

20.03.2018 | VIELE GRÜNDE FÜR DEN OSZILLATOR

MEMS-Oszillator oder Quarzresonator?

Fast jedes elektronische System benötigt einen Taktgeber. Quarz (XTAL)-Resonatoren sind dafür häufig die beste Lösung. Allerdings bieten Oszillatoren, die einen Resonator mit einem Oszillator-IC zu einem kompletten integrierten Taktgeber kombinieren, im Vergleich zu Quarzen mehrere Vorteile. Diese Vorteile werden durch die MEMS-Timing-Technologie weiter ausgebaut.

Fachartikel von Axel Gensler

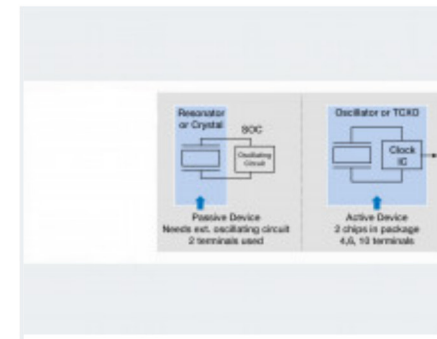
ECK-DATEN

Systemdesigner müssen nicht länger mit den Einschränkungen von Quarzen arbeiten und können die Risiken beim Entwurf mit Quarzen umgehen. Die MEMS-Oszillatoren von Sitime überwinden deren Einschränkungen und bieten viele Vorteile gegenüber herkömmlichen Quarz-Resonatoren/Oszillatoren. Plug-and-Play-Oszillatoren vereinfachen das Systemdesign.

Oberflächlich betrachtet könnte das Design von Oszillatoren mit Quarzkristallen einfach erscheinen, besonders wenn man deren ausgereifte Technologie bedenkt. Aber es gibt eine Vielzahl von Entwurfparametern, die es zu berücksichtigen gilt, wenn ein Quarz an eine Oszillatorschaltung angepasst wird. Dazu zählen die Schwingungsimpedanz (ESR Equivalent Series Resistance), der Resonanzmodus, die Ansteuerleistung und der negative Oszillatorwiderstand, der ein Maß für die Oszillatorverstärkung ist. Zusätzlich müssen die Lastkapazität für Parallelresonanz berücksichtigt und ein Auge auf die parasitären Kapazitäten durch Leiterkarte, Anschlussleitungen sowie des angesteuerten ICs geworfen werden. All diese Faktoren haben Einfluss auf die Oszillatorschaltung, deren Einschwingverhalten und exakte Mittenfrequenz. Da eine Oszillatorschaltung eine enge Anpassung des Resonators an die Oszillatorschaltung erfordert, können die Quarzhersteller den sicheren Start (Anlauf) des Quarzes nicht garantieren. Im Gegensatz dazu bieten Oszillatoren eine vollständig integrierte Lösung. Der Oszillatorhersteller passt den Quarzresonator an die Oszillatorschaltung an und erspart somit dem Entwickler diese

Tüftelei. Da die Abgleichfehler eliminiert werden, wird der Start des Oszillators durch den Hersteller Sitime (Eigenschreibweise SiTime) garantiert. Kurzum, Oszillatoren sind eine Plug-and-Play-Lösung, die das Systemdesign stark vereinfacht.

Die Oszillatorschaltung muss eine ausreichende Verstärkung und Phasenverschiebung aufweisen, um das Barkhausen-Kriterium für die Oszillation zu erfüllen. Von besonderer Wichtigkeit sind die Schwingimpedanz (ESR) des Kristalls und der negative Widerstand (äquivalent zur Verstärkung) des Oszillators. Wenn der Oszillator eine ungenügende Verstärkung aufweist, um die Schwingimpedanz des Quarzresonators zu überwinden, kann die Schaltung nicht anlaufen. Diese Probleme werden durch die Verwendung von Oszillatoren beseitigt. Quarzkristalle werden meist im parallelen Resonanzmodus betrieben und benötigen daher spezifische Lastkapazität. Kommt es



hier zu großen Toleranzen oder wird eine falsche Kapazität verwendet, kann der Frequenzfehler leicht die Spezifikationen des Datenblatts überschreiten. Zudem müssen die Kapazitäten des IC-Eingangs, parasitäre Kapazität der Anschluss-Leiterbahnen des PCBs oder Bonddrähten berücksichtigt werden, um die benötigte Frequenzgenauigkeit sicherzustellen.

