

01.12.2016 | OSZILLATOREN – WO GEHT DIE REISE HIN?

Moderne Frequenzquellen

Die Vorteile der MEMS-Oszillatoren basieren auf der kostengünstigen Fertigung durch Silizium-Halbleiter-Verfahren. Silizium Resonatoren sind äußerst klein und erlauben eine starke Miniaturisierung bei extremer Schock- und Vibrationsbeständigkeit. Dies prädestiniert diese Technologie für den Einsatz in Großserien in allen Bereichen der Elektronik. Aber auch Kleinserien können dank der programmierbaren Architektur zu attraktiven Preisen und mit schnellen Lieferzeiten realisiert werden. Die rasante Entwicklung neuer auf MEMS-Technologie basierender Lösungen weist darauf hin, dass MEMS-Oszillatoren den Markt der Zukunft bestimmen werden.

Fachartikel von Axel Gensler

ECKDATEN

Wer seine Oszillatorschaltung nicht selbst aufbauen möchte, greift zu Oszillatoren, die es in verschiedenen Ausführungen von SPXO über TCXO bis hin zu OCXO gibt. Auf der Electronica wurden weitere Neuheiten vorgestellt. Axel Gensler von Endrich Bauelemente GmbH beschreibt die neuesten Trends.

Geschätzte sechs Milliarden US-Dollar (Quelle: Si-Time) beträgt der weltweite Markt für Timing-Bauelemente bei einer jährlichen Wachstumsrate von zirka 5 %. Auf Quarze und Oszillatoren entfallen dabei etwa 3,5 Milliarden US-Dollar, davon wiederum ungefähr 1/3 auf Oszillatoren. Gegenüber Quarzen haben diese den Vorteil, dass sie bereits alle Bauelemente zur Erzeugung der Frequenz integrieren. Die herstellereitige Optimierung der Oszillatorschaltung bringt zudem eine höhere Genauigkeit in die Kundenapplikation und vermindert so den Entwicklungsaufwand. Außerdem lassen sich in äußerst kleinen Gehäusen bereits niedrige Frequenzen fertigen. Ist ein handelsüblicher Quarz im 2,5 mm × 2,0 mm großen SMD-Gehäuse erst ab Frequenzen von größer oder gleich 16 MHz realisierbar, werden Oszillatoren in dieser Bauform bereits ab 32 kHz angeboten, im Falle von MEMS-Oszillatoren gar bis zu 1 Hz. Weiterhin reduzieren neue Fertigungsverfahren die Herstellungskosten, was den Preisunterschied zwischen Oszillator und

Quarz, bei dem die externe Beschaltung noch erfolgen muss, zunehmend minimiert. Besonders interessante Möglichkeiten ergeben sich durch die MEMS-Technologie, die bereits in einer Vielzahl von Applikationen die quarzbasierenden Oszillatoren ersetzt. Daher liegt auch die jährliche Wachstumsrate im MEMS-Bereich bei beeindruckenden 65 %.

DIL8/DIL14 haben ausgedient und wurden durch SMD-Bauformen ersetzt, insbesondere in der drahtlosen Datenkommunikation, in mobilen Geräten und IoT-Applikationen, die alle nach einer Miniaturisierung bei niedriger Frequenz und hohen Stückzahlen verlangen. SMD-Oszillatoren werden in allen gängigen Bauformen vom 7 mm × 5 mm bis zum 2 × 1,6 mm Gehäuse gefertigt.

MEMS-Oszillatoren, die neben den Standardbauformen auch in Gehäusen wie SOT23, SOIC8 oder in superkleinen CSP gefertigt werden, bieten hierzu die beste Lösung.

