

Schwingquarz oder Quarzoszillator – wie einsetzen?

Oft stellt sich dem Entwickler einer elektronischen Baugruppe die Frage, ob ein Schwingquarz oder ein Quarzoszillator eingesetzt werden soll. Es gilt, den verschiedenen Randbedingungen wie Platzbedarf, Frequenzstabilität, Bauteilkosten und Entwicklungskosten gerecht zu werden.



Bild 1: Einfacher Oszillator in SMD-Bauform in der Größe 7 x 5 mm. Solche Oszillatoren sind erhältlich für die Frequenzen von 1,0 MHz bis 160 MHz und für Versorgungsspannungen von 1,8 V / 2,5 V / 3,0 V / 3,3 V und 5 V (GEYER Electronic)

Kleine Stückzahlen oder fehlende Kapazität für das Analog-Design - Oszillatoren einsetzen!

Mit einem Schwingquarz kann der Entwickler prinzipiell selbst seine eigene Oszillatorschaltung aufbauen. Weshalb setzt man dann Oszillatoren oft sogar als Taktgeber in einfachen Anwendungen ein? Oder in Fällen, bei denen der Microcontroller bereits mit internen aktiven Komponenten die Verwendung eines Quarzes ermöglicht? Der Grund liegt nicht nur in der geforderten Frequenzstabilität. Definiertes Anschwingverhalten und die Betriebssicherheit über den gesamten Temperaturbereich sind oft von größerer Bedeutung. Bei Quarzen ist ein gewisser Aufwand erforderlich, um die Schaltung an den Quarz anzupassen und sicheren Betrieb zu gewährleisten. Bei geringen Stückzahlen ist es in jedem Fall günstiger, sich den erhöhten Entwicklungsaufwand zu sparen und statt eines Quarzes den teureren Oszillator zu verwenden. Beim Einsatz eines Oszillators entfallen die Bauteile, die zur Anpassung des Quarzes erforderlich gewesen wären. So spart man auch Platz auf dem PCB. Oszillatoren sind leicht verfügbar, zum Beispiel in SMD-Bauform in den Größen 7 x 5 mm oder kleiner. Im Datenblatt von Microcontrollern finden sich Hinweise, wie ein externer Oszillator angeschlossen wird.

Nur bei sehr großen Stückzahlen, wenn ein Oszillator nicht bereits intern in einem IC auf der Baugruppe vorhanden ist und wenn der Platz ausreicht, ist es wirtschaftlich sinnvoll, sich mittels einzelner Bauelemente und eines Quarzes seinen Oszillator selbst zu bauen.

Große Stückzahlen – Ein Schwingquarz ist die beste Wahl!

Die Verwendung eines Quarzes bringt bei großen Stückzahlen Kostenvorteile. Meistens enthält der Microcontroller bereits eine aktive Komponente, die es erlaubt, mit einem Quarz und wenigen passiven Komponenten einen Oszillator zu konfigurieren. Die Anwenderinformationen der IC-Hersteller geben einige Basisinformationen zur Beschaltung, vernachlässigen jedoch oft wichtige Details, wie z.B. die zulässige Quarzbelastung oder die angemessene Dimensionierung der Quarz-Peripherie.

Ab etwa 40 MHz werden in der Regel Oberton-Quarze eingesetzt. Diese erfordern schaltungstechnische Vorkehrungen, um das Anschwingen auf dem Grundton zu unterbinden. Schaltungen mit Oberton-Quarzen sollten besonders sorgfältig dimensioniert und in ihrem Betriebsverhalten geprüft werden.

Diese Konfiguration ist am häufigsten anzutreffen. Im Bild 2 (nächste Seite oben) ist links die prinzipielle Konfiguration zu sehen, die statt des Inverters auch mit einem einfachen Transistor realisiert werden könnte, um eine Phasenverschiebung von 180° und auch Verstärkung zu erhalten. Für weitere 180° muss ein Rückkopplungs-Netzwerk sorgen, das aus dem Quarz zusammen mit zwei Kondensatoren C₁ und C₂ und einem Widerstand R_V besteht. Insgesamt erhält man somit 360°, die zusammen mit angemessener Verstärkung die Schwingbedingung erfüllen.

Microcontroller mit Colpitts-Oszillator

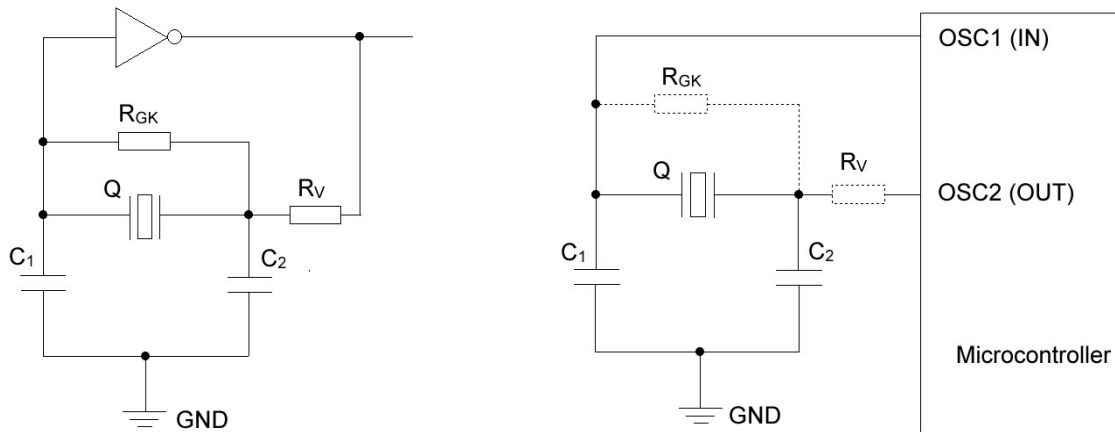


Bild 2: Pierce-Oszillatorschaltung mit rückgekoppeltem Inverter. Rechts: Inverter im Microcontroller enthalten

Bei Microcontrollern ist meist der Inverter für diese Pierce-Oszillatorschaltung bereits enthalten. Dies erlaubt zudem sehr einfach, statt eines Quarzes einen Oszillator an OSC1 anzuschließen und OSC2 offen zu lassen.

