

Trends in der Oszillortechnologie

Die endlose Suche nach Präzision

Auch wenn die Entwicklung zur Herstellung konfigurierbarer Oszillatoren erst vor gut einem Jahrzehnt begann, ist die Einsatzmöglichkeit für hochleistungsfähige, frequenzbestimmende Komponenten durch diese neueren Entwicklungen erheblich erweitert worden. Jüngste Entwicklungen mit modularen Konzepten beinhalten Quarz- und Silizium-Referenzquellen, die durch eigene Elektronik ergänzt werden, um sie besser an die benötigten Performance-Eigenschaften anzupassen.

Autor: Gerd Reinhold



Den eigentlichen Clou eines Oszillators, der aus einem Quarz, einem IC und einer Platine besteht, macht der piezoelektrische Effekt aus, der vor mehr als 130 Jahren von den Brüdern Jacques und Pierre Curie entdeckt wurde. Sie gelten als die ersten, die festgestellt haben, dass durch die Ausübung eines mechanischen Drucks auf einen Quarz eine Ladung erzeugt wird, die direkt proportional zum angewandten Druck ist. Schon bald danach konnten sie auch den umgekehrten Effekt beobachten, bei dem eine am Quarz angelegte Spannung eine entsprechende geometrische Verformung hervorruft.

Bis die erste praktische Anwendung des piezoelektrischen Effekts entwickelt wurde, sollte es noch fast zwei Generationen dauern. Im Jahr 1917 stellte der französische Physiker Paul Langevin mithilfe eines zwischen zwei Stahlplatten platzierten piezoelektrischen Quarzes einen Wandler her, der Hochfrequenzwellen aussenden und das reflektierte Echo ermitteln konnte.

Die Anwendung, in der dieses Quarzelement Verwendung fand, ist die unter der Bezeichnung Sonar bekannte Schallnavigation, also die Entfernungsmessung. Damit konnte schließlich eine verbesserte Ultraschallechodetektion unter Wasser erreicht werden. Ab 1926 wurden Quarze zur Frequenzsteuerung in Rundfunksendern benutzt, und 1928 entwickelten die Bell Laboratories die erste Quarzuhr mit einer Ganggenauigkeit von nur einer Sekunde Abweichung über 30 Jahre. Das war der Durchbruch zu einer Vielzahl von Anwendungen für Quarzoszillatoren.

Durchbruch der Quarzoszillatoren

Quarzoszillatoren weisen ein sehr geringes Phasenrauschen auf und erzeugen dadurch ein relativ reines Ausgangssignal. Aus diesem Grund eignen sie sich besonders für Anwendungen in der Telekommunikation wo es auf Signalstabilität ankommt sowie für wissenschaftliche Ausrüstungen, die eine äußerst genaue Zeitreferenz verlangen.

Die Ausgangsfrequenz konventioneller Oszillatoren wird fast ausschließlich durch die Eigenschaften des verwendeten Quarzes bestimmt. Positiv ist, dass dies einfache und kosteneffiziente Oszillatoren mit guten Rauscheigenschaften sind. Nachteilig sind die langen Produktionszeiten und die daraus resultierenden langen Lieferzeiten. Allein die

Xpresso-Ultra-Oszillatoren mit verbessertem Phasenrauschen und vermindertem Jitter.



Eck-DATEN

Der Artikel verschafft einen Überblick über die ersten Entwicklungen von Quarzen bis hin zu aktuellen, technologisch äußerst anspruchsvollen Entwicklungen. Eine große Herausforderung für Entwickler besteht darin, Hightech mit vertretbaren Kosten und kurzen Lieferzeiten in Einklang zu bringen. Der Autor des Beitrags ist sich jedoch sicher, dass die Konstrukteure von morgen wesentlich mehr als nur Kostenersparnis zu bieten haben dürften.

Herstellung eines spezifischen Quarzes, welcher die gewünschte Resonanzfrequenz liefert, kann bis zu acht Wochen dauern.

Aus diesem Grund kommen konventionelle, das heißt festfrequente Oszillatoren bei Anwendungen mit spezifischer Frequenz nur dann zum Einsatz, wenn die Rauschminimierung höchste Priorität hat, langfristige Planungszyklen der Normalfall sind und große Mengen benötigt werden. Leider sind einige dieser Bedingungen in dem sich schnell entwickelnden, äußerst anspruchsvollen Markt der frequenzbestimmenden Bauelemente so gut wie kaum mehr gegeben.

