

AoT-News

[Unter der Lupe](#)

Unterstützung für Universitäten

[Techie-Ecke](#)

Präzision Quarzoszillatoren

[Speed-Dating à la AoT](#)

mit Thomas Schwinghammer

Für weitere Informationen kontaktieren Sie Paul Sphikas:

T: +41 (43) 311 7706 oder E: paul.sphikas@aotag.ch

NEWS & EVENTS

25 - 27 SEPTEMBER 2012
WORLD MEDTECH FORUM
LUZERN, SCHWEIZ
HALLE 4, STAND NR. C 445

13 - 16 NOVEMBER 2012
ELECTRONICA 2012
MÜNCHEN, DEUTSCHLAND

Under der Lupe

Unterstützung für Universitäten

Universitäten sehen sich oft nicht in der Lage, ihre forschungsspezifischen elektronischen Systeme in einer industrieorientierten Art zu fertigen. Das heisst, es können Schwierigkeiten auftreten, ein gegebenes System nach zu fertigen, wenn z.B. die verantwortliche Person das Institut verlassen hat, da die Dokumentation nicht im benötigten Umfang vorhanden ist. Unter Umständen sind mehrere Personen bei der Entwicklung einer Plattform beteiligt oder wollen diese in der Folge für ihre Projekte nutzen.

Besonders wenn der Fokus eines Instituts nicht das Elektronikdesign ist, beschränkt sich das Systemdesign oft auf einen schnellen Aufbau ohne sauberes oder reproduzierbares Design. Daher können solche Entwicklungsprojekte Qualitätsprobleme aufweisen und benötigen eine deutlich längere Projektlaufzeit als erforderlich. Art of Technology bietet einen speziellen Redesign-Service, der ein industriegerechtes Qualitätslevel anstrebt.

- Hardware Design mit industriegerechten Komponenten
- Layout eines industriell produzierbaren Prints
- Optimierter Bestückungsprozess
- Erstellen oder Verbesserung der Dokumentation

Das Ergebnis ist ein Design, welches vom Institut einfach in Stückzahlen von wenigen bis zu einigen Hundert gefertigt werden kann. Dies kann entweder für den Eigengebrauch oder zur Weitergabe an andere Institute oder Forschungseinrichtungen hergestellt werden. Ebenso ist es möglich, Systempflege auch über den Austritt des Erfinders/der Erfinderin zu betreiben, was eine bessere Nutzung von einmal getätigten Investitionen erlaubt. Unsere Dokumentationen sind genau darauf angelegt, dass ein problemloser Wieder- oder Neueinstieg in das Projekt möglich ist.

So fällt die Problematik, bei verschiedenen Projekten die Basisplattform neu zu entwickeln und das "Rad wieder neu zu erfinden", weg. Damit sollte es universitären Institutionen möglich sein, ihrem Anspruch an Eliteforschung schneller gerecht zu werden. Der Vorteil gegenüber internen (Infrastruktur-) Festangestellten besteht dabei in der höheren Flexibilität sowie den auf Dauer niedrigeren Kosten.

Gegenüber anderen externen Alternativen hat AoT den Vorteil des gleichen Backgrounds, wir kennen die Arbeitssituation innerhalb der Universitäten aus eigener Erfahrung und sind erwiesenermassen flexibler und schneller. Als ISO-zertifiziertes Unternehmen (ETH Spin-Off, 1999) haben wir, neben kommerziellen Projekten, diverse anspruchsvolle Projekte mit und für Universitäten durchgeführt. z.B.:

Institut	Projekt	Leistung	Link
ETZ Zürich IfE	QBIC	Entwicklung	www.ethz.ch/qbic
ETH Zürich, TIK	BTNode	Produktionsoptimierung Produktion & Vertrieb	www.btnode.ethz.ch
ETH Zürich, TIK	PermaSense I/II & GPS	Entwicklung & Produktion	www.permasense.ch
Universität Zürich (Anatomisches Institut)	EEG-Logger (für Mäuse)	Entwicklung & Produktion	eeg-data-logger
Universität Zürich (Anatomisches Institut)	GPS Logger (für Tauben)	Entwicklung & Produktion	gps-data-Logger-tauben

Schwerpunkte lagen auf der Entwicklung, der technischen Beratung und Produktion. Volle Kostenkontrolle ist dabei selbstverständlich. Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an: paul.sphikas@aotag.ch

