

Quarze und Oszillatoren im Trend der Digitalisierung

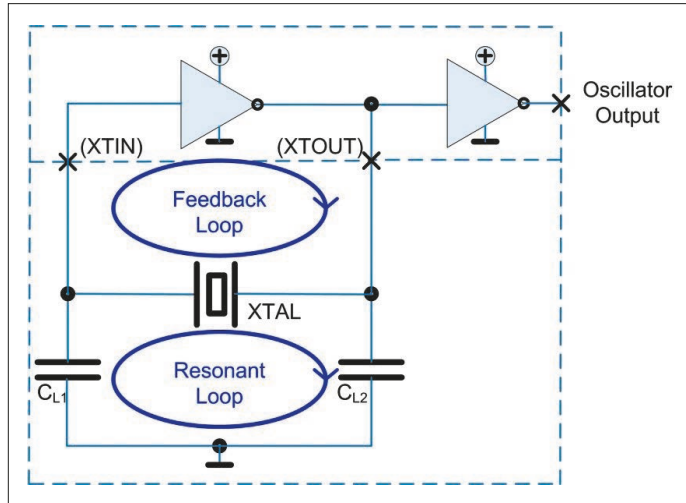
Was ist beim Einsatz von Quarzen und Oszillatoren in Anwendungen des IoT-Bereichs zu beachten?



Spezielle Quarzbaureihen erfüllen die Anforderungen für Wireless-Applikationen

Internet of Things – schon seit ein paar Jahren ist dieses Buzzword unser ständiger Wegbegleiter. Geräte, die der „IoT-Welt“ angehören, können drahtlos miteinander kommunizieren. Das ist meist mithilfe der gängigen Standards wie WiFi, Bluetooth, Zigbee oder 5G möglich. Das Internet der Dinge verändert auch die Anforderungen an Geräte. Jedes Smartphone ist heutzutage ein Verbindungsknoten zu anderen Geräten. Smart Home Anwendungen oder die Smart Watch am Handgelenk sind nur zwei der unzähligen Beispiele dafür.

Damit alles reibungslos funktioniert, muss jedes Bauteil auf die Anforderungen des Wireless-Bereichs abgestimmt sein. Das gilt auch für die kleinen Quarze und Oszillatoren, die in vielen elektronischen Anwendungen den Takt angeben. Es stellt sich die Frage: Was ist beim Einsatz



Darstellung der Pierce-Schaltung

von Quarzen und Oszillatoren in Anwendungen des IoT-Bereichs zu beachten?

Immer kleinere Produkte benötigen immer kleinere Bauteile

Besonders im Consumer-Elektronik Bereich stieg das Angebot immer kleinerer, batteriebetriebener Anwendungen und Wearables in den letzten Jahren stark an. Die Produkte selbst und somit auch die entsprechenden Bauteile und Leiterplatten werden immer kleiner. Man spricht vom Trend zur Miniaturisierung. So ist beispielsweise bei vielen Produkten der namhaften IC-Hersteller kein Ende des Trends absehbar, was sich dadurch auf weitere Bauteile auswirkt – darunter beispielsweise auf unsere Quarze und Oszillatoren.

Infolgedessen ändern sich auch die Anforderungen an die Gehäuse und Spezifikationen passiver Bauteile, welche natürlich ebenfalls kleiner werden müssen. Das hat auch Vorteile: Zum einen wird weniger Rohmaterial benötigt, was gut für die Umwelt ist. Zum anderen sinken die Kosten für Verpackung, Transport und Lager.

Eine Herausforderung des Trends ist jedoch die physikalische Limitierung bezüglich der Frequenz. Eine gewünschte niedrige Frequenz erreicht man bei der Entwicklung durch ein dickes Quarz-Blank und eine höhere Frequenz entsprechend durch ein dünnes Quarz-Blank. Hierbei darf das Verhältnis von Fläche/Dicke nicht unter einen bestimmten Wert geraten, weil sonst die elektrischen Parameter ungünstig werden. Umgekehrt bedeutet das, dass bei sehr kleinen Bauformen niedrige Frequenzen (mit dicken Blanks) nicht sinnvoll abgebildet werden können. Diese Limitierung betrifft jedoch vorwiegend Quarze und nicht Quarz-Oszillatoren, da diese im Inneren ein IC besitzen, mit dem meist die Frequenz geteilt werden kann. Daher besitzen Oszillatoren einen größeren Handlungsspielraum hinsichtlich der Frequenz. Außerdem können einige Oszillatoren auch wesentlich höhere Frequenzen erreichen, indem die interne Quarz-Frequenz vom IC vervielfacht wird.

