

Einfluss von Schock und Vibration bei Oszillatoren:

Souverän unter Extrembedingungen

Taktgeber basieren auf periodischen Bewegungen in Form von Pendel-, Biege-, Torsions- oder Rotations-schwingungen. Werden diese z.B. durch Beschleunigungsmomente gestört, so kann das unerwünschte Rhythmusveränderungen des Resonators zur Folge haben. Mit Hilfe eines neuen Konzeptes entstehen nun hochpräzise, deutlich weniger störanfällige Taktgeber.

Von Christian Dunger

Quarz besitzt in vielen Fällen die unerwünschte Eigenschaft, sich unter Beschleunigung zu verformen und damit auch seine Resonanzeigenschaften zu verändern. Insbesondere für die Hersteller von Oszillatoren stellt dieses Phänomen ein prekäres Problem dar, das sie oftmals an die Machbarkeitsgrenzen bringt. So kann eine periodische Beschleunigung beispielsweise zur Ausbildung von störenden Seitenbändern führen. Selbst eine Nichtlinearität von Material und Halterung kann störende Effekte erzeugen, wobei diese im Vorfeld weder berechenbar noch im Nachhinein zu beseitigen sind. Ebenso können geringste Verschie-

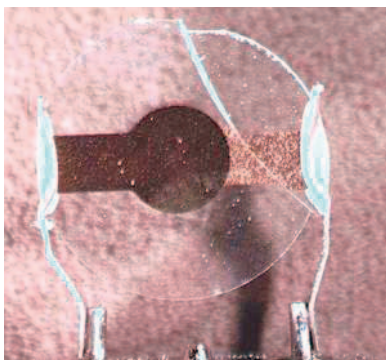


Bild 1. Beispiel für einen zerbrochenen Resonator. (alle Bilder: WDI AG)



(Bild: sgertheinrich – Fotolia)

bungen der Schwingungsfrequenz oder die Überlagerung des Oszillationsspektrums durch Vibrationsrauschen empfindliche Störungen des Signals zur Folge haben. Im Extremfall eines Impulsschlages kann sogar der Resonator zerbrechen (Bild 1).

Im Diagramm (Bild 2) ist das Phasenrauschen im Frequenzbereich eines herkömmlichen 100-MHz-SMD-Quarzoszillators dargestellt. Gegenübergestellt wurde das Rauschen sowohl mit (rote Linie) als auch ohne Vibration (blaue Linie). Der Grundrauschpegel des Messsystems rangiert im Bereich von -175 dBc. Verfolgt man den Verlauf des Oszillators ohne Vibration, so liegt das Phasenrauschen bei -131 dBc bei 100 Hz Offset von der Grundfrequenz. Ganz anders der Verlauf unter Vibration des Bauteils (0,017 g²/Hz von 50 bis 2000 Hz,

5,7 g effektiv): Hier ist ein um fast 40 dB erhöhtes Rauschen (-89 dBc bei 100 Hz Offset) zu beobachten. Das hier abgebildete Rauschen kann zu Fehlern bei der Position der Taktflanke führen und stellt für digitale Datenübertragungssysteme ein signifikantes Problem dar. HF- und Richtfunk-Verbindungen können ebenfalls durch verschobene Taktfrequenzen gestört werden.

Ein typischer Quarzoszillator ist mit einer Vibrationsempfindlichkeit Γ von $1 \times 10^{-9}/g$ ausgewiesen. Bei jedem Bauelement ist das Verhalten der einzelnen Achsen unterschiedlich und kaum vorausberechenbar. Da es sich um ein nichtlineares System handelt, ist eine Summierung zudem auch schwierig. Veranschaulichen lässt sich dies am besten an einem Beispiel: Ein Oszillator, der bei 100 MHz einer Vibration von 5 g

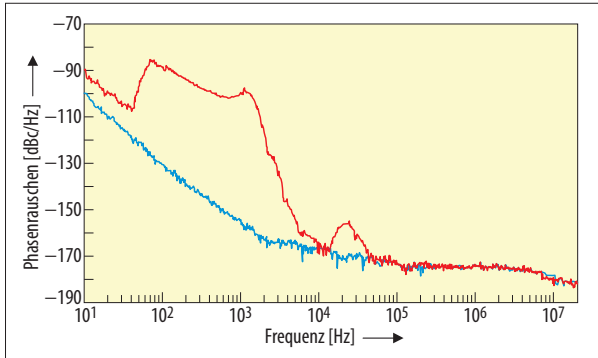


Bild 2. Phasenrauschen im Frequenzbereich eines herkömmlichen 100-MHz-SMD-Quarzoszillators mit (rote Linie) und ohne Vibration (blaue Linie).