Die Techie-Ecke

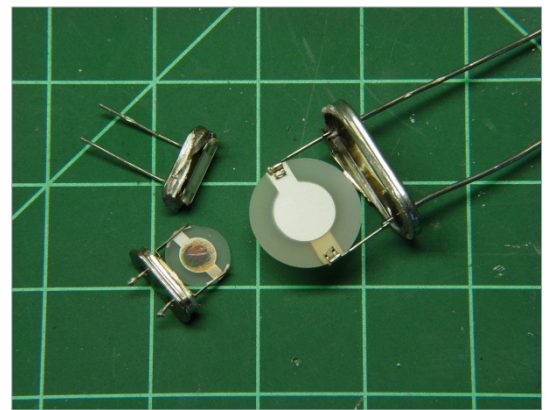
Präzisions-Quarzoszillatoren

Attila Dogan

Einführung und Anwendungen

Kaum einer geht heute noch ohne eine Uhr aus dem Haus. Sei es, dass er eine am Arm trägt, oder sein Mobiltelefon als „Multifunktionsuhr“ verwendet. Man hat eine Uhr dabei. Eine Welt ohne Uhren und ihrer Funktion als präzise Zeitmesser ist nicht mehr vorstellbar. Die treibende Kraft hinter all diesen Zeitmessern ist ein Quarzoszillator, welcher „anzeigt“, wie lange eine Sekunde ist. Aber nicht nur in Uhren sind Quarzoszillatoren eine wichtige Komponente, sondern in fast allen elektronischen Geräten findet sich irgendwo ein Quarzoszillator, der mit seinen Schwingungen den Takt angibt.

Quarze und Quarzoszillatoren sind heutzutage bei weitem das wichtigste frequenzbestimmende Bauteil in der Elektronik, wenn es darum geht, feste oder genau einstellbare Frequenzen zu generieren. Sie geben in Mikrokontrollerschaltungen den Takt an, bestimmen die Sende- und Empfangsfrequenzen in unseren Mobiltelefonen und sorgen dafür, dass sich verschiedene Teilnehmer nicht in die Quere kommen. Dabei halten sie ihre Frequenz so genau ein, dass Abweichungen nicht mehr in Promille, sondern in Teilen pro Million (ppm) gemessen werden. Und trotz ihrer hohen Genauigkeit sind sie robust und einfach anzuwenden, weswegen ihnen häufig nicht viel Beachtung geschenkt wird. Ist ein Quarzoszillator mit der passenden Frequenz im Katalog eines Lieferanten gefunden, wird dieser ohne viel Aufhebens eingesetzt. Doch sind nicht alle Quarzoszillatoren gleich. Und für viele Anwendungen, auch und gerade im Konsumerbereich, ist selbst der Quarzoszillator nicht genau genug... zumindest der übliche Feld-Wald-Wiesen Quarzoszillator.



Quarze sind als oszillierende Platten ausgeführt mit freundlicher Genehmigung von Ed Nisley

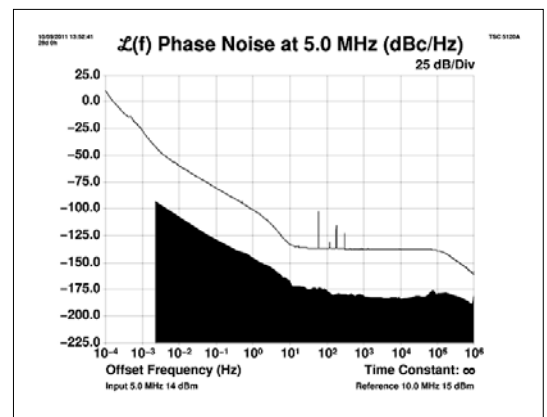
Treibende Kraft eines jeden Quarzes ist der Quarzoszillator. Der wohl wichtigste Anwendungsfall für Quarzoszillatoren ist das Takten von Mikrocontrollern. Die Anforderungen sind in diesem Falle zumeist nicht sehr hoch, oft sind sogar die integrierten RC-Oszillatoren vollkommen ausreichend. Hier kommen als frequenzbestimmende Elemente entweder Keramikresonatoren oder einfache Quarze zum Einsatz, welche mit dem im Mikrokontroller integrierten Verstärker einen Oszillator bilden.

