

# MEMS-Oszillatoren erobern den Markt der OCXOs

OCXOs (Oven-Controlled Oscillators) erreichen den Gipfel der Timing-Performance. Nur wenige Hersteller können Stabilität auf OCXO-Level (ca.  $\pm 50$ ppb oder besser) bieten. Da OCXOs Stratum-3E-Level an Timing-Stabilität erreichen, werden sie in Kommunikationsnetzwerken mit hohem Durchsatz eingesetzt, die mit jeder neuen Generation eine noch strikere Performance erfordern.



Bild 1: SiTime Emelrald

Zukünftig werden OCXOs für das aufkommende 5G und die IEEE-1588-Synchronisationsapplikationen, die einsatzkritische Dienste, wie autonomes Fahren unterstützen, essentiell sein.

## Wie erreichen OCXOs diese Stabilität?

Diese Hochpräzisionsoszillatoren sind dazu konzipiert, trotz

Temperaturänderungen – einem der Hauptgründe für Frequenzdrifts – eine Frequenz aufrechtzuerhalten. Dies wird dadurch erreicht, dass der Resonator zusammen mit einem temperaturkompensierenden Schaltkreis und einem Heizelement im Gehäuse verbaut wird. Doch obwohl diese „ofenbetriebenen“ Bauteile entwickelt werden, um die interne Temperatur konstant zu halten, sind OCXOs tradi-

tionell trotzdem anfällig für Schwankungen in der Umgebungstemperatur, speziell, wenn die Temperatur sich schnell verändert.

Aus diesem Grund müssen Designer wohlüberlegte Entscheidungen treffen, wo auf dem Board sie den Oszillator platzieren. OCXOs werden oft in einer Ecke platziert – fern von Lüftern, die durch Luftströme Temperaturschocks verursachen können und auch fern vom Hauptprozessor, der in signifikantem Maße Hitze entwickeln kann. Doch den Oszillator von dem Chip, den er taktet, fernzuhalten, bringt andere Schwierigkeiten mit sich, wie erhöhte Routing-Komplexität oder mögliche Probleme mit der Signalintegrität. Manche Applikation erfordert es, das Layout mehrmals zu überarbeiten, nur um herauszufinden, wo der OCXO platziert werden soll.

Timing ist ein entscheidender Faktor und potenziell eine der größten Herausforderungen in 5G-Systemen. Durch die höheren Datenraten wird eine sehr viel präzisere Synchronisation der Funkanlagen gefordert, womit die Ansprüche an



Autor:  
Axel Gensler  
Senior Product Manager RF  
Components,  
Quartz Crystal Oscillators,  
Endrich Bauelemente  
Vertriebs GmbH