In der Regel wird die Pierce-Schaltung für den Betrieb von Quarzen verwendet. Die Darstellung der Grundschaltung zeigt, dass sie im Wesentlichen aus zwei Teilen

besteht. Das sind die Resonanzschleife, in der die eigentliche Oszillation stattfindet, sowie die Rückkopplungsschleife, die die Schaltung erst zum Schwingen anregt und sie danach weiter mit Energie versorgt, um Verluste der Schaltung auszugleichen. Der Quarz in der Resonanzschleife sorgt hierbei dafür, dass die Schwingung einzig bei seiner Resonanzfrequenz stattfindet, indem er ausschließlich bei dieser Frequenz seine höchste Güte aufweist.

Sicheres Anschwingen mit möglichst wenig Energie

Viele der kleinen, batteriebetriebenen Geräte basieren auf sogenannten SoC-Komponenten (System-on-Chip). Der Stromverbrauch ist in vielen dieser Anwendungen ein äußerst wichtiger Faktor. Jedoch wird ein niedriger Stromverbrauch heute oft durch eine niedrige Betriebsspannung erreicht. Diese wiederum wirkt sich negativ auf die Schwingsicherheit der Quarz-Schaltung aus. Um diesen negativen Einfluss zu kompensieren muss der Entwickler ein besonderes Augenmerk auf die Wahl der Komponenten und die optimale Abstimmung der Schaltung legen.

Um negative Auswirkungen auf die Schwingsicherheit durch kleinere Bauteile sowie die niedrige Betriebsspannung zu kompensieren, wird oft eine kleinere nominale Lastkapazität (C_L) des Quarzes gewählt. Eine Schaltung mit kleinerer C_L kann oft auch von schwächeren Treiberstufen mit noch akzeptablen Schwingsicherheits-Werten betrieben werden. Bei der Abstimmung im Labor überprüft der Entwickler Frequenzgenauigkeit, Schwingsicherheit sowie die Leistung am Quarz, um eine hohe Betriebssicherheit im Feld sicherzustellen. Die Jauch Quartz GmbH bietet diese Untersuchungen für



Autoren:
Mathias Laskus, Technical Support Engineer
Leonie Weißer, Product Manager beide
Jauch Quartz GmbH
www.jauch.com

Ihre Kunden an, um Entwickler bei dieser Aufgabenstellung zu unterstützen.

Höchste Frequenzgenauigkeit für Wireless-Applikationen

Eine wesentliche Anforderung an Quarze in Wireless-Applikationen ist selbstverständlich die Frequenzgenauigkeit. Normalerweise erhalten Schaltungen Funkwellen in engen Frequenzbändern. Um Störungen durch andere Frequenzen zu vermeiden und die Verbindung auch über größere Reichweiten zu ermöglichen, ist eine geringe Abweichung der Nennfrequenz erforderlich. So darf die Frequenzabweichung bei Bluetooth zum Beispiel maximal $+40$ ppm (parts per million) betragen. Dieses Limit darf über die gesamte Lebensspanne der Applikation unter keinen Umständen überschritten werden. Um das sicherzustellen, muss der Entwickler in einer Worst-Case-Kalkulation alle möglichen Einflüsse überschlagen, also im Wesentlichen:

- Toleranz bei $25\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Stabilität über den auftretenden Temperaturbereich
- Fehler aus Fehlanpassung des Schaltungs- C_L
- Langzeit-Alterung
- resultierender Fehler aus der Toleranz der Lastkondensatoren (C_L -Abweichung)
- C_L -Toleranzen der Pin-Kapazitäten am IC sowie Toleranzen des PCBs

Um die Einhaltung der Frequenz bei $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ sicherzustellen, wird für jedes Quarzbauteil die Lastkapazität in der Spezifikation definiert. Die Lastkapazität ist die Kapazität, auf die ein Quarz-Blank bei der Produktion genauestens abgeglichen wird. Dabei wird der Quarz zum Schwingen angeregt, die Frequenz gemessen und bei Bedarf die Masse der Silberelektrode durch Aufdampfen oder Abtrag (durch Beschuss mit Ionen) entsprechend korrigiert.

Wird die aktive C_L während diesem Abgleich in der finalen Schaltung wieder genau erreicht, schwingt der Quarz bei Raumtem-

peratur sicher mit seiner Nominalfrequenz.

Diese Anpassung ist für den Entwickler mit der Problemstellung behaftet, dass er meist nicht weiß, welchen Fehler der bei der Messung aktuell genutzte Quarz in die Messung einbringt. Ohne diese Kenntnis ist es nicht möglich eine präzise Anpassung durchzuführen. Bei einer Anpassung im Labor des Quarzlieferanten wird meist die mitgebrachte Frequenzabweichung des einzelnen Quarzes vermessen und anschließend kompensiert. Dem Entwickler, der selbst präzise anpassen möchte, können von seinem Lieferanten vermessene Samples gestellt werden, damit der eingebrachte Fehler kompensiert werden kann.