Die grössten Anforderungen für Quarzoszillatoren in Mikrocontrollern kommen von den integrierten Kommunikationsschnittstellen. Während für einfache asynchrone Schnittstellen die integrierten RC-Oszillatoren noch durchaus ausreichend sind ($10'000 - 40'000 \text{ ppm} = 1 - 4 \%$), stellen die modernen, schnellen Schnittstellen wesentlich höhere Anforderungen. So verlangt USB 2.0, dass die Signalfrequenz eine absolute Genauigkeit von $\pm 500 \text{ ppm}$ aufweist. Für USB 3.0 ist es wegen der höheren Übertragungsrate $\pm 300 \text{ ppm}$. Für die üblichen 30 ppm bis 100 ppm , die mit einfachen Quarzoszillatoren erreichbar sind, ist dies noch kein Problem, aber schnellere Übertragungsraten und immer ausgefeiltere Kommunikationsmethoden fordern auch hier ihren Tribut.

Bei HF-Kommunikationsanwendungen werden oft vergleichsweise niederfrequente Quarzoszillatoren als Referenz für einen internen VCO verwendet, der bei mehreren 100MHz oder im GHz Bereich arbeitet. Dabei wird die Referenzfrequenz des Quarzoszillators über eine PLL hoch „multipliziert“. Dadurch wirken sich aber selbst kleine Abweichungen und Störungen in der Referenzfrequenz stark auf die Signalfrequenz aus. So wird zum Beispiel in einem WLAN Transceiver üblicherweise ein 40MHz Quarzoszillator als Referenz für einen VCO verwendet, der auf 2.4GHz arbeitet. Da die Oszillatorfrequenz für das Signal mit 60 multipliziert wird, werden auch kleine Abweichungen und Störungen mit 60 multipliziert und können zu Empfangseinbussen und Kommunikationsfehlern führen. Deshalb sind für WLAN-Anwendungen die Spezifikationen für den Quarzoszillator entsprechend höher und liegen im Bereich von 20 ppm für die Frequenzgenauigkeit bei einem geringen Phasenrauschen.

Die Anforderungen für die Frequenzgenauigkeit und Stabilität werden für moderne Übertragungsverfahren immer grösser. Dies vor allem deshalb, weil versucht wird, auf der Sender- wie auf der Empfängerseite Strom zu sparen. Dies hat zur Folge, dass einerseits die Sendeleistung verringert wird und andererseits die Empfindlichkeit des Empfängers reduziert wird. Dadurch wird der vorhandene Signal-Rauschabstand kleiner, das Nutzsignal wird stärker von Rauschen verdeckt und das Dekodieren des Nutzsignals wird zunehmend schwieriger. Diesem Problem kann man entgegenwirken, wenn die Frequenz des Nutzsignals möglichst genau bekannt ist. Dies funktioniert, salopp gesagt, so, als wenn man bereits weiss, wo sich die Nadel im Heuhaufen befindet.

Das wohl bekannteste Beispiel hierfür sind GPS Empfänger. Das GPS Signal ist so schwach, dass es sich bereits am Erdboden 10 – 20dB unterhalb des Rauschens befindet, wenn freie Sicht zum Himmel vorhanden ist. In urbanen Gebieten und in Häusern können es sehr schnell auch mal 30dB sein. Das heisst, dass das Rauschen der Umgebung tausendmal stärker ist, als das Signal selbst. Um unter diesen Bedingungen das Signal noch sauber detektieren zu können, wird mit sehr stabilen und rauscharmen Oszillatoren gearbeitet, um quasi mit der Lupe nach der Nadel suchen zu können.



Phasenrauschen eines FTS2050A Quarzes

- Die Spikes um 100Hz herum sind Einstrahlungen von der Netzfrequenz und nahegelegenen Radiosendern
- Der schwarze Bereich unterhalb der Kurve ist das Messlimit des Messgerätes

mit freundlicher Genehmigung von
John Ackermann, N8UR

Unterschiede zwischen einzelnen Oszillatortypen: XO, VCXO, TCXO, OCXO und MCXO

Der gewöhnliche Quarzoszillator, der XO (Crystal Oscillator) ist das Grundgerüst aller anderen Varianten. Er besteht im Grunde aus einem Verstärker mit einem Quarz als frequenzbestimmendes Bauteil im Rückkopplungspfad. In der einfachsten Variante ist der Verstärker einfach ein Invertiergatter, eine Schaltung, die bei vielen einfachen Oszillatoren, z.B. in Mikrokontrollern, üblich ist. Da ein Inverter ein hochgradig nichtlinearer Verstärker ist, dessen Verstärkung weder genau bestimmt, noch konstant ist, ist das Phasenrauschen und die Stabilität dieses Oszillatortyps nicht sehr hoch.