Oszillatoren für die Entwicklung

Um in der Entwicklungsphase kurzfristig an Prototypen zu gelangen, sind programmierbare Oszillatoren eine Option. Mit entsprechenden Programmierkits für die R&D-Abteilungen lassen sich programmierbare Oszillatorrohlinge in Sekundenschnelle applikationsspezifisch gestalten. Hier spielen insbesondere die MEMS-Oszillatoren ihre enorme Vielfalt aus, denn diese Bauelemente lassen sich hinsichtlich Frequenz, Toleranz, Temperaturbereich und Versorgungsspannung programmieren. Zudem generiert die Software die korrespondierende Bauteilbezeichnung, um nach der Entwicklungsphase problemlos mit dem richtigen Bauteil in die Serie wechseln zu können.

Das Grundprinzip beim Quarz-Oszillator liegt im piezoelektrischen Effekt: Wird ein elektrischer Impuls über die aufgedampften Elektroden an das Quarzplättchen (Siliciumdioxid, SiO_2) gelegt, verformt sich die Kristallgitterstruktur. Dies wiederum hat eine Ladungsverschiebung zur Folge, die ihrerseits ein elektrisches Signal (Spannung) bewirkt. Verstärkt durch einen Inverter (Rückkopplung) fängt der Quarz unter bestimmten Bedingungen an, auf seiner Resonanzfrequenz zu schwingen. Die Frequenz wird dabei maßgeblich durch Größe, Dicke und Form des Quarzkristallblättchens, auch Blank genannt, sowie den Materialkonstanten bestimmt. Dabei steigen Größe und Dicke des Quarzes mit sinkender Frequenz, beziehungsweise in hohen Frequenzen wird der Quarz sehr klein und damit empfindlich.

Problematisch sind beim Quarz die Frequenzverschiebung durch den Lötvorgang, die bis zu 5 ppm betragen kann, sowie die mechanische Befestigung der Quarzscheibe im Gehäuse, die ihn empfindlich für Erschütterungen macht. Außerdem bereiten Reinigungsverfahren wie Ultraschallbad oder Lötverfahren, zum Beispiel das Dampfphasenlöten, den Quarzprodukten Probleme.

Bei MEMS-Lösungen ist der Resonator eine mechanische Struktur, die im speziellen Halbleiterprozess auf einem Silizium-Wafer hergestellt wird. Die Seitenwände der MEMS-Resonatorstruktur bilden eine Kapazität gegenüber den äußeren feststehenden Elektroden. Durch ein elektrisches Feld wird die nur 250 μm große Resonatorstruktur zum Schwingen angeregt. Die ebenfalls im Halbleiterprozess hergestellte elektronische Oszillatorschaltung im CMOS-IC misst die Kapazitätsänderung und versetzt den MEMS-Resonator in Schwingung. Entscheidend für



visuLexX* / pixelio.de
(Bild: Pixelio)

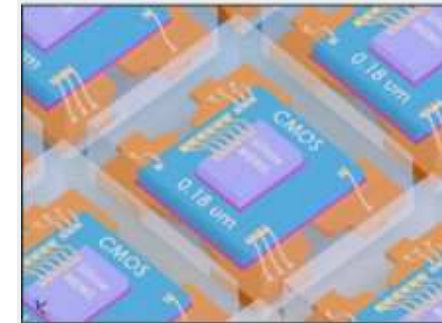


Aufbau eines Quarz-Oszillators.
(Bild: Endrich Bauelemente)

den Erfolg ist sicherlich auch, dass sowohl das Design des Resonators als auch das des Mixed-Signal-CMOS-ICs (PLL) bei den MEMS-Oszillatoren durch eine Entwicklungsabteilung erfolgt und damit optimal aufeinander abgestimmt sind.

