

# ELEKTRONIK PRAXIS

www.elektronikpraxis.de

Wissen.  
Impulse.  
Kontakte.

10

B19126

19. Mai 2016  
€ 12,00



## Tausch von Ladespulen für das drahtlose Laden

Sende- und Empfangsspulen sind Schlüsselkomponenten induktiver Ladesysteme, bei deren Austausch einiges zu beachten ist.

### Röntgen erhöht Prozesssicherheit

Mit dem Einsatz der 3D-Röntgeninspektion lässt sich die Prozesssicherheit deutlich erhöhen. **Seite 38**

### Leistungsintegrität in PCB-Designs

Die PI-Analyse gibt schnell einen genauen Einblick in das Stromversorgungsnetz einer Platine. **Seite 42**

### Silizium-MEMS als Zeitreferenz

MEMS-Oszillatoren lösen immer mehr Quarzoszillatoren ab – und das hat gute Gründe. **Seite 62**

**NEU!**  
Erweitertes  
EDA-Tool-Angebot  
zur Beschleunigung  
Ihres Designprozesses  
[DIGIKEY.DE/DESIGNTOOLS](http://DIGIKEY.DE/DESIGNTOOLS)

**Digi-Key**  
ELECTRONICS

# Warum Sie Silizium-MEMS als Zeitreferenz nutzen sollten

*Lange gaben Quarzoszillatoren in elektronischen Systemen den Takt vor. Diese werden aber mehr und mehr von MEMS-Oszillatoren verdrängt – und das hat gute Gründe.*

AXEL GENSLER, DR. AARON PARTRIDGE\*

Bilder: Endrich

Quarzkristalle für Taktgeber werden von Unternehmen hergestellt, die auf die Produktion der Kristalle und deren Bearbeitung spezialisiert sind, was sicherstellt, dass die Kristalle mit der richtigen Frequenz und temperaturstabil arbeiten. Quarzhersteller können heute aber in Bezug auf Leistungsverbesserung und Funktionsmöglichkeiten nicht mehr mit der Halbleiterindustrie Schritt halten. Die Entwicklung von Silizium MEMS (mikroelektromechanische Systeme) hat die Tür für radikale Verbesserungen der einst biederen Timing-Industrie geöffnet. MEMS-Timing-Lösungen ersetzen aufgrund der vielen Vorteile zunehmend die Quarzprodukte. Die wichtigsten sechs Vorteile, die sich durch die Verwendung von MEMS Timing-Lösungen ergeben, sind:

- Höhere Leistungsfähigkeit,
- bessere Funktionalität,
- höhere Zuverlässigkeit,
- bessere Verfügbarkeit,
- günstigere Preise,
- SoC-Integration.

## MEMS-Oszillatoren sind leistungsfähiger

Die Genauigkeit von Quarzoszillatoren, ist in der Regel auf ca.  $\pm 20$  ppm beschränkt. Zudem erstreckt sich der Frequenzbereich speziell in kleinen Gehäusen auf einen Bereich von 10 bis 60 MHz. Der Jitter liegt typischerweise im Bereich von 1 bis 2 ps, integriert über 12 kHz bis 20 MHz. Diese Einschränkungen gelten aufgrund der mechanischen



\* Axel Gensler  
... ist Produktmanager bei der Endrich Bauelemente GmbH,



Dr. Aaron Partridge  
... ist Gründer und Chief Scientist von SiTime.



Ein MEMS-Oszillator im Chip-Scale-Package: leistungsfähig, funktional, zuverlässig, hoch verfügbar, kostengünstig und es lassen sich MEMS-Resonatoren integrieren.

Grenzwerte der Quarze. Die Limitierung kann zwar in besonderen Fällen überschritten werden, was aber die Kosten deutlich erhöht.

MEMS-Oszillatoren unterliegen nicht diesen Grenzen, da sie eine programmierbare analoge Architektur verwenden. Zum Beispiel unterstützt eine Schaltung mit MEMS-Oszillator-Architektur Frequenzen von 1 bis 625 MHz.

Es gibt auch subtile Probleme in Quarz, die in Silizium-MEMS nicht auftauchen, z.B. das Phänomen der Activity Dips: Quarze, die bei 25 °C einwandfrei arbeiten, können bei Änderung der Temperatur einen erhöhten Resonanzwiderstand und stärkere Frequenzsprünge aufweisen, und zwar um zehntel ppb (parts per billion). In Low-Cost-Kristallen ist dieses Verhalten eher noch gravierender, dort können Sprünge von 1 ppm auftre-

ten. Activity Dips lassen sich nur schwer detektieren und noch schwerer vorhersagen oder beseitigen. Dass Activity Dips entstehen, liegt daran, wie sich die Wellen seitwärts durch Quarz ausbreiten. In der Praxis muss man davon ausgehen, dass alle Quarzresonatoren Activity Dips aufweisen. Activity Dips definieren in der Regel die Untergrenze für Kristallstabilität bei etwa 0,1 ppm (100 ppb). In Silizium-MEMS guter Qualität sind dies Activity Dips nicht vorhanden und bieten daher eine bessere Performance.