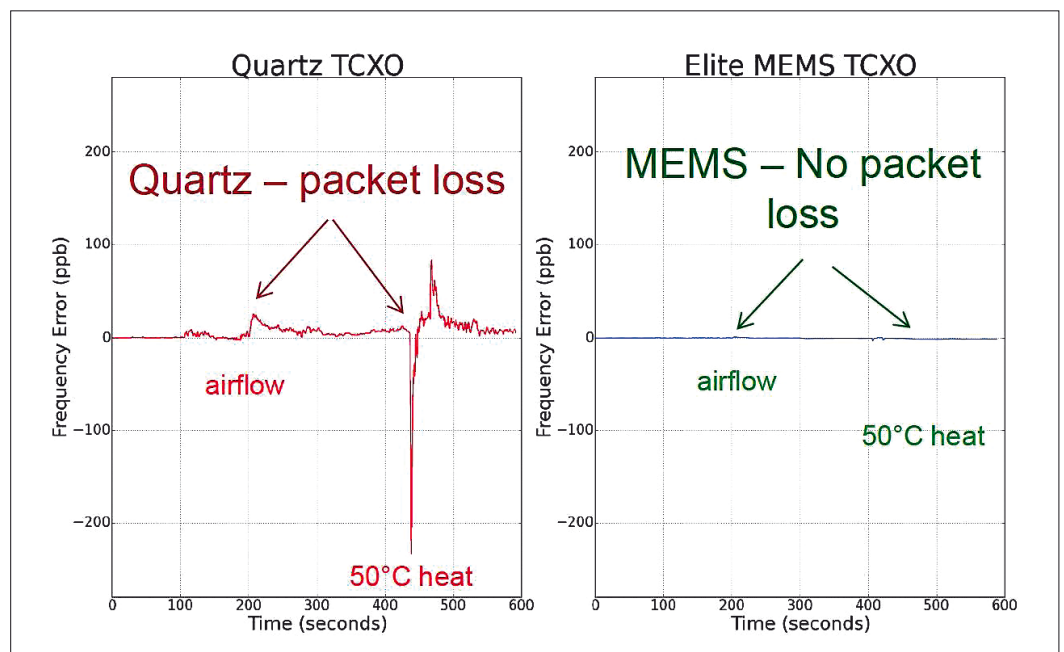
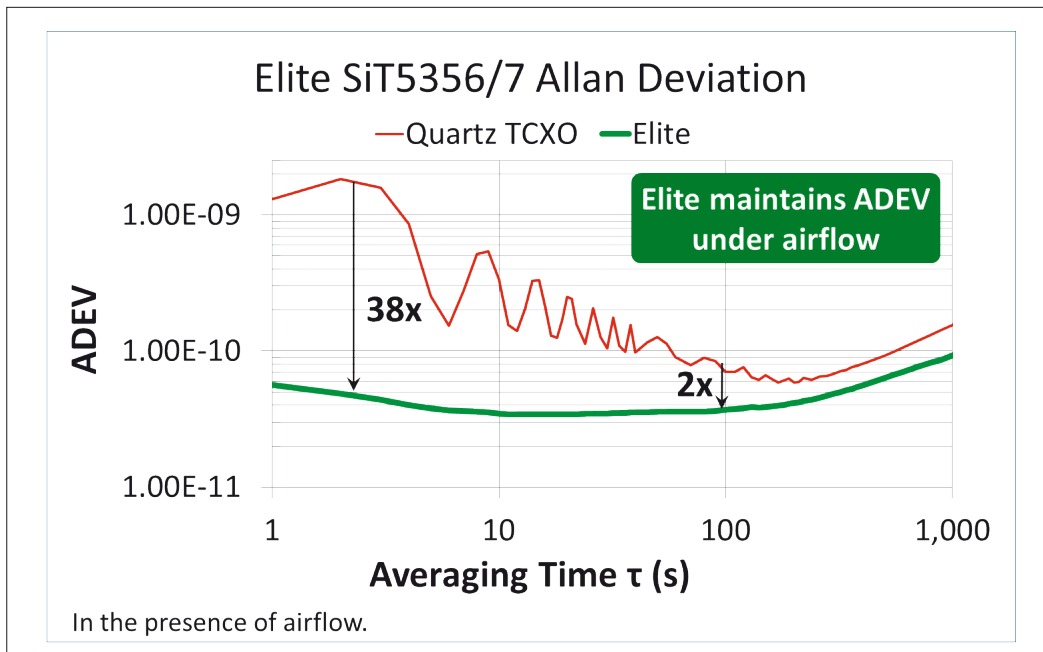


Bild 2: MEMS-Elite-TCXO versus Quarz-TCXO bei schnellen Temperaturänderungen



**Bild 3: EMS-Elite-TCXO versus Quarz-TCXO unter Luftstrom**

Genauigkeit der Taktgeber steigen. Diese Vorgaben können oft nur durch OCXOs erfüllt werden. Diese haben Toleranzen im Bereich von  $\pm 5$ ppb. Salopp gesagt, wird ein kleiner Ofen um den Quarz herum gebaut, um die Temperatur zu kontrollieren und ihn damit von der äußeren

Umgebung zu entkoppeln, womit die Frequenzdrift durch Temperaturschwankungen weitgehend aus der Driftberechnung eliminiert wird.

Quarzoszillatoren wurden - trotz einiger Nachteile - mangels Alternativen eingesetzt. Es ist

nicht trivial, eine konsistente, enge Timing-Performance stabil über Temperaturänderungen oder bei Vibrationen zu erzielen. Die bisherigen Taktgeber sind teuer, sperrig und benötigen oft eine lange Einlaufzeit, bevor sie loslegen können. Für den zuverlässigen Betrieb gilt

es, beim Design besondere Vorkehrungen zu treffen, um Temperatursprünge zu vermeiden. Der OCXO sollte weitgehend thermisch isoliert werden, was die Anordnung des Bauteils auf der Leiterplatte beschränken kann, oder zusätzliche mechanische Isolierungsmaßnahmen erfordert. Die Applikationen, insbesondere Mobilphon-Verteilerstationen, werden zunehmend an exponierten Stellen angebracht, wo Wind, Wetter, Feuchtigkeit sowie Vibrationen wirken. Quarzoszillatoren sind anfällig gegenüber schnellen Temperaturänderungen und Vibration, was zur Unterbrechung der Kommunikation führen kann. Diese Änderung der Betriebsumgebung erfordert ein neues Denken und eine Neubewertung der Vorteile von MEMS gegenüber der Quarztechnologien für das Timing.

