

## CMOS bricht Quarztradition

# Silizium-Oszillatoren ersetzt Quarz-Oszillatoren (Teil 2)

Oszillatoren aufgebaut als Silizium-IC werden vermehrt in Digitalschaltungen eingesetzt und die Zahl der Anbieter nimmt zu. Über ihre Eigenschaften und welche Vorteile man durch ihren Einsatz hat, zeigt *elektronik industrie* in diesem zweiteiligen Beitrag.

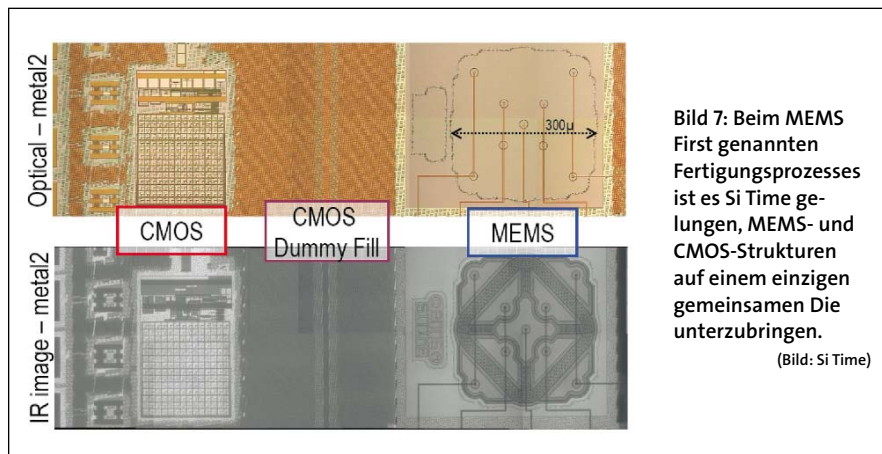


Bild 7: Beim MEMS First genannten Fertigungsprozesses ist es Si Time gelungen, MEMS- und CMOS-Strukturen auf einem einzigen gemeinsamen Die unterzubringen.

(Bild: Si Time)

### Si Time: SiT8002UT und SiT8102

Si Time lieferte bereits im Jahr 2007 über 200000 MEMS-basierte Si-Oszillatoren pro Woche aus und gehört damit weltweit zu den Top-Lieferanten. Die besonders kleinen Oszillatoren (derzeit bis herunter zu 4 mm) können mit fast beliebiger Güte Q ausgeliefert werden. Lange Zeit waren keine qualitativ hochwertigen Taktreferenzen mit einer Bauhöhe unter 0,8 mm verfügbar. Mit dem Oszillator SiT8002UT hat sich das geändert. Das 4polige QFN hat Abmessungen von 3,0 x 3,5 x 0,37 mm<sup>3</sup> und ein Quarzoszillator-kompatibles pin-out. Der Oszillator ist von SiTime programmierbar und kann auf jede beliebige Frequenz im Bereich 1 MHz bis 125 MHz eingestellt werden. Als Versorgungsspannungen sind 1,8 V, 2,5 V und 3,3 V möglich. Betriebsarten Standby und Output Enable. Über den Temperaturbereich von -40 bis +85 °C tritt ein Fehler von ±100 ppm auf. Die geringe Bauhöhe

wird vor allem durch die nur 140 µm dünnen SiRes MEMS-Resonatoren ermöglicht. Sie haben eine quadratische Struktur von 0,8 mm x 0,6 mm (Bilder 7 und 8). Es können bis zu 50 000 Resonatoren pro SOI-Wafer hergestellt werden.

Langfristig soll nach Meinung von SiTime der SiT8002UT externe Taktreferenzen überflüssig machen, wenn erst IC-Hersteller den SiT8002UT in ihre MCMs einbetten.

Programmierbare Quarzoszillatoren haben z. Z. effektive Jitter von etwa 15 bis 25 ps, die Quarzoszillatorvarianten mit fester Frequenz sind heute mit 5 bis 10 ps eff. Jitter erhältlich. Si Time hat jetzt mit dem SiT8102 einen kleinen Low-cost-Oszillator für die meisten Frequenzen im Bereich 1 MHz bis 200 MHz mit einem Jitter von unter 5 ns im Angebot. Einer einheitlichen Bauhöhe von 0,75 mm stehen Footprints von 2,5 mm x 2,0 mm, 3,2 mm x 2,5 mm und 5,0 mm x 3,2 mm gegenüber. Sie benötigen ebenfalls Versorgungsspannungen von 1,8 V, 2,5 V oder 3,3 V, haben ±50 ppm Ungenauigkeit über den Temperaturbereich -40 bis +85 °C sowie Standby- und Output Enable-Modi.