## MEMS-Oszillatoren bieten mehr Funktionalitäten

Quarz-Unternehmen beziehen in der Regel ihre Oszillatorschaltung, was deren Entwicklung und Produktion angeht, von Halbleiterunternehmen und konzentrieren ihre eige-

nen Ressourcen auf die Herstellung der Quarzkristalle. Im Gegensatz dazu folgen Silizium-MEMS-Timing-Unternehmen dem Halbleitermodell und haben umfangreiches Knowhow sowohl in der Gestaltung von MEMS-Resonatoren als auch im analogen Oszillatorschaltungsdesign.

Dieses In-House-Wissen an beiden Komponenten ermöglicht Funktionen, die von Quarzoszillatoren nicht geboten werden. Zu den MEMS-Timing-Funktionen gehören:

- Anpassbare Frequenz von 1 Hz bis 625 MHz mit bis zu sechs Dezimalstellen Genauigkeit,
- Spread-Spectrum-EMI-Reduktion,
- programmierbares Treiber-Signal (Ausgangssignalform) zur besseren Signalintegrität und ebenfalls zur EMI-Reduktion,
- Betriebsspannung 1,8 bis 3,3 V und 1,2 bis 4,5 V für batteriebetriebene Anwendungen,
- programmierbarer Frequenzziehbereich von  $\pm 25$  bis  $\pm 1600$  ppm bei VCXOs, VCTCXOs und DCXOs.

Diese Funktionen sind auch über einen großen Betriebstemperaturbereich verfügbar. Zudem können die MEMS-Oszillatoren in einer Vielzahl von Industriestandard-SMD-Gehäusen geliefert werden, als Drop-in-Ersatz für Quarz-Oszillatoren. Darüber hinaus sind spezielle Gehäuse, ultra-kleine Chip-Scale Packages mit den Maßen 1,5 mm x 0,8 mm oder SOT23-5 für höhere Board-Level-Zuverlässigkeit in rauen Umgebungen verfügbar.

### Die höhere Zuverlässigkeit bieten MEMS-Oszillatoren

Silizium-MEMS-Timing-Lösungen weisen eine höhere Zuverlässigkeit und eine längere Lebensdauer im Vergleich zu Quarzlösungen auf. MEMS-basierte Oszillatoren haben eine FIT-Rate (Failure in Time) von  $<2$ , die in 500

Millionen Stunden MTBF übersetzt werden kann. Damit sind sie etwa 15-mal besser als typische Quarzlösungen.

In Bezug auf Robustheit und Unempfindlichkeit gegenüber Rauschen zeigen die folgenden Testergebnisse die Vorteile der MEMS-Oszillatoren von SiTime gegenüber quarzbasierten Oszillatoren:

- 54-mal bessere elektromagnetische Störfestigkeit (EMI),
- 3-fach bessere Versorgungs-Rauschunterdrückung (PSNR Peak signal-to-noise ratio) gemessen in Phasen-Jitter pro  $mV_{p-p}$ ,
- Bis zu 30-mal bessere Vibrationsfestigkeit in ppb/g, gemessen bei verschiedenen Schwingungsfrequenzen,
- Bis zu 25-mal bessere Stoßfestigkeit, gemessen bei Spitzenfrequenzabweichung in PPM.

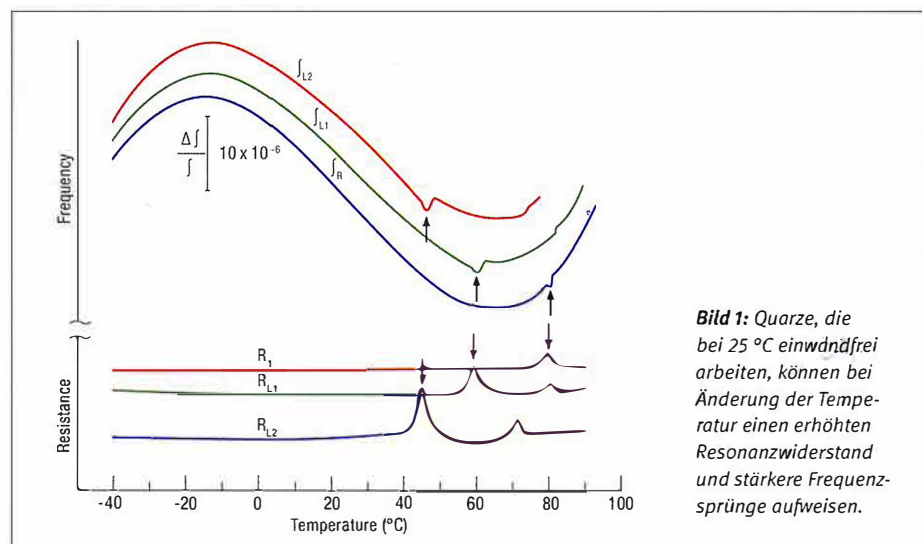
Diese Vorteile ergeben sich aus Größe und Struktur der Resonatoren. Die Resonatoren in Quarzoszillatoren sind freitragende Struk-