MEMS-Oszillatoren sind prädestiniert für raue Umgebungen

MEMS lassen sich wie ICs auf Wafer fertigen. IC-Hersteller müssten ihre Fertigungslinien nur etwas modifizieren, um die Bauteile in großen Stückzahlen produzieren zu können. Dies bringt neben attraktiven Bauteilpreisen auch bisher nicht gekannte Zusatzfeatures. MEMS-Oszillatoren sind daher nicht nur eine echte Alternative zu herkömmlichen Oszillatoren und sogar zu Quarzen, sondern bereits heute großflächig im Einsatz. Die Anbieter offerieren Programmiergeräte und entsprechende MEMS-„Rohlinge“, sodass der Anwender in der Designphase binnen Minuten Oszillatoren hinsichtlich Frequenz, Spannungsversorgung, Toleranz und so weiter selbst programmieren kann. MEMS-Oszillatoren enthalten als Kern einen Silizium-basierenden MEMS-Resonator kleinster Abmessungen (Masse 1000 ~ 3000 weniger als ein Quarzblank) und überzeugen daher mit einer überragenden Schock- und Vibrationsfestigkeit. Dies prädestiniert sie für den Einsatz in „rauen“ Umgebungen, bei denen die Applikation Schock, Vibration und schnellen Temperaturschwankungen unterzogen ist.



Aufbau eines MEMS-Oszillators.
(Bild: Si-Time)

µPower-Oszillator

Auf der diesjährigen Electronica wurden Innovationen aus dem Bereich µPower-MEMS-Oszillatoren mit Ausgangsfrequenzen zwischen 1 und 26 MHz gezeigt, die zum Beispiel für den Wearable-, den IoT- oder Mobilmarkt interessant sind. Si-T8021, eine neue Lösung von Si-Time, nimmt 90 % weniger Leistung auf, ist um 40 % kleiner und wiegt 70 % weniger als herkömmliche Quarz-Oszillatoren. Mit einer Stromaufnahme von 60 µA (f = 3072 MHz, No load) liegt er um 90 % unter den quarzbasierenden Produkten und all das in einem äußerst kleinen CSP-Gehäuse (1,5 × 0,8 mm²). Er bietet damit eine Größensparnis um 40 %, die Höhe von 0,55 mm ist um 45 % geringer, beim Gewicht beträgt die Ersparnis sogar 70 % (Masse: 1,28 mg).

32,768 kHz Präzisions-TCXO

Der Super TCXOs (Si-T156x / 7x) im CSP-Gehäuse (1,5 mm × 0,8 mm) bietet mit ±5 ppm eine der exaktesten Timing-Lösungen auf dem Markt, die durch ihre Präzision deutlich längere Akkulaufzeit ermöglichen. Die ultrakleinen Silizium-MEMS-Super TCXOs eignen sich besonders für den Einsatz in SIP (*System in Package*)-Modulen und umfassen eine innovative In-System-Auto-Kalibrierungsfunktion. Diese erlaubt die nachträgliche Kalibrierung von Ungenauigkeiten nach der Systemmontage zum

Beispiel nach dem Löten oder Verguss der Applikation. Zusätzlich zu 32 kHz Super-TCXOs entwickelt Si-Time Oszillatoren mit optional werkseitig programmierbaren Frequenzen von 1 Hz bis 1 MHz für Low-Power-RF- und Wireless-charging-Applikationen

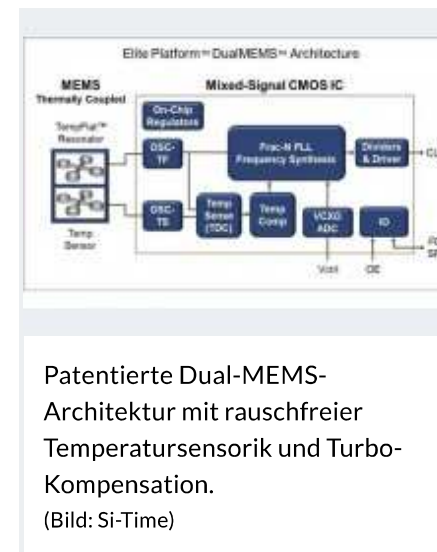
Eine besondere Innovation stellten auf der Electronica hochpräzise, temperaturkompensierte und spannungsgesteuerte MEMS-Oszillatoren mit der Bezeichnung Si-Time Elite dar. Diese Präzisionsoszillatoren setzen neue Maßstäbe hinsichtlich Stabilität, Störfestigkeit und Zuverlässigkeit für industrielle Applikationen wie zum Beispiel SyncE (Synchronous Ethernet) und Zeitsynchronisation. Sehr gut geeignet sind sie aber auch für Anwendungen in der Messtechnik, der IoT-Infrastruktur, für Cloud-Server oder IEEE-1588-Netzwerke

Die patentierte Dual-MEMS-Technologie, eine rauschfreie Temperatursensorik sowie eine äußerst schnelle Kompensationsarchitektur sorgen für eine sehr hohe Stabilität des Taktes selbst bei extremen Umweltbedingungen wie Luftströmung, Temperatur-Änderungen, Vibration, Schock oder elektromagnetische Störungen (EMI).