Im Gegensatz dazu integrieren MEMS-Oszillatoren den Resonator und den Oszillator/PLL-IC in einem Gehäuse, wodurch die Notwendigkeit eines externen Kondensators zum Abstimmen der Resonanzfrequenz entfällt. Schließlich muss darauf geachtet werden, dass die Oszillatorschaltung den Quarzresonator nicht übersteuert. Ein Übersteuern des Resonators kann zu einer beschleunigten Alterung des Quarzresonators führen oder bei extremen Pegeln den Quarzkristall sogar beschädigen. Im Gegensatz dazu unterliegen MEMS-Resonatoren keiner Alterung.

Bild 1: Sitime-Oszillatoren umfassen einen MEMS-Resonator und einen Oszillator-IC, die Kombination ergibt ein aktives Bauelement.

(Bild: Sitime/Endrich)

MEMS-Oszillatoren bieten bessere Qualität und Zuverlässigkeit

Qualität und Zuverlässigkeit sind von entscheidender Bedeutung: Nacharbeiten oder gar Rückrufaktionen sind kostspielig und zeitaufwendig, und letztlich kann sogar der Ruf eines Unternehmens auf dem Spiel stehen. Darüber hinaus müssen Systeme, die im Freien eingesetzt werden und speziellen Umweltbelastungen ausgesetzt sind, besonders robust sein. Bei Quarzresonatoren handelt es sich zwar um eine ausgereifte Technologie, doch der Herstellungsprozess ist recht komplex, damit jeder einzelne Resonator auf die gewünschte Frequenz abgestimmt ist. Dies geschieht üblicherweise durch Abtragen der Metallelektrode mit einem Ionenstrahl, und dieser Schritt findet statt, bevor der Quarzblank eingekapselt wird. Er bewirkt, dass der Resonator anfällig für Verunreinigungen ist und führt zusammen mit anderen Quarz-Herstellungs-Komplexitäten dazu, dass die mittlere Zeit zwischen Ausfällen (MTBF) von Quarz nur bei 14 bis 38 Millionen Stunden liegt. Die defekten Teile pro Million (DPPM) betragen bis zu 50 für die besten Quarzhersteller und bis zu 150 für Quarzlieferanten minderer Qualität.

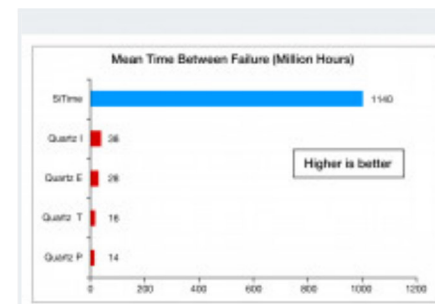


Bild 2: MTBF-Werte von Sitime-Oszillatoren im Vergleich zu Wettbewerbsprodukten.

(Bild: Sitime/Endrich)

Im Gegensatz zu den spezialisierten Herstellungsprozessen von Quarzkristallen verwenden die Sitime MEMS-Oszillatoren Standard-Halbleiter-Prozesse beziehungsweise -Techniken. Dies beinhaltet die Herstellung von Resonatoren und Oszillator-ICs auf Wafer-Ebene sowie das Bonden an Standard-Leadframes und dem finalen Kunststoffverguss. Sitime-MEMS-Resonatorchips bestehen aus einer einzigen mechanischen Struktur aus reinem Silizium. Während der Herstellung von Sitime MEMS wird ein Epi-Seal-Verfahren verwendet, um den Resonator zu reinigen, wonach

Polysilizium abgeschieden wird, um die Struktur abzudichten. Diese ultra-saubere hermetische Vakuumdichtung stellt sicher, dass die Resonatorstruktur geschützt und frei von Verunreinigungen ist. So können Alterungsprozesse eliminiert werden. Infolgedessen sind

die DPPM- und MTBF-Werte von Sitime-Oszillatoren etwa 30-mal besser als von Quarz (Bilder 2 und 3). Diese sehr zuverlässige Technologieplattform hält starken Umweltbelastungen stand und liefert dem Endanwender ein qualitativ hochwertiges Produkt.

Bis zu 65 Prozent weniger Bestückungsfläche

Oszillatoren sind eine vollständig integrierte Lösung und benötigen keine externen Komponenten wie zum Beispiel Entkopplungskondensatoren für die Stromversorgung oder Lastkapazitäten zum Frequenzabgleich (Bild 4). Mit nur 1,5 mm × 0,8 mm (1508) ist der kHz-Oszillator von Sitime kleiner als der kleinste Quarzkristall (1,6 mm × 1,2 mm).