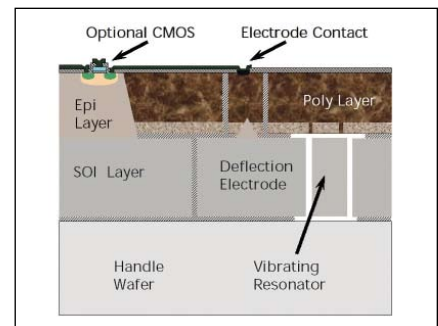


Bild 8: Beim MEMS First Prozess werden bei dem von Si Time patentierten Verfahren zunächst die MEMS-Strukturen gefertigt und anschließend die temperaturempfindlichere CMOS-Schaltung, der Fertigungsprozess ist demnach gegenüber bisherigen Verfahren „auf den Kopf gestellt“.

(Bild: Si Time)



Bild 9: MEMS-Resonator des MOS1 Si Oszillators von Discera. Diese Technologie wird auch in den Si Oszillatoren ASFLM von Abracon verwendet.

(Bild: Discera)

### Weitere Anbieter in Kürze

Abracon hat den ASFLM im Programm, ein sehr kleiner SMD-Taktoszillator, der auch unter der Bezeichnung Pure Silicon Clock Oscillator läuft und der in der MEMS Technologie von Discera hergestellt ist. Er misst im QFN Plastikgehäuse nur 5 x 3,2 x 0,85 mm<sup>3</sup> und wird für Frequenzen von 1,000 MHz bis 150 MHz und Betriebsspannung 3 V angeboten. Die Tabelle zeigt seine wesentlichen Daten, bemerkenswert ist die geringe Stromaufnahme von 9 mA unter Last und die Möglichkeit eine besonders Schock-stabile Ausführung bis 30 kG zu bekommen.

Cosmic Circuit ist ein auf HF und Mixed-Signal spezialisierter IP Anbieter. Der IP

▶

**AUTOR**

Siegfried W. Best,  
Redaktion  
*elektronik industrie*



**all-electronics.de**  
ENTWICKLUNG. FERTIGUNG. AUTOMATISIERUNG



Entdecken Sie weitere interessante  
Artikel und News zum Thema auf  
all-electronics.de!

**Hier klicken & informieren!**



CMOS Clock CC10MOSC ist ein kompletter Oszillator IP für die Frequenzen 8/10 und 12,5 MHz mit einer Genauigkeit von  $\pm 2\%$  und eine Ub von 1,8 bis 3,6 V. Der Oszillator liefert zusätzlich die verbreiteten 32,768 kHz, nimmt eine Fläche von 0,4 mm<sup>2</sup> ein und benötigt nur 400  $\mu$ A zum Betrieb.

Discera fertigt die MOS1-Oszillatorfamilie in einem Kombiprozess der der CMOS und CMOS-MEMS kombiniert. Der als MEMS aufgebaute Resonator (Bild 9) ist samt CMOS-Schaltung in einem kleinen 5 x 3,2 x 0,9 mm<sup>3</sup> messenden Plastik SMD untergebracht. Mögliche Frequenzen gehen von 1 bis 125 MHz (in vier Bereichen/Familien), die Stromaufnahme ist 11 mA typisch bzw. bei der oft verwendeten Frequenz von 27 MHz nur 4,5 mA. Ein wesentliches Merkmal der Discera Oszillatoren ist die Skalierbarkeit, so können die Oszillatoren sehr schnell in Gehäuse mit nur 2,5 x 2 x 1,6 mm<sup>3</sup> reduziert werden.

Ecliptek hat eine breite Palette an MEMS-Oszillatoren für Frequenzen von 1 bis 125 MHz in verschiedenen SMD-Gehäusen (5 x 7 bis 2 x 2,5 mm<sup>3</sup>) und mit HCMOS-Ausgang im Programm. Des weiteren Low-EMI-Spread-Spektrum-Oszillatoren für 1 bis 200 MHz in SMDs von 5 mm x 7 mm bis herunter zu 3,2 mm x 5 mm.