Drei Schlüsselemente bestimmen die Elite-Plattform:

- Das stabile, verlässliche und bewährte Temp-Flat-MEMS-Verfahren, das Aktivitätsdips eliminiert und eine 30 × bessere Vibrationsfestigkeit ermöglicht als Quarz-Oszillator-Lösungen.
- Die Dual-MEMS-Temperaturmessung mit 100 % thermischer Kopplung, die eine 40 × schnellere Temperaturmessung erlaubt und eine hohe Performance bietet, um auf schnelle Temperaturänderungen zum Beispiel durch Luftströme in kürzester Zeit reagieren zu können.
- Hoch integrierte Mixed-Signal-Schaltungen mit On-Chip-Regler, ein Temperatur-Digital-Wandler (TDC) und eine rauscharme PLL, die 5-fach bessere Immunität gegen Stromversorgungsrauschen garantiert. Außerdem eine 30 uK Temperatureauflösung (10 × besser als Quarz), die jede Frequenz zwischen 1 und 700 MHz bei gleichzeitig geringem Jitter von nur 0,23 ps Jitter unterstützt.

Das Temperaturerfassungssystem besteht aus zwei MEMS-Resonatoren auf demselben Chip – eine einzigartige Konstruktion, die nur mit Halbleitern und nicht mit Quarz machbar ist. Einer der Resonatoren ist auf eine flache Frequenzcharakteristik über der Temperatur ausgelegt; der zweite MEMS-Resonator ist empfindlich gegenüber Temperaturänderungen und wirkt als sensibler Temperatursensor. Das Verhältnis der Frequenzen zwischen diesen beiden Resonatoren liefert eine genaue Messung der Resonator-Temperatur mit 30 µK Auflösung. Temperaturgradienten zwischen dem Resonator und dem Temperatursensor eliminiert das Dual-MEMS-Design. Es gibt keine Verzögerung zwischen den beiden, da beide Resonatoren physikalisch auf dem Substrat des gleichen Chips angeordnet sind und daher eine zu 100 % thermische Kopplung aufweisen.



Anmerkung: Die Quarz-TCXO-Leistungsfähigkeit wird durch die Verwendung eines diskreten Temperatursensors grundsätzlich behindert. Dieser befindet sich in der Regel in dem Oszillator-IC, in einigem Abstand zum Resonator. Der Quarzkristall wird im keramischen Gehäuse auf „pads“ montiert und mit dem im Oszillator-IC elektrisch verbunden. Eine Trennung zwischen dem Resonator und dem Oszillator-IC muss beibehalten werden, denn nur so kann der Kristall frei schwingen. Der Mangel an thermischer Kopplung zwischen dem Quarz-Resonator und einem separaten Temperatursensor macht es unmöglich, eine schnellere Temperaturkompensation zu designen, ohne Stabilitätsprobleme zu verursachen. Folglich ist der TCXO auf Quarzbasis zu langsam, um schnell Änderung zu verfolgen und generiert damit größere Frequenzabweichungen, wenn er Temperaturänderungen oder einem Luftstrom unterworfen ist.

(ah)

ÜBER DEN AUTOR

Axel Gensler

Produktmanager RF Components, Quarz Crystal, Oscillators, Wireless Systems bei der Endrich Bauelemente GmbH

● WEITERE INFOS

Endrich Bauelemente Vertriebs GmbH

Hauptstraße 56

72202 Nagold

Deutschland

[Zum Firmenprofil >](#)