Der richtige Widerstand für die fehlerfreie Funktion

Sie müssen also klein sein und möglichst genau arbeiten. Gleichzeitig sollte der ESR des Quarzes klein sein. ESR steht für Equivalent Series Resistance und beschreibt den ohmschen Widerstand im Ersatzschaltbild, den das Quarzbauteil bei seiner Resonanz hat. In Datenblättern wird meist ein maximaler ESR vorgegeben, den der Hersteller zusagt, nicht zu überschreiten. Dieser ESR_{max} hat direkten Einfluss auf die Schwingsicherheit (OSF) der Schaltung und sollte daher möglichst klein sein.

Der ESR_{max} ist jedoch im Allgemeinen größer, je kleiner der Quarz ist. Zudem gilt: Je kleiner der Quarz, desto weniger Leistung kann er ohne Überlastung aufnehmen.

Einsatz moderner Quarze in älteren Schaltungen: Re-Design

Diese Leistungsthematik führt zu einer Problemstellung, die nicht nur auf IoT-Anwendungen begrenzt ist. Derzeit werden viele Re-Design-Projekte durch die Problematik angestoßen, dass ältere und größere Quarz-Bauformen wegen auslaufender Verfügbarkeit der Vorprodukte abgekündigt werden müssen. Hierbei steht der Entwickler oft vor dem Problem, dass er eine Schaltung, die mit einer großen



Während einer Schaltungsuntersuchung werden Schwingsicherheit, Frequenzgenauigkeit sowie die Leistung am Quarz analysiert

Quarz-Type freigegeben war, umdesignen muss, um sie mit einem verfügbaren kleineren Quarz zu betreiben. Ein besonderes Augenmerk muss dabei unter anderem der Leistung am Quarz gewidmet werden. Diese ist möglichst durch Messung zu überprüfen. Dadurch stellt der Entwickler zum einen sicher, dass der Quarz im harmonischen Bereich betrieben wird und damit möglichst verlustfrei mit der zugesagten Spezifikation betrieben wird. Zum anderen wird einer übermäßigen Alterung des Quarzes und im Extremfall einem Ausfall durch Überlastung vorgebeugt.

Welche Quarz-Produkte eignen sich besonders für den Einsatz in IoT-Anwendungen?

Prinzipiell sind Quarze und Quarzoszillatoren gleichermaßen geeignet. Mit beiden sind die erforderlichen Frequenzstabilitäten erreichbar.

Bei großen Stückzahlen der Applikation wird die Wahl meist aus betriebswirtschaftlichen Erwägungen auf den Quarz fallen. Allerdings gehen mit dessen Entwicklung die meisten Aufgaben einher, damit am Ende ein stabil funktionierendes Produkt steht. Dem gegenüber steht der aufwändigere Oszillator, dessen Hersteller die Einhaltung aller Parameter garantiert. Er bietet höchste Genauigkeit, gepaart mit hoher Betriebssicherheit – und das bei vergleichsweise geringem Ent-

wicklungsaufwand. Um all diese anspruchsvollen Anforderungen an einen präzisen Quarztakt möglichst gut erfüllen zu können, gibt es spezielle Quarzbaureihen wie die Jauch-JXS-WA-Quarze für Wireless-Applikationen (WA). Die elektrischen Parameter dieser Produkte wurden besonders optimiert und weisen durch spezielle Vorbehandlung eine besonders niedrige Langzeit-Alterung auf.

Zum Schluss soll noch auf die oft zusätzlich eingesetzten Stimmgabelquarze (auch Uhrenquarze genannt) hingewiesen werden, die meist mit $32,768\text{ Hz}$ schwingen. Viele ICs bieten die Option, einen zusätzlichen Uhrenquarz als Standby-Takt zu beschalten. Damit eröffnet sich die Möglichkeit, in Ruhephasen der Applikation den Hochfrequenztakt ruhen zu lassen und so die Leistungsaufnahme am IC deutlich zu reduzieren. Das IC läuft dann in Teilen mit $32,768\text{ Hz}$ weiter und kann so schnell wieder in den Power-Mode zurückkehren.

Uhrenquarze eignen sich wegen der vergleichsweise hohen Temperaturempfindlichkeit nicht als ausreichend präziser Takt für Wireless-Anwendungen. Sie gelten aber wegen der wesentlich geringeren Stromaufnahmen von wenigen μA als ideale Ergänzung für den oft gewünschten Standby-Betrieb. Außerdem sind diese Uhrenquarze natürlich für alle klassischen Realtime-Clock-Anwendungen geeignet. ◀