Micro Oscillator ist der zweite IP-Anbieter in diesem Kreis. Die Firma hat den MOI-2000 Taktoszillator als IP für CMOS-Prozesse. Der Temperatur- und Spannungskompensierte Oszillator für 32 kHz ist  $\pm 0,5\%$  genau.

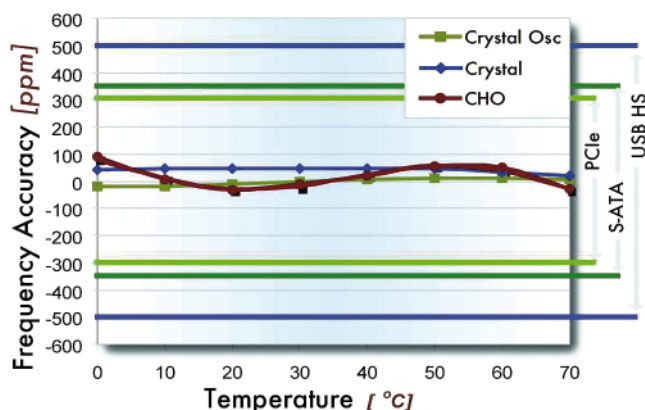
Mobius setzt seine CHO Technologie für die Herstellung seiner Si-Oszillatoren ein, die für Frequenzen von 10 bis 75 MHz angeboten werden. Frequenzbestimmendes

Glied ist wie bei vielen anderen hier genannten Herstellern ein in CMOS ausgeführter LC-Oszillator, der seine Frequenzgenauigkeit in einer open-Loop-Konfiguration erzielt (Bild 5). Mittels einer komplexen Anlagschaltung werden Herstellereinflüsse sowie Spannungs- und Temperatureinflüsse auf die Frequenz kompensiert. Damit konnte die Firma erstmals den Quarz in USB-1.0-Schnittstellen durch einen Si-Oszillator ersetzen und den ersten voll Si-integrierten Spread-Spektrum-Taktoszillator anbieten, der ohne Quarz und PLL IC auskommt. Das patentierte CHO-Design mit einem präzisen harmonischen HF-LC-Resonator führt zu guten Jitterwerten und einem niedrigen Phasenrauschen (Bild 10), das z. B. um 20 dB geringer ist als das herkömmlicher PLLs.

Silicon Clocks bringt in seiner CMEMS-Technologie MEMS und IC zusammen und liefert Oszillatoren bis 180 MHz. CMEMS ist eine vertikale Stackintegration bei der der Resonator direkt über der Schaltung liegt. Das ermöglicht die skalierbare Integration mehrere Resonatoren.

Zum Schluss seien noch UMC und VTI genannt. UMC hat nach eigenen Angaben einen reinen Silizium VCO in einem CMOS Prozess von 0,13  $\mu$ m realisiert, der 192 GHz erzeugen kann. Die Firma wird nach Downsizing auf 90 nm bis 280 GHz erreichen und im 65 nm Prozess sogar 400 GHz. Das VTT Technical Research Centre of Finland schließlich ist die größte Organisation für Auftragsforschung in Nordeuropa und vergleichbar mit der Fraunhofer Gesellschaft in Deutschland. VTT und VTI Technology OY haben zusammen eine ►

Bild 10: Auch beim Phasenrauschen können sich Si-Oszillatoren sehen lassen. Mobius erzielt mit seinem CHO Design Werte, die 20 dB unter denen einer herkömmlichen PLL liegen.  
(Bild: Mobius)