Bild 3. Beispiel für ein Richtfunk-Backhaul-System.

als Spitzenwert ausgesetzt wird, verändert seine Frequenz, und zwar entsprechend der Formel $\text{Frequenzdifferenz} = \text{Frequenz} \times \text{Vibrationsempfindlichkeit} \times \text{Vibrationspegel}$. Im konkreten Beispiel ergäbe sich dadurch ein $\Delta F = 100 \times 10^6 \text{ Hz} \times (1 \times 10^{-9}/\text{g}) \times 5 \text{ g} = \pm 0,5 \text{ Hz}$.

Die Nachfrage wächst

Elektronikschaltungen sind bei vielen Anwendungen, die genaue Taktgeber benötigen, extremen Kräften ausgesetzt. Man denke nur an das Schütteln eines Hubschraubers im Geradeausflug. Die präzise Funktion der Elektronikbauteile, die in diesen Applikationen zum Einsatz kommen, wird dabei vor allem durch hohe Beschleunigungskräfte beeinflusst. Ein gängiges Beispiel sind Oszillatoren in der Luft- und Raumfahrt, zumal dort verschiedene Geräte unter anderem für die hochsensible Messung der Motor- und Flugdynamik Anwendung finden.

Auch von den auf Sendemasten montierten Richtfunk-Backhaul-Systemen (Bild 3) wird eine hundertprozentig zuverlässige Synchronisation der Frequenzen und Datenverbindungen

erwartet, die in der Regel auch unter widrigen Witterungsverhältnissen wie Sturm und Regen gewährleistet werden muss. Sogar der ganz normale Arbeitsalltag kann weitreichende Risiken für Taktgeber in sich bergen; so zum Beispiel das Einsetzen oder Entfernen von Ersatzplatinen in Server Racks. Selbst das Abstellen oder Fallenlassen von sensiblen Prüfgeräten kann Signalstörungen zur Folge haben.

Ansatzpunkte und Stand der Technik

Der gradlinigste Weg zur Konzeption hochpräziser Taktgeber mit geringer Störanfälligkeit und hoher Robustheit besteht darin, am Ursprung des Problems – dem Resonator – direkt anzusetzen. Ziel ist es, Resonatoren weniger störanfällig zu konzipieren. MEMS-Oszillatoren befinden sich hier bereits auf einem sehr vielversprechenden Weg: zum einen wegen ihrer geringen Masse, zum anderen aufgrund ihrer g-Werte, die eine sehr hohe Überlebensfähigkeit erwarten lassen. Darüber hinaus sind sie nicht so empfindlich gegenüber Vibration.



Bild 4. Muster eines neuen Resonatoryps der Firma MtronPTI.

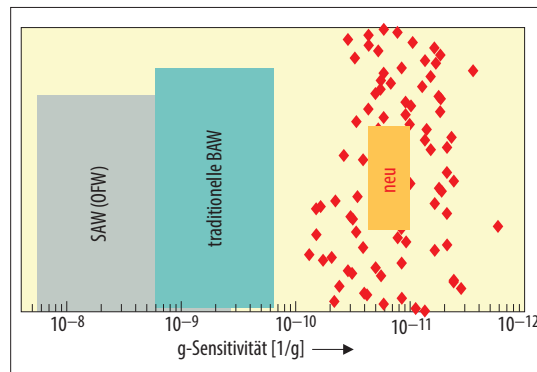


Bild 5. Die g-Sensitivität von SAW- und normalen Resonatoren im Vergleich zu der des neuen Resonatoryps.

Je enger das Testfeld, desto klarer die Wahl.



Präzise Schwingquarze und Oszillatoren von **GEYER**.

Wechseln Sie jetzt auf die spannende Seite der Technik: Ordern Sie Ihr kostenfreies Musterbauteil unter www.geyer-electronic.de

GEYER

GEYER ELECTRONIC
D-82166 Gräfelfing/München
Tel. 089 54 68 68-0



info@geyer-electronic.de
www.geyer-electronic.de

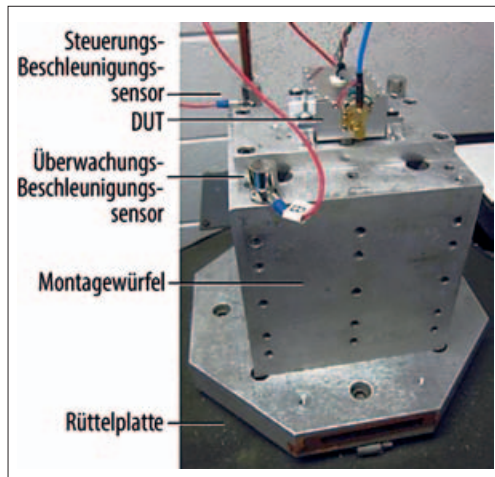


Bild 6. Elektromagnetischer Rütteltisch (Shaker) für die Simulation von Vibrationen.

Nachteile von MEMS-Oszillatoren sind die mangelhafte Frequenzgenauigkeit, der relativ verrauschte Ausgangspegel und die geringe Temperaturstabilität. Durch diese Eigenschaften wird das Anwendungsgebiet von MEMS-Oszillatoren eingeschränkt, nämlich hauptsächlich auf den Konsumbereich.