Fast jede benötigte Frequenz erzeugen

In den frühen 1990er-Jahren stellten sich die Oszillatoren-Entwickler dieser Herausforderung mit dem Ergebnis der sogenannten programmierbaren Oszillatoren. Diese verwenden eine programmierbare PLL, Post-Divider, Ausgabe-Multiplexer-Bausteine (MUX) und Ausgangsbuffer, die es dem Quarzoszillator ermöglichen, fast jede benötigte Frequenz zu erzeugen, die innerhalb vorgegebener technischer Beschränkungen beziehungsweise Vorgaben liegt.

Da es bei programmierbaren Oszillatoren nun nicht mehr erforderlich war, für jede gewünschte Ausgangsfrequenz einen Quarz mit einer spezifischen Resonanzfrequenz herzustellen, ließen sich die Produktionsdurchlaufzeiten erheblich verkürzen.

Aufgrund der erwähnten technischen Beschränkungen wiesen programmierbare Oszillatoren jedoch teilweise erhebliche Schwächen in Bezug auf Phase-Noise und Jitter auf, die oftmals nicht akzeptabel waren, sodass programmierbare Oszillatoren letztendlich ein kleineres Marktsegment bedienen als ursprünglich geplant war. Überdies waren die Stückkosten zu hoch im Vergleich zu etablierten Quarzoszillatoren.

Konfigurierbare Oszillatoren

Um die Schwachstellen in Bezug auf das Rauschen zu beseitigen, die Herstellungskosten in den Griff zu bekommen und dabei die unumgänglichen kurzen Lieferfristen beizubehalten, entwickelten die Konstrukteure ein weiteres neues Oszillatorformat: den konfigurierbaren Oszillator. Durch den Einsatz eines ASIC-Bausteines ließen sich kurze Lieferzeiten realisieren, Phase-Noise- und Jitter-Werte konnten erheblich verbessert werden. Lediglich das Ausgangssignal beziehungsweise die Frequenz ist bei einem konfigurierbaren Oszillator vergleichbar dem eines konventionellen, festfrequenten Oszillators. Damit enden die Ähnlichkeiten aber auch schon. Durch den Vorteil des modularen Aufbaus hat der Oszillatorentwickler Auswahlmöglichkeiten bei Quarzrohling, Fractional-N PLL, Delta-Sigma-Modulator und beim Ausgangsbuffer, abhängig von den technischen Anforderungen abhängig von den technischen Anforderungen der Applikation.

Durch Verwendung von Quarzen mit hohem Gütefaktor und technisch ausgereiften ASICs in einem Gehäuse können konfigurierbare Oszillatoren die maßgeschneiderte Frequenz liefern,

innerhalb einer Lieferzeit von nur wenigen Tagen. Diese größere zeitliche Flexibilität erweist sich für die Produktentwickler als Sicherheitsreserve, denn selbst wenn noch in letzter Minute Änderungen an den Spezifikationen oder Anforderungen erforderlich sein sollten, ist eine rechtzeitige Lieferung sichergestellt.

Größere zeitliche Flexibilität

Das Resultat ist ein Oszillator, der mit jeder gewünschten Frequenz betrieben werden kann, mit Rauscheigenschaften die denen von herkömmlichen Oszillatoren durchaus ebenbürtig sind, bei einer schnellen Lieferung. Durch die geringen Abmessungen der verwendeten ICs in Kombination mit Quarzen in gängigen und damit auch gut verfügbaren Standardfrequenzen liegen die Preise der konfigurierbaren Oszillatoren heute teilweise schon unter denen von konventioneller Technologie, besonders dann, wenn kundenspezifische Frequenzen oder Spezifikationen gefordert sind und durchschnittliche Phase-Noise und Jitter-Performance für den Anwendungsfall ausreichend sind.

Applikationen und Anforderungen in der Industrie entwickeln sich nach wie vor so rasch, dass die Oszillatorentwickler unter dem ständigen Druck stehen, noch genauere, rauschärmere und stabilere frequenzzeugende Komponenten zu entwickeln bei sinkenden Stückkosten und immer kürzeren Lieferzeiten. Viele Anwendungen verlangen von den Oszillatoren eine zunehmend bessere Frequenzstabilität, einen geringeren Stromverbrauch und noch kompaktere Abmessungen. Abhängig von der Applikation kommen erweiterte Anforderungen durch kritische Anwendungen wie Sonet oder Ethernet-Netzwerke hinzu, die präzise Hochfrequenzlösungen und einen extrem niedrigen Stromverbrauch fordern. Letztere sind unter anderem auch bei Mobilfunkgeräten von Bedeutung.