	Abracon ASFLM	Cosmic Circuits	Discera	LTC 6908/02	LTC 6930	Maxim MAX 7375	Micro-Oscillator MOI-2000	Mobius	Silicon Clocks	SiLabs	Si-Time SiT8002 UT	Si-Time SiT8102	STM STCL 11xx	STM STCL 132K
f-Bereich	1... 150 MHz	8/10/ 12,5 MHz	1... 125 MHz	50 kHz... 10 MHz	32,768 kHz... 8,192 MHz	600 kHz bis 9,9 MHz	32,768 kHz	10 bis 75 MHz	bis 180 MHz	0,9 bis 200 MHz	1 bis 125 MHz	1 bis 200 MHz	10, 12 u. 16 MHz	32,768 kHz
F-Stabilität	25... 100 ppm ± max.	2 % ±	k. A.	40 ppm ±	0,09 %	50 ppm ±	0,5 % ±	k. A.	k. A.	100 bis 150 ppm ±	–	50 ppm ±	150 ppm	150/ 180 ppm
Ausgangs- genauigkeit	–	k. A.	k. A.	1,50 %	0,09 %	2 %	k. A.	USB- Genau- igkeit	–	k. A.	k. A.	k. A.	1,5 % ±	1 % ±/ 1,2 % ±
Ub	3 V	1,8 bis 3,6 V	k. A.	2,7... 5,5 V	1,7 V 5,5 V	–	k. A.	k. A.	k. A.	1,8/2,5 u. 3,3 V	k. A.	k. A.	5 V	1,65 bis 1,95 V/ 2,7 bis 3,6 V
Ib	6 mA max	400 µA	11 mA	400 µA	105 µA	–	k. A.	k. A.	k. A.	8 mA	k. A.	k. A.	650 µA	60/ 80 µA
Start-up Zeit	10 ms	k. A.	k. A.	260 µs	110 µs	5 ns	k. A.	k. A.	k. A.	2 ms	k. A.	k. A.	30 µs	90 µs
Tr/Tf	5 ns	k. A.	50 %	–	3 ns	–	k. A.	k. A.	k. A.	460800 ps	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Duty Cycle	k. A.	k. A.	k. A.	50 %	50 %	50 %	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	50 %	50 %
Jitter	k. A.	1 ns	k. A.	0,6/ 0,7 %	130/ 320 ps	160 ps	k. A.	k. A.	k. A.	1,5 ps	k. A.	5 ns	150 ps	k. A.
Temperaturbe- reich	0 bis +70 °C	k. A.	k. A.	40... +125 °C	40... +125 °C	40... +125 °C	k. A.	k. A.	k. A.	min 20... +85 °C	min 40 bis +85	min 40 bis +85	30 bis +85 °C	0 bis +85 °C
Technologie	Pure Silicon	IP, Pure Silicon	MEMS	Pure Silicon	Pure Silicon	Pure Silicon	IP Pure Si SiC	Pure Silicon	MEMS	Pure Silicon	MEMS	MEMS	Pure Silicon	Pure Silicon
Istandby	1 µA	k. A.	k. A.	–	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	1 mA	–	–	3 µA	1 µA
Bemerkung	erweitert Temp. Bereich möglich	zusätzl. 32,768 kHz	–	/02 mit 5 kHz... 20 MHz	8 Fre- quenzen einstellb.	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Tabelle: Wesentliche Daten von Si-Oszillatoren im Vergleich. Nicht in die Tabelle aufgenommen wurden VTI und UMC (siehe Text).

1 mm x 1 mm große Timerschaltung mit einem Mikroresonator entwickelt.

## Schlussbemerkung

Nach den ICs sind besonders in den digitalen Schaltungen die Quarzoszillatoren die wohl zweit wichtigste Komponenten eines elektronischen Gerätes. Der weltweite Markt für Quarzoszillatoren wird mit über 4 Mrd. Stück geschätzt, die einen Wert von 2,5 Mrd. Euro darstellt. An diesem Markt werden in Zukunft die reinen Silizium-Oszillatoren einen nicht unwesentlichen Anteil haben in den eingangs

genannten Applikationen. Kein Wunder, dass die Anzahl der Anbieter zunimmt, die an diesem Geschäft teilhaben wollen. Auch werden als reine Si-Oszillatoren in Zukunft noch komplexere Versionen angeboten, die dennoch die Vorteile wie geringer Platzbedarf und Preis, Robustheit und schnelle Einschaltzeit bieten. Dem Trend zu diesen Oszillatoren kommt zumindest bei den MEMS-basierten Anbietern diesen entgegen, da MEMS heute nicht mehr in einem zusätzlichen Prozess in einer Spezialfirma hergestellt werden, sondern auf den normalen CMOS-Linien

dieser Firmen laufen. Die Hersteller von Quarzoszillatoren beobachten die Aktivitäten der Si-Oszillatoren Lieferanten sehr genau und können, was den Preis angeht, nach eigenen Angaben bei großen Stückzahlen durchaus mithalten.


**infoDIRECT**
420e/1208

[www.elektronik-industrie.de](http://www.elektronik-industrie.de)  
▶ Link zu **Abracon, Cosmic Circuit, Discera, Ecliptek, Linear Technology, Maxim, Micro Oscillator, Mobius, Silicon Clocks, Si-Time, STMicroelectronics, UMC und VTI**