Für industrielle High-End- sowie militärische Anwendungen, in denen die Unempfindlichkeit gegen Vibration höchste Priorität hat, eignen sich diese Produkte nur bedingt.

Neues Konzept für den Resonator

Seit geraumer Zeit wird beim US-Hersteller MtronPTI an der Entwicklung eines innovativen Resonators (Bild 4) mit sehr geringer g-Sensitivität gearbeitet. Mit diesem kann im Vergleich zu den konventionellen BAW-Resonatoren oder den akustischen Oberflächenwellen-Resonatoren (SAW) deutlich weniger Phasenrauschen unter Vibrationseinwirkung erreicht werden.

Unter Einbeziehung der Daten von etwa 200 Prototypen (Bild 5) konnte gezeigt werden, dass die g-Sensitivität des neuen Ansatzes im Durchschnitt hundertmal besser ist als die der SAW-Resonatoren. Auch kann eine deutlich – ca. zehnfach – verbesserte Sensitivität im Vergleich mit den konventionellen BAW erzielt werden. Erste Ergebnisse mit dem neuen Resonator in einem Oszillator jedenfalls haben zu einer vielversprechenden Reduktion des vibrationsbedingten Rauschens um 20 dB und mehr geführt.

Die Funktionsfähigkeit sicherstellen

Im Zuge der Resonator-Konzeption finden bei MtronPTI die Methode der finiten Elemente und eine parametrische Simulation der Vibration Anwendung. So ist es möglich, Vorhersagen

zum Verhalten des Resonators zu treffen. Zudem werden auch sehr engmaschige Kontrollen bei den Rohstoffen und Fertigungsprozessen durchgeführt, um die hochgenauen Oszillatoren mit geringer g-Sensitivität möglichst genau charakterisieren zu können. Des Weiteren wird eine der drei Messobjekt-Achsen (DUT) mit Hilfe eines großen elektromagnetischen Rütteltisches (Bild 6) periodischen oder pseudozufälligen Vibrationen ausgesetzt.

Das Messobjekt ist hier auf einer Platte montiert, die sich leicht an einer der drei Oberflächen des Montagewürfels befestigen lässt. Der Steuerungs-Beschleunigungsmesser ist Teil eines Systems mit geschlossenem Regelkreis, über das ein genaues Vibrationsprofil zur Anwendung kommt. Unabhängig davon meldet der Überwachungs-Beschleunigungsmesser, welche Kraft tatsächlich auf den Messkopf angewendet wurde. Die Eingangs-/Ausgangskabel müssen sehr flexibel und parallel zu der angewendeten Beschleunigung ausgerichtet sein, damit durch die in ihnen vorhandene Vibration nicht noch zusätzliches Phasenrauschen entsteht. Die Messungen, die den Bildern 2 und 5 zugrunde liegen, wurden mit Hilfe dieses Prüfstandes vorgenommen. go



Christian Dunger

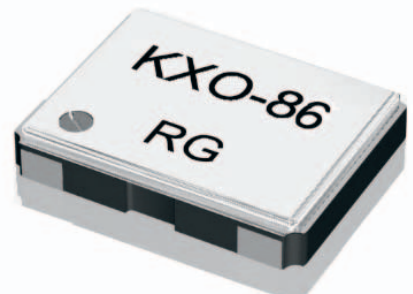
ist nicht nur Vorstandsvorsitzender der WDI AG, sondern betreut als Leiter der Frequency-Controlled-Products-Teams (FCP) das Produktmarketing. cdunger@wdi.ag

TCXO:

Minimale Abmessungen

Mit einer Baugröße von $2,5 \times 2 \text{ mm}^2$ und einer Bauhöhe von 0,7 mm ist der Geyer-SMD-TCXO KXO-86 für anspruchsvolle Anwendungen in den Bereichen Telekommunikation, Funktechnik und GPS-Telemetrie geeignet, bei denen aufgrund von hoher Packungsdichte nur sehr wenig Platz für den Oszillator zur Verfügung steht.

Die Bausteine decken einen Frequenzbereich von 3,250 bis 54 MHz ab und sind für Versorgungen wie 1,8 V, 2,5 V sowie 3,3 V Gleichspannung lieferbar. Spezifiziert



ist er für den Temperaturbereich von -30 bis $+75 \text{ °C}$ und er kann auch als VCTCXO (2,5 und 3,3 V DC) konzipiert werden. Die Ziehempfindlichkeit liegt im Bereich von $\pm 9 \text{ ppm}$ bis $\pm 15 \text{ ppm}$.

Geyer-Electronic
www.geyer-electronic.de

Halbleiter

Komponenten & Geräte

Bauteile

32,768 kHz by Red Frequency



www.schukat.com

SCHUKAT
electronic