Oszillatoren können mehrere Lasten treiben

Ein Oszillator ist eine aktive Schaltung mit einem Ausgangstreiber, der gewöhnlich zwei bis drei Verbraucher/Lasten, abhängig von der Last, treiben kann. Dies ermöglicht es dem Oszillator, mehrere Quarze und ihre zugehörigen externen Beschaltungen zu ersetzen, was die Stückliste, die Systemkosten und die Leiterplattenfläche weiter reduziert.

MEMS-Oszillatoren weniger empfindlich gegenüber EMI

Elektromagnetische Energie, die in den meisten Systemen vorkommt, kann durch frei liegende PCB-Leiterbahnen aufgefangen werden, die den Quarzresonator mit dem IC verbinden. Dieses Rauschen kann in die Oszillatorschaltung eingekoppelt und an den Ausgang weitergeleitet werden, wodurch dem System Jitter und Rauschen hinzugefügt werden. Integrierte Oszillatoren haben dagegen keine freiliegenden PCB-Verbindungen zwischen dem Resonator und dem Oszillator-IC, und die Bonddrähte oder Ball Grid, die den MEMS-Resonator mit dem IC verbinden, sind extrem kurz. Dies macht MEMS-Oszillatoren viel unempfindlicher gegenüber EMI, wie Bild 6 zeigt. Dieser Test wurde gemäß IEC 62132-2-Standard durchgeführt, der elektromagnetische Energie in eine transversale elektromagnetische Zelle (TEM-Zelle) injiziert, in der das zu testende Gerät (DUT) montiert ist.

MEMS-Oszillatoren weniger vibrationsanfällig

Die Vibrationsfestigkeit ist wichtig, insbesondere bei elektronischen Systemen, die im Freien eingesetzt werden. Wind, schwere

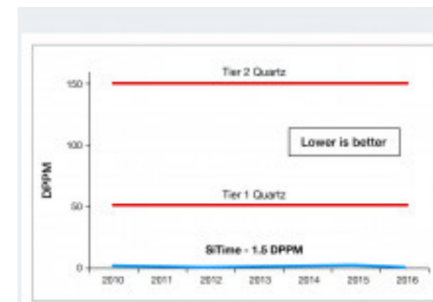


Bild 3: DPPM-Werte (defekter Teile pro Million) von Sitime-Oszillatoren im Vergleich zu Wettbewerbsprodukten. (Bild: Sitime/Endrich)

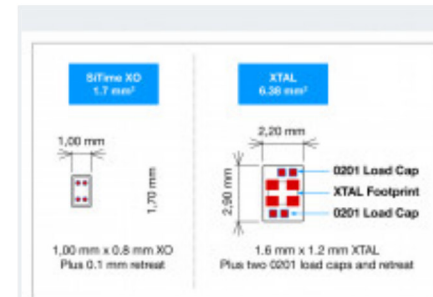


Bild 4: Unter Berücksichtigung von Lastkondensatoren, die für den 32-kHz-Quarz benötigt werden, ist die Platinenfläche, die eine Quarzlösung benötigt, mehr als dreimal so groß. (Bild: Sitime/Endrich)

Fahrzeuge und Züge sind nur einige Beispiele für die vielen externen Schwingungsquellen. Darüber hinaus verwenden Systeme oft Kühlventilatoren, die

Vibrationen verursachen. Diese Schwingungen können eine Frequenzverschiebung und ein Rauschen auf dem Quarzresonator hervorrufen. Bei Systemen, die eine sehr stabile Frequenz benötigen, wie zum Beispiel drahtlose Basisstationen und kleine Zellen, können Vibrationen zu Betriebsunterbrechungen oder kompletten Systemausfällen führen.

MEMS-Oszillatoren sind vibrationsbeständig, weil die Masse eines MEMS-Resonators ungefähr 1000- bis 3000-mal niedriger ist als die Masse eines Quarzresonators. Dies bedeutet, dass bei einer gegebene Beschleunigung, wie zum Beispiel durch Schock oder Vibration, bei einer MEMS-Struktur zu einer viel geringeren Kraft als bei ihrem Quarzäquivalent führt und daher eine viel niedrigere Frequenzverschiebung hervorgerufen wird. Bild 7 zeigt, dass Sitime-MEMS-Oszillatoren im Vergleich zu Quarzoszillatoren mehr als zehnmals niedriger (besser) in der Schwingungsempfindlichkeit sind. Zwar basiert diese Zahl auf Messungen von Quarzoszillatoren gegenüber passiven Quarzresonatoren, aber vergleichbare Ergebnisse sind bei Quarzkristallresonatoren erwartbar.