Deswegen werden in hochwertigen Oszillatoren diskret aufgebaute lineare Transistorverstärker verwendet, häufig nach dem Pierce-, Colpitts- oder Butler-Prinzip. Für gewöhnlich erreichen reine XO eine Stabilität von 100 ppm bis 20 ppm.

Da der Quarz selten genau genug an der geforderten Frequenz arbeitet und die Oszillationsfrequenz von den Bauteilen in der Oszillatorschaltung abhängig ist, wird oft zusätzlich eine Kapazitätsdiode eingefügt, um die Oszillationsfrequenz im Betrieb mittels einer Steuerspannung fein abstimmen zu können. Diesen Oszillatortyp nennt man dann VCXO (Voltage Controlled Crystal Oscillator). Abgesehen von diesem Steuereingang ist die Schaltung identisch zum XO und hat auch ähnliche Performannewerte.

Der grösste Nachteil des XO und VCXO ist ihre grosse Temperaturabhängigkeit, welche die Stabilität massgeblich bestimmt. Um dies zu verbessern, kann der Temperaturverlauf elektronisch korrigiert werden. Den daraus resultierenden Oszillator nennt man dann TCXO (Temperature Compensated Crystal Oscillator). Die Frequenzstabilität, die diese erreichen, liegt für gewöhnlich im Bereich von 5 ppm bis 1 ppm über den gesamten spezifizierten Temperaturbereich. Viele TCXO können noch zusätzlich fein abgestimmt werden, um einen allfälligen Frequenzoffset zu korrigieren, entweder in den man einen Korrekturwert einprogrammiert oder extern eine Steuerspannung anlegt, ähnlich einem VCXO. Zu beachten ist hier aber, dass die Temperaturkompensation für die Grundfrequenz des TCXO vorgenommen wurde. Wenn nun die Frequenz des TCXO nachgestellt wird, verändert sich die Temperaturkurve leicht, was dazu führt, dass die eingestellte Temperaturkompensation nicht mehr ganz passt und deshalb die Stabilität geringer wird.

Die Abweichungen eines TCXO sind immer noch zu einem grossen Teil von den Temperaturschwankungen bestimmt. Um hier eine noch grössere Stabilität zu erreichen, wird der altbekannte Quarzofen, oder zu Neudeutsch OCXO (Oven Controlled Crystal Oscillator) verwendet. Dabei wird der Quarz über eine eingebaute Heizung auf einer konstanten Temperatur gehalten, um möglichst wenig Schwankungen in der Frequenz zu erreichen. Ein grosser Nachteil der OCXOs ist ihr relativ hoher Stromverbrauch aufgrund der ständigen Heizung (der Quarz wird üblicherweise bei 70°C bis 90°C gehalten) und dass die Ofentemperatur eine obere Grenze für die Umgebungstemperatur darstellt. Mit einem OCXO kann eine Stabilität im Bereich von unter 1 ppb (parts per billion, Teile pro Milliarde) erreicht werden.

Stabilitätsmässig zwischen den TCXO und OCXO liegen die relativ unbekanntenen Mikrocomputer-kompensierten Quarze MCXO (Microcomputer Compensated Crystal Oscillator). Bei diesen wird ähnlich wie bei einem TCXO die Temperatur des Quarzes gemessen, aber die Frequenz nicht direkt korrigiert, sondern ein zusätzlicher Oszillator verwendet, dessen Frequenz auf der des Hauptoszillators bestimmt wird. Dadurch sind Temperaturstabilitäten möglich, die nahe an die OCXO herankommen, aber nicht so viel Strom verbrauchen. Mit MCXO kann eine Stabilität im Bereich von besser als 100 ppb erreicht werden.

