische Fortschritte bekommen sie mittlerweile Konkurrenz durch kleinere und energiesparsamere VC-TCXOs. WDI erörtert einige charakteristische Merkmale der beiden Oszillatortypen.

Autor: Gerd Reinhold

Der überproportional wachsende Bedarf an kleinen Funkzellen in der Mobilfunkkommunikation verlangt nach Oszillatorlösungen, die bezüglich Leistung, Effizienz und Kosten optimiert sind. Technologische Fortschritte haben sowohl bei OCXOs (ofenstabilisierte Quarzoszillatoren) als auch bei VC-TCXOs (spannungsgesteuerte, temperaturkompensierte Quarzoszillatoren) zu Verbesserungen geführt, welche die früheren Grenzen zwischen diesen beiden Typen verschwimmen lassen. Damit wird es für viele Schaltungsentwickler zunehmend schwieriger herauszufinden, welche Oszillatortechnik für ihre Anwendung optimal geeignet ist.

Dieser Beitrag beleuchtet verbesserte Leistungsmerkmale der aktuellen VC-TCXO und OCXO-Technologie im Hinblick auf Drahtlos-Anwendungen. Dabei variieren die genauen Werte je nach Anbieter, die allgemeinen Tendenzen und ungefähren Größenordnungen dürften jedoch vergleichbar sein.

Frequenz per Steuerspannung feinjustieren

VC-TCXOs sind intern temperaturkompensierte Quarzoszillatoren, die sich durch eine externe Korrekturspannung am Voltage-Control-Pin in einem schmalen Frequenzbereich trimmen lassen. Die interne Kompensation gleicht ein temperaturabhängiges Driften elektronisch aus, um den Quarz wieder auf Nennfrequenz zu bringen. Alle mit dem Quarz selbst zusammenhängenden Faktoren lassen sich jedoch nicht korrigieren und überlagern die resultierende Frequenz-Temperatur-Kurve, was Design und Herstellung von Quarzen in VC-TCXO-Technologie zu einem schwierigen und kritischen Unterfangen macht.

Die meisten VC-TCXOs benötigen eine externe Spannungsregelung, die eine exakte Einstellung der Frequenz und eine wegen der Langzeitalterung erforderliche Justierung ermöglicht. Zudem muss die Regelungsfunktion in der Lage sein, eine Phasensynchronisierung zu anderen Taktquellen vorzunehmen. Die Grundjustierung erfolgt durch eine Anpassung der Lastkapazität des Quarzes, die Spannungssteuerung ermöglicht dann eine finale Feinjustierung.

Eck-DATEN

Klassische temperaturstabilisierte Quarzoszillatoren (OCXO) sind sehr frequenzstabil und erlauben auch eine Verwendung der Oberwellen. Neuere spannungsgesteuerte VC-TCXO sind mittlerweile gleichermaßen frequenzstabil, weniger komplex im Aufbau und deutlich kleiner wie auch energiesparsamer, was sie gegenüber den OCXOs ausgesprochen konkurrenzfähig macht.



Bild 1: Die überproportional wachsende Mobilfunkkommunikation verlangt nach Oszillatorlösungen, die bezüglich Leistung, Effizienz und Kosten optimiert sind.

Die genauen VC-TCXO-Spezifikationen variieren jedoch zwischen den Herstellern. Im Allgemeinen benötigen sogenannte „Small Cells“ eine Stabilität von $\pm 0,1$ ppm über einen spezifizierten Temperaturbereich. Die gängigen Datenblätter definieren im Betriebstemperaturbereich von 0 bis 80 °C eine Ziehbarkeit von etwa ± 5 ppm für die Spannungssteuerung. Erst in den letzten Jahren hat sich die Quarztechnologie so weit verbessert, dass eine zuverlässige Kompensation auf diesem Niveau erreichbar ist. Bei der Herstellung solcher Quarze sind diverse technische Aspekte zu berücksichtigen. Die produzierten Quarze für einen VC-TCXO müssen störungsfrei sein und sehr geringe Alterungseigenschaften sowie eine geringe Hysterese aufweisen.

In Bezug auf den Temperaturgang der Frequenz und die Hysterese-Eigenschaften bewegt sich das Leistungsniveau heutiger VC-TCXOs für Funkanwendungen in einem Bereich, der bisher allein den OCXOs vorbehalten war (Bild 2). Dank verbesserter Halbleiterbauelemente und optimierter Prozesse in Quarzdesign und -herstellung können VC-TCXOs heute durchaus mit einer Stabilität von $\pm 0,1$ ppm mithalten. Die zum Ausgleich von Frequenzdrift und Langzeitalterungsmerkmalen erforderliche Korrekturspannung wird normalerweise durch eine NTP- (Network Time Protocol) oder PTP-Implementierung (Precision Time Protocol) nach IEEE-1588 erzeugt.

VC-TCXOs zeichnen sich durch sehr geringe Alterungsraten und sehr lineare Eigenschaften hinsichtlich der Spannungsregelungsfunktion aus. Dabei sind es nicht nur die präzise Kompensation, die kleine Hysterese und die geringen Alterungsraten, die VC-TCXOs zu einer außergewöhnlichen Lösung für Small-Cell-Anwendungen machen, sondern auch der deutlich niedrige

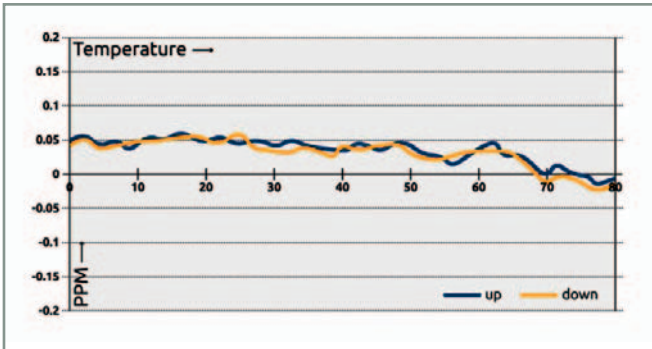


Bild 2: Die für heutige VCTCXOs in Small-Cell-Anwendung dargestellten Frequenz-/Temperatur- und Hysterese-Eigenschaften wären in der Vergangenheit nur mit einem OCXO realisierbar gewesen.