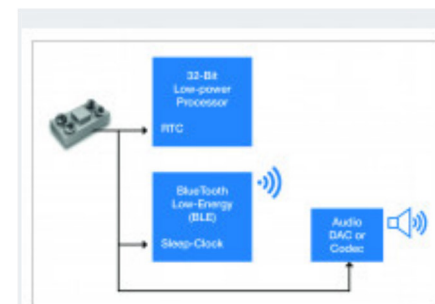


Bild 5: Oszillatoren reduzieren Kosten, Stücklisten und Platz auf der Leiterplatte, da sie mehrere Lasten treiben können.
(Bild: Sitime/Endrich)

MEMS-Oszillatoren sind in jeder Frequenz verfügbar

Die Versorgungsinfrastruktur für Quarz unterliegt mehreren Einschränkungen, die zu langen Vorlauf- beziehungsweise Lieferzeiten in einer Größenordnung von 10 bis 16 Wochen oder sogar länger führen können. Eine dieser Einschränkungen ist die begrenzte Anzahl von Keramikgehäuselieferanten, eine weitere die begrenzte Verfügbarkeit von Frequenzoptionen. Bei Quarzprodukten benötigt jede Frequenz, sofern kein programmierbarer Phasenregelkreis (PLL) verwendet wird, einen anderen Kristallschnitt beziehungsweise -schliff. Daher können die Vorlaufzeiten für Nicht-Standardfrequenzen sehr lang sein. Im Gegensatz zu Quarzresonatoren basieren MEMS-Resonatoren auf einer Standardresonatorkonfiguration (Bild 8). Die Ausgangsfrequenz von MEMS-Oszillatoren wird erzeugt, indem die PLL auf unterschiedliche Multiplikationswerte programmiert wird. Dies ermöglicht einen sehr breiten Frequenzbereich mit einer Genauigkeit von sechs Stellen nach dem Komma. Darüber hinaus werden Silizium-MEMS-Oszillatoren unter Verwendung von Standard-Halbleiterprozessen und -verpackungen hergestellt. Da MEMS-Oszillator-Anbieter, die sehr große Infrastrukturen der Halbleiterindustrie nutzen, ist die Kapazität praktisch unbegrenzt.

MEMS-Oszillator-Muster können auch für Nicht-Standard-Frequenzen innerhalb eines Tages programmiert und geliefert werden. Durch den Einsatz des preiswerten Sitime Time-Machine-II-Programmiers sind die Oszillatoren sofort vor Ort programmierbar. So erhalten Entwickler umgehend Oszillatoren in der gewünschten Frequenz, in jeder Versorgungsspannung und

jeder Stabilität. Lieferzeiten für Serienstückzahlen von MEMS-Oszillatoren liegen für jede Frequenz bei nur sechs bis acht Wochen.

Eine Qualifikation für eine ganze Produktfamilie

Die Qualifizierung von Bauelementen für eine Applikation können viel Zeit und Ressourcen verbrauchen. Der Qualifikationsaufwand kann jedoch mit MEMS-Oszillatoren reduziert werden. Sitime-Produkte basieren auf einer programmierbaren Plattform, mit der jedes Bauelement innerhalb einer Produktfamilie einen breiten Bereich von Frequenzen, Versorgungsspannungen und Stabilitäten erzeugen kann. Wenn zum Beispiel Ressourcen in die Qualifizierung eines Sitime-Bauelements bei einer bestimmten Ausgangsfrequenz investiert wurden und anschließend ein neues Leiterplattendesign eine andere Frequenz erfordert, können die vorhandenen Qualifikationsdaten auf einen Teil mit einer neuen Frequenz erweitert werden.

Im Gegensatz dazu benötigt jede Quarz-Frequenz einen anderen Quarzrohling. Sollte ein Entwurf Frequenzen über 60 MHz erfordern, werden häufig Oberton-Quarze anstelle von Grundton-Quarzen verwendet (Bild 9). Dieser Oberton-Modus kann zusätzliche Herausforderungen mit sich bringen, um einen zuverlässigen Start der Oszillatorschaltung sicherzustellen (das heißt eine höhere Impedanz und eine andere Oszillatorschaltung als die für den Grundton-Quarz ist erforderlich), ergo ist eine neue Qualifikation vonnöten.