In vielen Fällen ist der quarzbasierende OCXO zur thermischen Isolation mit einer speziellen, mechanischen Schirmung bedeckt. Diese „Schilde“ sind jedoch in der Regel keine Stangenware und nur wenige Anbieter designen und produzie-

## Fachbücher für die Praxis



### Digitale Oszilloskope Der Weg zum professionellen Messen

Joachim Müller  
Format 21 x 28 cm, Broschur, 388 Seiten,  
ISBN 978-3-88976-168-2  
beam-Verlag 2017, 47,90 €  
Ein Blick in den Inhalt zeigt, in welcher Breite das Thema behandelt wird:

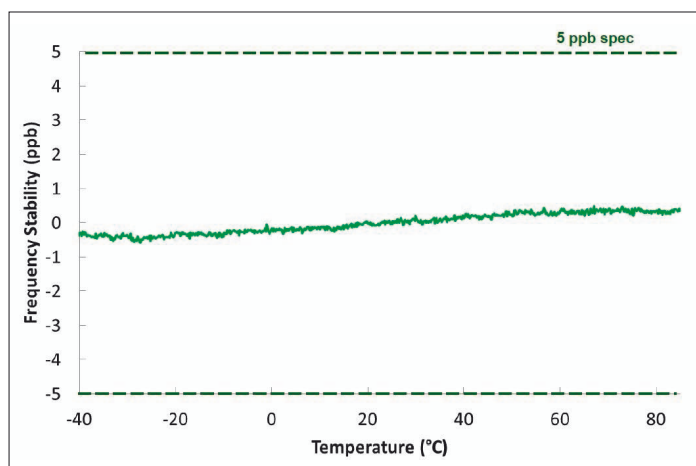
- Verbindung zum Messobjekt über passive und aktive Messköpfe
- Das Vertikalsystem – Frontend und Analog-Digital-Converter
- Das Horizontalsystem – Sampling und Akquisition
- Trigger-System

- Frequenzanalyse-Funktion – FFT
- Praxis-Demonstrationen: Untersuchung von Taktsignalen, Demonstration Aliasing, Einfluss der Tastkopfimpedanz
- Einstellungen der Dezimation, Rekonstruktion, Interpolation
- Die „Sünden“ beim Masseanschluss
- EMV-Messung an einem Schaltnetzteil
- Messung der Kanalleistung

Weitere Themen für die praktischen Anwendungs-Demos sind u.a.: Abgleich passiver Tastköpfe, Demonstration der Blindzeit, Demonstration FFT, Ratgeber Spektrumdarstellung, Dezimation, Interpolation, Samplerate, Ratgeber: Gekannt triggern.

Im Anhang des Werks findet sich eine umfassende Zusammenstellung der verwendeten Formeln und Diagramme.

Unser gesamtes Buchprogramm finden Sie unter [www.beam-verlag.de](http://www.beam-verlag.de)  
oder bestellen Sie über [info@beam-verlag.de](mailto:info@beam-verlag.de)



**Bild 4: Frequenzstabilität**

ren derartige Produkte. Zudem wird mehr Platz auf der Leiterplatte benötigt, und es sind weitere Produktionsschritte erforderlich, um die Abschirmung anzubringen. All das kostet Zeit und Geld, ein Erfolg ist trotzdem nicht garantiert.

Es gab bisher keinen einfachen Weg, um all die Risiken auszuschalten, die mit der Verwendung eines OCXOs einhergehen, zumindest nicht vor der Einführung der Emerald-Plattform von SiTime, dem ersten MEMS-basierten OCXO.

## Eine neue, robuste Lösung

Die Emerald-Plattform OCXOs von SiTime ist eine Lösung im Präzisions-Timing, die eine weit aus bessere Verlässlichkeit und Performance unter dynamischen Bedingungen bietet. Sie basiert auf einer programmierbaren Plattform, die jede Frequenz von 1 bis 220 MHz und LVCMOS- oder Clipped-Sinewave-Outputs bieten kann. Sie löst seit langem bestehende Timingprobleme.

Bisher mussten Hersteller von Kommunikationsgeräten auf störungsanfällige, anwendungsfreundliche Timing-Bauteile zurückgreifen. Die Emerald-Plattform wurde entwickelt, um die altbekannten Probleme von Quarz-OCXOs, die empfindlich gegenüber Umwelteinflüssen sind und Schutzmaßnahmen erfordern, zu lösen.

Einige Features im Vergleich zu traditionellen, quarzbasierten Stratum-3E-OCXOs:

- zehnfach bessere Performance unter Einfluss von Luftströmen und thermischen Schocks

Dies zeigt sich in  $\pm 5$ ppb Frequenzstabilität über den Temperaturbereich, eine dynamische Stabilität von  $\pm 50$ ppt/K und eine Allan Deviation (ADEV) von  $2^{-11}$  unter Luftstrom.