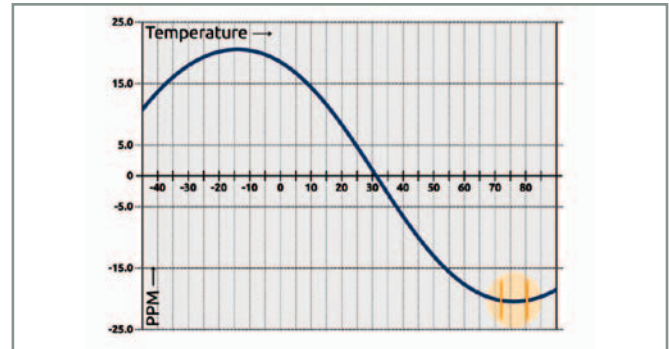


Bild 3: Durch die interne Temperierung von OCXOs zwischen 70 und 80 °C im Bereich des oberen Frequenzdrift-Umkehrpunktes bei etwa -20 ppm sind diese Oszillatoren sehr stabil.

Stromverbrauch. In Applikationen wie hier angesprochen, nehmen VC-TCXOs durchschnittlich nur etwa 2 mA auf, während ein OCXO etwa 100 mA benötigen würde. Im direkten Vergleich sind die traditionellen OCXOs aufgrund ihrer Größe, ihres Leistungsbedarfs und der Aufwärmzeit deutlich im Nachteil.

Hochpräziser Taktgeber mit Standheizung

Bei OCXOs sorgt ein internes Heizelement für die Temperaturstabilisierung, weshalb sie unter Entwicklern auch als Quarzöfen bezeichnet werden. Der Quarz und die zugehörige Oszillatorschaltung werden im normalen Betrieb bis zum oberen Frequenzdrift-Umkehrpunkt mit etwa -20 ppm auf zirka 75 °C erwärmt und in einem schmalen Temperaturfenster gehalten (Bild 3). OCXOs eignen sich daher weniger für energiesparende Anwendungen, jedoch für solche, die eine hochpräzise Frequenz benötigen.

Die Quarze für diese Oszillatoren werden so hergestellt, dass der obere Frequenzdrift-Umkehrpunkt oberhalb des höchsten spezifizierten Temperaturbereichs liegt. Eine Frequenzfeinabstimmung erfolgt dann bei dem um diesen Umkehrpunkt herum temperierten Quarz. Vorteilhafter Weise wird der Quarz eines OCXOs nur im erwähnten sehr engen Temperaturfenster betrie-

ben, was ungewünschte Schwingungsmoden des Quarzes weitestgehend verhindert. In der VC-TCXO-Technik werden die Quarzeigenschaften hingegen rein elektronisch kompensiert.

Tabelle 1 stellt die Unterschiede zwischen OCXO- und VC-TCXO-Produkten zusammenfassend gegenüber. Wenn es auf Größe und Stromverbrauch ankommt, sind VC-TCXOs im Vorteil. Ein Vorzug von OCXOs war bisher, dass sie eine niedrigere Empfindlichkeit auch gegenüber geringen Stabilitätsveränderungen aufweisen, wie sie bei Änderungen der Spannungsregelungsfunktion auf den Höchst- oder Mindestwert auftreten. Die in den Anwendungen verwendeten Halbleiter haben für diesen Zweck jedoch eine Kompensationsschaltung. Durch verbesserte Leistungseigenschaften werden die heutigen VC-TCXOs gegenüber der OCXO-Technik ausgesprochen konkurrenzfähig. (jwa) ■

Autor
Gerd Reinhold
Produktmarketing FCP bei WDI.



all-electronics.de
infoDIREKT

803ei0316

Merkmale	VC-TCXO	OCXO
Stromaufnahme	1 bis 3 mA (typisch)	250 bis 400 mA beim Start, 70 bis 165 mA bei 25 °C
Größe	3,2 × 5 mm oder kleiner (typisch)	9 × 14 mm oder größer (typisch)
Relative Kosten	geringer	höher
Stabilisationszeit	0,1 bis 2 s	30 s bis 4 min
VCC	1,8 V bis 5 V verfügbar	3,3 und 5 V verfügbar
Empfindlichkeit gegenüber anderen Quarzmoden	höher (Quarz über gesamten Temperaturbereich angeregt)	geringer (Quarz über engen Temperaturbereich angeregt)
Empfindlichkeit gegenüber Veränderungen durch EFC/ Spannungsregelung	gering	gering
Langzeitstabilität (Alterung)	ähnlich	ähnlich
Mechanische Komplexität	einfach (IC, Quarz)	komplex (IC, Quarzofen, Controller)
Phasenrauschen	ähnlich bei Grundfrequenz, Oberwellen normalerweise nicht verwendet	ähnlich bei Grundfrequenz, besser bei Oberwellen
EFC/Spannungsregelung	±4 bis ±8 ppm	±4 bis ±8 ppm

Tabelle 1: Vergleich der Merkmale von OCXOs und VC-TCXOs für Small-Cell-Anwendungen.