Zusammenfassung

Trotz inhärenter Beschränkungen sind Quarze seit mehreren Jahrzehnten der Standard in der elektronischen Zeitmessung und Taktgenerierung. Die MEMS-Oszillatoren von Sitime überwinden deren Einschränkungen und bieten viele Vorteile gegenüber herkömmlichen Quarz-Resonatoren/Oszillatoren. Die wichtigsten acht Gründe für den Ersatz von XTALs durch MEMS-Oszillatoren sind:

1. Oszillatoren sind plug-and-play – viel einfacher zu entwerfen, garantierter Start.
2. 30-mal bessere Qualität und Zuverlässigkeit – senkt die Kosten, erhöht die Robustheit.
3. Kleineres Gehäuse und keine/weniger Kapazitäten und Widerstände – reduziert PCB-Größe, reduziert Kosten, Stückliste.
4. Treibt mehrere Lasten, ersetzt zwei bis drei Quarze – reduziert Kosten, Stückliste und

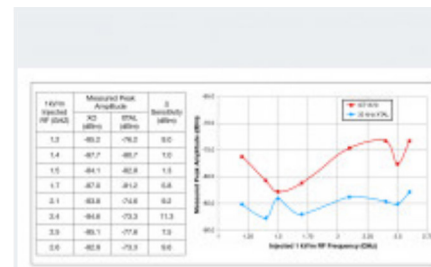


Bild 6: Sitime-Oszillatoren sind bis zu 11,3 dBm weniger empfindlich gegenüber EMI (134-mal auf einer linearen Skala) als Quarzresonatoren. (Bild: Sitime/Endrich)

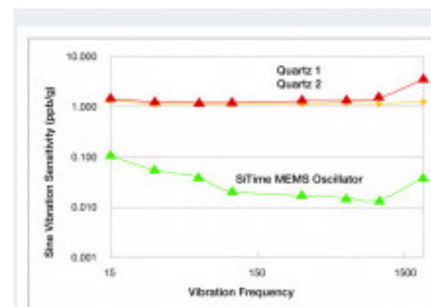


Bild 7: MEMS-Oszillatoren sind weniger vibrationsanfällig. (Bild: Sitime/Endrich)

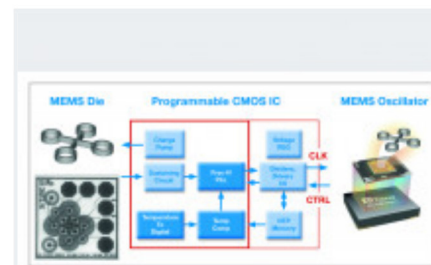


Bild 8: MEMS-Oszillatoren sind in

Leiterplattenfläche.

5. Bis zu 134-mal geringere Empfindlichkeit gegenüber elektromagnetischer Energie – robuster.

6. Zehnmal geringere Vibrationsempfindlichkeit – robuster.

7. Verfügbar in jeder Frequenz – sehr kurze Vorlaufzeiten, Flexibilität im Design, schnelles Testen von Grenzbereichen.

8. Ein MEMS-Produkt deckt einen großen Frequenzbereich ab – reduzierter Qualifikationsaufwand.

(jj)

jeder Frequenz verfügbar.

(Bild: Sitime/Endrich)

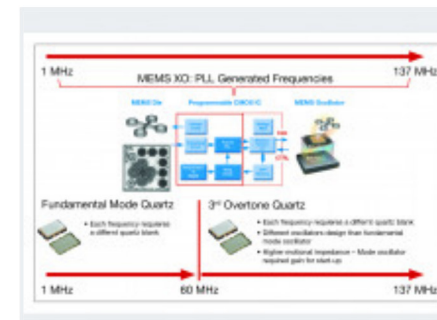


Bild 9: Werden Frequenzen über 60 MHz gefordert, werden häufig Oberton-Quarze anstelle von Grundton-Quarzen verwendet, was eine neue Qualifikation notwendig macht.

(Bild: Sitime/Endrich)

ÜBER DEN AUTOR

Axel Gensler

Senior Product Manager bei Endrich Bauelemente

● WEITERE INFOS

Endrich Bauelemente Vertriebs GmbH

Hauptstraße 56

72202 Nagold

Deutschland

Zum Firmenprofil >