turen mit Größen im Millimeterbereich und reagieren deshalb empfindlich auf Beschleunigung (Schock und Vibration). Ein Quarzkristall kann zudem elektrische Resonanzen im MHz-Bereich besitzen, hat aber Strukturresonanzen im kHz-Bereich.

### MEMS-Resonatoren sind die kleinere und robustere Lösung

Diese kHz-Frequenzen können durch externe Vibrationen oder Erschütterungen angeregt werden, was sich in Vibrationsempfindlichkeit oder gar Ausfällen auswirkt. MEMS-Resonatoren sind etwa 10-mal kleiner mit bis zu 3000-fach kleinerer bewegter Masse und etwa 10-mal höherem mechanischem Mode. Sie sind daher weniger empfindlich gegenüber äußeren Vibrationen und Erschütterungen.

Auch die Verpackung sowie das Schaltungsdesign, wie sie in SiTime-MEMS-Oszillatoren zur Anwendung kommen, gewähr-



**Bild 1:** Quarze, die bei 25 °C einwandfrei arbeiten, können bei Änderung der Temperatur einen erhöhten Resonanzwiderstand und stärkere Frequenzsprünge aufweisen.

leisten eine höhere Immunität gegenüber elektrische Störungen. Die MEMS-Resonatoren sind in unmittelbarer Nähe des ICs angebracht, sodass die „Antennenfläche“, die elektrische Störungen auffangen könnte, im Vergleich zur Quarzverpackung extrem klein ist. Mehrstufige On-Chip-Regelschaltungen machen die Oszillatoren widerstandsfähiger gegen Stromversorgungsrauschen.

### In Sachen Verfügbarkeit liegen Quarzlösungen hinten

MEMS-Oszillatoren haben eine programmierbare Architektur. Die meisten Funktionen können mit einem Programmierer wie Time Machine II von SiTime angepasst werden.

So lassen sich in kürzester Zeit Funktionsmuster in jeder Frequenz, jeder Stabilität und jeder Versorgungsspannung erstellen. Dies gibt Systemdesignern die Möglichkeit, eine Vielzahl von Lösungsmöglichkeiten mit unterschiedlichen Funktionen im eigenen Labor zu programmieren und zu testen. Das wiederum beschleunigt die Entwicklung ohne Latenzzeiten in der Musterbeschaffung.

Silizium-MEMS-Timing-Bauelemente werden in Halbleiterfabriken und Verpackungsunternehmen hergestellt. Die MEMS-Oszillatoren liegen dort in unprogrammierter Form (Chips auf Wafern) meist auf Lager. So kann kurzfristig auch ein Neuauftrag bedient werden.

Bei Auftragserteilung werden CMOS und MEMS-Dies verpackt, geprüft, programmiert, gegurtet und binnen drei bis fünf Wochen versendet. Typische Lieferzeiten von quarzbasierenden Produkten liegen dagegen bei 8 bis 16 Wochen, denn sie müssen eine wesentlich aufwändigere Fertigung durchlaufen. Die kurzen Lieferzeiten von MEMS führen zu einer besseren Bestandskontrolle

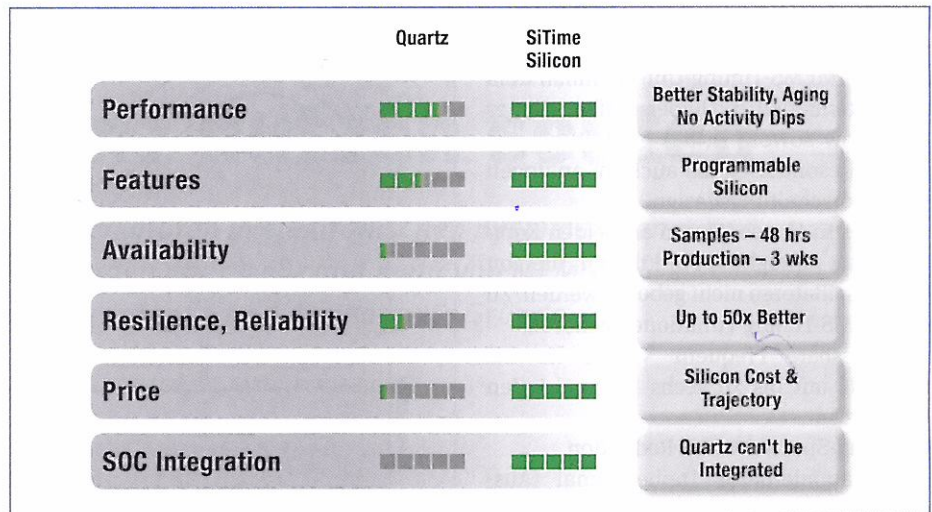


Bild 2: Sechs Gründe, die für MEMS-Oszillatoren als Taktgeber sprechen.

und ermöglichen es, auch kurzfristig flexibel und kostengünstig auf Bedarfsspitzen zu reagieren.