Äußerst geringer Jitter

An viele für industrielle, militärische und medizinische Anwendungen geeignete Produkte werden zunehmend hohe Anforderungen gestellt, gleichgültig ob es sich um konventionelle Oszillatoren, konfigurierbare Oszillatoren oder um MEMS-Oszillatoren (mikro-elektromechanische Systeme) handelt. Wurden in der Vergangenheit Jitter-Werte von typischerweise einer Piko-sekunde 1 ps (10^{-12}) verlangt, werden heute Anforderung im Bereich der Femtosekunden fs (10^{-15}) gestellt. Zu diesen Präzisionstechnologien gehören Sonet (OC-48), Fibre Channel (16 G), LAN/WAN (10 GigE) und Speicherung (6 G) SAS/SATA. Diese hohen Anforderungen werden typischerweise von Oszillatoren mit Oberflächenwellenresonatoren (SAW-Oszillatoren) sowie von konfigurierbaren Oszillatoren mit äußerst geringem Jitter erfüllt. An der technologischen Spitze der Oszillatoren finden wir heute Technologien, die treffenderweise mit dem Attribut „Ultrapräzision“ versehen werden können, da sie einen integrierten Jitter von maximal etwa 350 fs bieten. Zu diesen in höchstem Maße anspruchsvollen Technologien und Spezifikationen gehören Sonet (OC-192), Fibre Channel (32 G), WAN (40 bis 100 GigE) und Speicherung (12 G) SAS/SATA.

Es ist absehbar, dass die Industrie auch künftig immer mehr Verbesserungen in Bezug auf Geschwindigkeit, Größe, Bandbreite und Rauschminderung frequenzbestimmender Komponenten fordern wird. Die größte Herausforderung für die Konstrukteure wird es daher sein, Technologien zu entwickeln, die diese Funktionsmerkmale mit vertretbaren Kosten und kurzen Lieferzeiten in Einklang bringen.

Wenn aber die Lösungen der Vergangenheit irgendeine Aussagekraft für die zukünftigen Entwicklungen haben, so können wir davon ausgehen, dass die Konstrukteure von Morgen wesentlich mehr als nur Kostenersparnis zu bieten haben dürften. Schließlich haben sie ihre Problemlösungskompetenz immer wieder unter Beweis gestellt, gleichgültig, welche Leistungskriterien die Konsumenten von frequenzbestimmenden Komponenten eingefordert haben. Ohne Zweifel werden die Ingenieure

und Techniker in hohem Maße auf ihre Fähigkeit setzen, und unter Einsatz des stark modularen Entwurfskonzepts noch leistungsfähigere konfigurierbare Oszillatoren zu bauen.

Auch wenn die Entwicklung zur Herstellung konfigurierbarer Oszillatoren erst vor über einem Jahrzehnt begann, ist die Einsatzmöglichkeit für hochleistungsfähige,

frequenzbestimmende Komponenten, wie sie hochentwickelte Technologien von heute benötigen, durch diese neueren Entwicklungen erheblich erweitert worden. Die jüngsten Entwicklungen mit modularen Konzepten beinhalten Quarz- und Silizium-Referenzquellen, die durch eigene Elektronik ergänzt werden, um sie besser an die benötigten Performance-Eigenschaften anzupassen.

Besser an Performance-Eigenschaften anpassen

Zum Schluss noch eine Prise Realität: Genauso wie das Moore'sche Gesetz eines Tages an seine Grenzen stoßen wird – schließlich kann nur eine endliche Anzahl von Transistoren auf einer Platine Platz finden – unterliegt auch die Branche der frequenzbestimmenden Komponenten den Gesetzen der Physik. Bei jedem erneuten Versuch, den Balanceakt zwischen höherer Leistung und verbesserter Einsatzflexibilität auf der einen Seite sowie Kosten und Lieferzeiten auf der anderen Seite zu schaffen, werden sich die Grenzen des Möglichen sowie des kommerziell vertretbaren immer deutlicher abzeichnen. Betrachten wir jedoch sämtliche technologischen Herausforderungen zusammen, die die Entwickler von frequenzbestimmenden Komponenten seit der Entdeckung des piezoelektrischen Effekts erfüllt oder sogar übertroffen haben, so könnten diese Grenzen noch sehr weit entfernt sein. (ah) ■

Die Konstrukteure von morgen werden wesentlich mehr als nur Kostenersparnis zu bieten haben.

Autoren

Gerd Reinhold
Produktmarketing FCP, WDI.



all-electronics.de 
infoDIREKT

604ei0315