- 20-fach höhere Widerstandsfähigkeit gegen Vibration (0,1ppb/g)
- keine Aktivitätseinbrüche oder Mikrosprünge
- kleinste Gehäusegrößen (9 x 7 mm Footprint, 75% kleiner als üblich, 6,5 mm Höhe, 40% dünner)
- auch in Standard-OCXO-Größen verfügbar, um Quarz-OCXOs ohne Designänderung zu ersetzen

- Qualität und Verlässlichkeit auf Halbleiterniveau

Dies zeigt sich an folgenden Fakten: Eliminiert werden Lot-zu-Lot-Schwankungen von Quarzoszillatoren, Bemusterung und Tests eintreffender Lots ist überflüssig, unübertroffene Anwenderfreundlichkeit, keine Restriktionen bzgl. Platzierung auf dem Board, keine mechanische Abschirmung zur thermischen Isolation notwendig, Onchip-Spannungsregulatoren, keine LDOs oder Ferrite notwendig sowie feuchtigkeitsresistent.

## Konkrete Vorteile

Welche Vorteile bieten die MEMS-OCXOs gegenüber quarzbasierten OCXOs? Nun, die OCXOs der Emerald-Plattform basieren auf der Elite-Super-TCXOs Plattform; durch die thermisch direkte Verbindung des Resonators und Temperatursensors (MEMS-Resonator) auf einem Die wird eine unerreichte Kurzzeitstabilität erreicht, ausgedrückt als Allan-Abweichung (Allan Deviation), siehe Bild 3 und 4. Zudem gibt es eine thermische Kontrolle. Der MEMS-Oszillator kann an beliebiger Stelle auf der Leiterplatte platziert werden. Man benötigt keine zusätzliche Metall- oder Kunststoffabdeckung.

Die MEMS-OCXOs bieten  $\pm 5$  bis  $\pm 8$ ppb Stabilität. Die programmierbare analoge Architektur liefert Frequenzen zwischen 1 und 220 MHz und damit höchste Flexibilität im Systemdesign bei der Frequenzwahl mit Ausgangsoptionen LVCMOS der Clipped

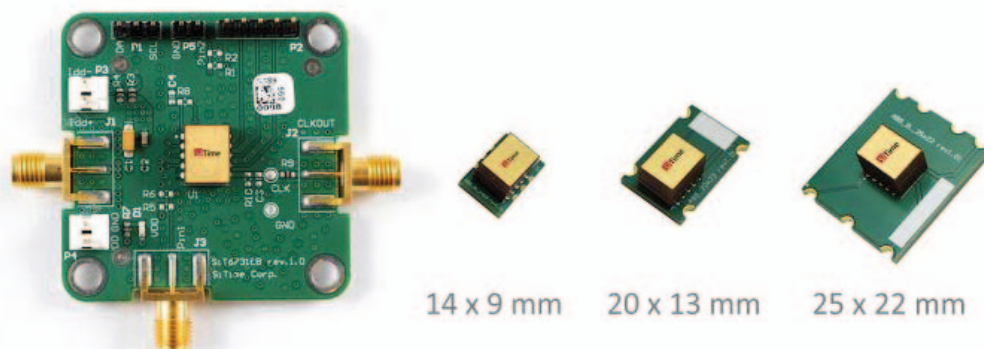
Sinus. Es gibt eine kurzfristige Verfügbarkeit jeglicher Frequenz im Spezifikationsbereich durch werkseitige Programmierung.

Messungen zeigen, dass sich die typischen Werte der Frequenzstabilität der Emerald-OCXOs im Bereich von nur 1ppb bewegen und das für einen Temperaturbereich von  $-40$  bis  $+85$  °C, siehe Bild 4.

Eine I<sup>2</sup>C-Schnittstelle für die systeminterne Programmierbarkeit ist möglich. Diese digitale Steuerungsfunktion, die in Kürze aktiviert wird, beseitigt das Rauschen auf Board-Ebene, das mit herkömmlichen VCOCXOs verbunden ist, die eine analoge Spannungssteuerung verwenden. Dies kann auch das Tiefpassfilter unnötig machen, das erforderlich ist, um den VCOCXO an den SOC anzuschließen.

Die SiTime-Lösung ist energieeffizient mit nur 600 mW. Dies ist etwa die Hälfte dessen, was herkömmliche Stratum-3E-Geräte verbrauchen. Weiterer Vorteil: keine Aktivitätssprünge (Activity Dips) und Micro-Jumps.

Obwohl die MEMS-Bauelemente kleiner sind und noch kleiner gefertigt werden können, bietet SiTime sie auch im größeren Quarz-OCXO-Formfaktor an, sodass Designer sie als Drop-in-Ersatz für eine bestehende Quarzkomponente verwenden können. Diese Möglichkeit bietet einen enormen Freiheitsgrad im Design. Bild 5 zeigt verschiedene Designs. ◀



**Bild 5: Designs (alle Bilder: SiTime)**