### Auch der Preis spricht für MEMS-Lösungen

Die Herstellung von MEMS-Bauelementen aus reinem Silizium sowie die Verpackung in ein Low-Cost-Standard-Kunststoff-Gehäuse führen zu erheblichen Kostenreduzierungen. MEMS-Unternehmen, die ein „Fabless-Modell“ nutzen, greifen auf die vorhandene Infrastruktur der Halbleiterindustrie zu und sind damit besser gerüstet, um wettbewerbsfähige Preise anzubieten. Darüber hinaus ermöglichen die kurzen Lieferzeiten, die zusätzlichen Features und die höhere Zuverlässigkeit der MEMS-Timing-Lösungen deutlich niedrigere Systemkosten für die Endkundenapplikation.

Die SiTime-Technologie bietet zudem die Möglichkeit, MEMS-Resonatoren sowohl im

Kilohertz- als auch im Megahertz-Bereich direkt in das Chip-Design des Kunden zu integrieren, was besonders bei hohen Stückzahlen sinnvoll ist.

### MEMS-Resonatoren erlauben die SoC-Integration

Die kHz-Resonatoren eignen sich zum Beispiel für Applikationen, die eine Zeitmessung verlangen und in denen man sonst einen 32-kHz-Stimmgabelquarz verwenden würde. Die Megahertz-Resonatoren eignen sich dagegen insbesondere für Referenzanwendungen wie die Taktung von ICs. Die Taktquelle in ein Kunststoff-SoC-Chipgehäuse einzubetten, gestaltet sich dagegen bei konventionellen Quarzen äußerst schwierig und ist immer mit signifikanten Einbußen in Performance- und Zuverlässigkeit verbunden.

### Distributoren helfen bei der Auswahl

Timing-Bausteine gibt es viele, und je nach Anforderung gilt es, das beste Produkt zu identifizieren. Spezialdistributoren wie die Endrich Bauelemente GmbH verfügen nicht nur über ein großes Sortiment von Bauteilen verschiedener Hersteller, sondern auch über das entsprechende Knowhow, eine solche Beratung kompetent durchführen zu können. In Bezug auf die Vorteile, die die Verwendung von Silizium-Timingbausteinen bieten, sind bei Endrich die SiTime-Lösungen oft die erste Wahl, denn sie überzeugen nicht nur in Bezug auf Performance, Robustheit und Verfügbarkeit, sondern ermöglichen darüber hinaus auch eine spürbare Senkung der Kosten. // TK

Endrich

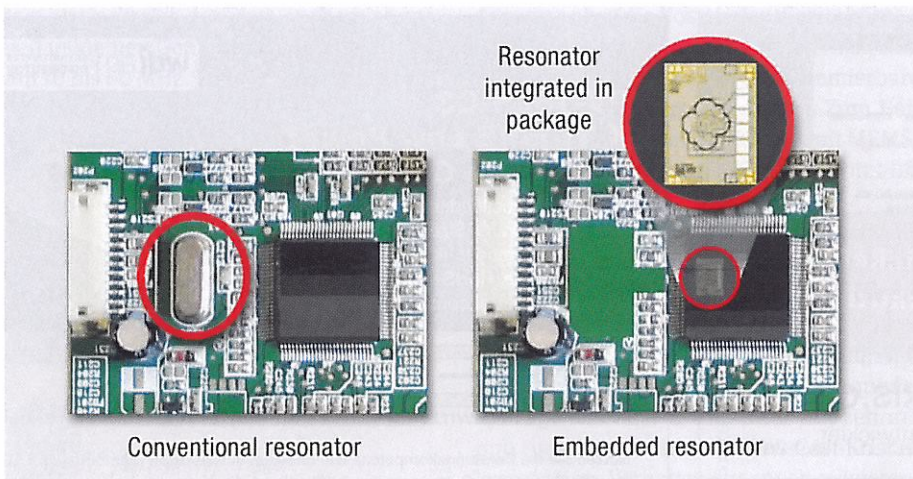


Bild 3: MEMS-Resonatoren lassen sich direkt in das Chip-Design des Kunden integrieren.