Stabilität und Stromverbrauch

Um eine hohe Stabilität und ein geringes Phasenrauschen zu erreichen, muss mehr Aufwand betrieben werden, welcher sich wieder im Stromverbrauch niederschlägt. Den niedrigsten Stromverbrauch haben XO und VCXO. TCXOs benötigen für ihre Temperaturkompensation ein wenig Leistung, während MCXO mit der Mikrokontrollerschaltung schon ziemlich zu Buche schlagen. OCXO hingegen brauchen bedingt durch ihre interne Heizung bis zu mehreren Watt. Vor allem das Aufheizen kann je nach OCXO Typ bis zu 10W benötigen.

Typ	Leistungsverbrauch (typisch)	Genauigkeit/Stabilität (über ein Jahr)
XO/VCXO	1 mW - 50 mW	10^{-5} - 10^{-4} (10 - 100 ppm)
TCXO	3 mW - 100 mW	10^{-6} bis 10^{-5} (1 - 10 ppm)
MCXO	50 mW - 500 mW	10^{-8} bis 10^{-7} (10 - 100 ppb)
OCXO	1 W - 5 W	10^{-9} bis 10^{-8} (1 - 10 ppb)

Quarzoszillatoren haben, je nach Ausführung, sehr unterschiedliche Eigenschaften, vor allem was Stabilität, Phasenrauschen und Stromverbrauch betrifft. Die Auswahl des richtigen Oszillators für eine Anwendung ist dabei nicht immer trivial. Und auch wenn Quarzoszillatoren generell als sehr pflegeleicht gelten, dürfen sie beim

Systemdesign nicht vergessen werden, da sie oft Dreh- und Angelpunkt für die eigentliche Aufgabe des Systems darstellen.

Referenzen

- [1] Messungen am FTS1050A von John Ackermann
<http://www.febo.com/pages/oscillators/fts1050a/fts1050a-hp5065a.pdf>
- [2] Opening a Quartz Crystal Can von Ed Nisley
<http://softsolder.com/2010/05/15/opening-a-quartz-crystal-can-effects-thereof>
- [3] Quartz Crystal Resonators and Oscillators - A Tutorial von John R. Vig

Speed-Dating à la AoT

mit Thomas Schwinghammer

Was spornt Dich an?

Das Leben an sich. Neue Herausforderungen meistern, sinnvoll mit dem Leben umgehen und das Beste daraus machen.

Wie verbringst Du Deine Freizeit?

Seit 2 Jahren spiele ich Schach. Mir gefällt das Eintauchen in die Konzentration, die Vielfalt an möglichen Konstellationen und die Kraftentfaltung der Figuren.

Ich spiele auch Gitarre, schreibe Songs und bin viel draussen in der Natur unterwegs. Spazieren, klettern, wandern, Velotouren, Ski fahren oder auch einfach Nichtstun an einem schönen Ort.

Welches Hobby würdest Du nie betreiben?

Bungee-Jumping...so einen Kick brauche ich nicht. Sonst bin ich für vieles offen und würde wahrscheinlich ziemlich alles ausprobieren, ausser Motorsport; ich nutze lieber den eigenen "Motor"

Was möchtest Du unbedingt im Leben machen?

Familie gründen, Dienst am Mitmenschen erbringen

Beschreibe Dich in einigen Worten?

Ruhig, intelligent, herzlich, hilfsbereit

Was bringst Dich aus der Ruhe?

Eigentlich nichts. Am ehesten Respektlosigkeit gegenüber der Natur.

Was ist Deine beste Eigenschaft?

Schwierig, ich habe einige gute Eigenschaften. Wenn es eine sein soll – Geduld.

Was sind Deine Stärken im Arbeitsleben?

Geduld, Hartnäckigkeit und die Fähigkeit, sehr ausdauernd an etwas daran zu bleiben.



Alter	33
Beruf	HW/SW-Ingenieur
Bei AoT	seit
Sternzeichen	Skorpion

Wofür würdest Du nie Geld ausgeben?

Für einen Sportwagen.

Wofür würdest Du viel Geld ausgeben?

Für natürliche und qualitativ hochwertige Produkte: Essen, Trinken, Kleidung und natürlich für schöne Gitarren und gute Musik. Ich bin ein Geniesser.

Du gehst an eine Kostümparty, als was verkleidest Du Dich?

Als Black Mamba

Wenn Du ein Tier wärest, welches Tier?

Ein Schmetterling

Was soll Dein Epitaph ausagen?

Ich bin zu jung, um darüber nachgedacht zu haben. Normalerweise schreiben den Epitaph ja auch andere. Vielleicht etwas wie: „Er hat gelebt, woran er geglaubt hat“.