Der Widerstand R_V kann, z.T. als Ausgangsimpedanz des Inverters und/oder als integrierter Widerstand bereits im Microcontroller enthalten sein. Das gleiche gilt für den hochohmigen Widerstand R_{GK} , der den DC-Arbeitspunkt einstellt. Leider machen die Halbleiterhersteller hierzu kaum Angaben.

C_1 , der Schwingquarz, C_2 und R_V bilden das frequenzrelevante Rückkopplungs-Netzwerk. C_1 , C_2 und R_V sollten so gewählt werden, dass sich insgesamt die passende Lastkapazität für den Quarz ergibt und gleichzeitig die maximal zulässige Quarzbelastung nicht überschritten wird. Diese kann insbesondere mit R_V eingestellt werden. Viele Prozessor-Hersteller integrieren bereits einen Widerstand am Inverterausgang, es ist jedoch sinnvoll, die Platzierung eines (zusätzlichen) externen Widerstands vorzusehen, wenn in den Datenblättern Angaben zu Impedanz- und Spannungs-Niveaus fehlen. Nur bei Kenntnis der Parameter am Ausgang des Inverters kann man optimales Phasen- und Schwingverhalten erzielen und vermeiden, dass die zulässige Quarzbelastung überschritten wird.

Es ist **nicht** sinnvoll, C_1 und C_2 gleich groß anzusetzen (z.B. jeweils auf das Doppelte der Lastkapazität). C_2 hat einen viel geringeren Einfluss auf die Frequenz als C_1 , da sich C_2 zusammen mit R_V bzw. der Inverter Ausgangsimpedanz effektiv auf einen höheren Kapazitätswert transformiert. Es ist deshalb nicht möglich, aus der einfachen Serienschaltungs-Formel für die Kapazitäten C_1 und C_2 den der spezifizierten Lastkapazität entsprechenden Wert zu ermitteln. Besser ist es, C_2 von vornherein mindestens um den Faktor 2-3 größer zu wählen und C_1 gleich oder nur geringfügig größer als die spezifizierte Lastkapazität anzusetzen. Mit dem resultierenden Verhältnis von C_2 zu C_1 ergibt sich dann gleichzeitig eine sinnvolle Transformation des niedrigen Impedanzniveaus am Inverterausgang auf den hochohmigen Invertereingang.

Microcontroller mit Colpitts-Oszillator

Sind die Anschlüsse der Microcontroller für eine Colpitts-Schaltung (Bild 3) konfiguriert, so gilt im Prinzip Ähnliches wie beim Pierce-Oszillator:

Es ist der Dimensionierung besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

Ggf. können hier sogar zusätzliche Komponenten wie z.B. eine Kapazität in Serie zum Quarz notwendig werden, um der Quarz-Lastkapazität zu entsprechen. Bitte sprechen Sie unsere Entwicklungsabteilung an, um sicher zu gehen.

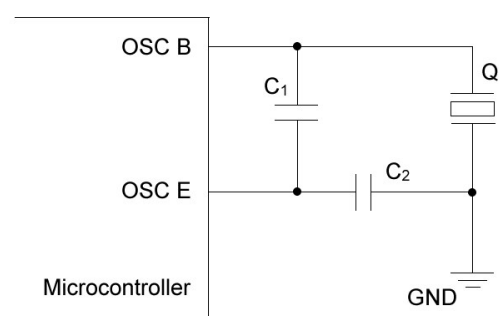


Bild 3: Colpitts-Konfiguration am Microcontroller

Microcontroller mit nur einem Oszillator-Anschluss

Manchmal zeigt das Datenblatt des Microcontrollers den Schwingquarz in Reihe zu einem Kondensator an Masse (Bild 4). In diesem Fall kann der Lastkapazität des Quarzes durch den Wert der Serien-Kapazität C_1 entsprochen werden.

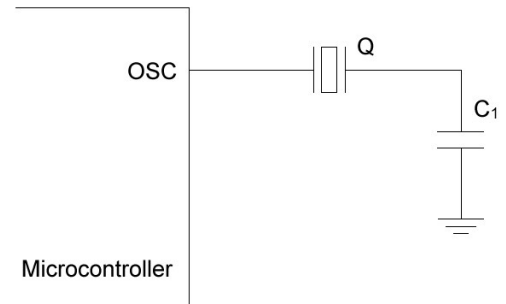


Bild 4 Microcontroller mit nur einem Quarzanschluss

Die Anschwingreserve sollte immer überprüft werden

Um zu prüfen, ob der Quarz in der Schaltung sicher anschwingt, wird in Reihe zum Quarz manuell ein Widerstand eingelötet. Hierzu eignen sich SMDWiderstände am besten. Die Schaltung muss auch dann anschwingen, wenn der Widerstandswert um einen vorher festgelegten Faktor X höher ist als der gemäß Spezifikation maximale Resonanzwiderstand des Quarzes. Dieser ist dem Datenblatt zu entnehmen und ist mit ESR_{max} oder R_{1max} bezeichnet. Der Faktor X sollte mindestens 3 im gesamten Betriebstemperaturbereich betragen, branchenspezifisch sind auch höhere Werte für X angemessen.

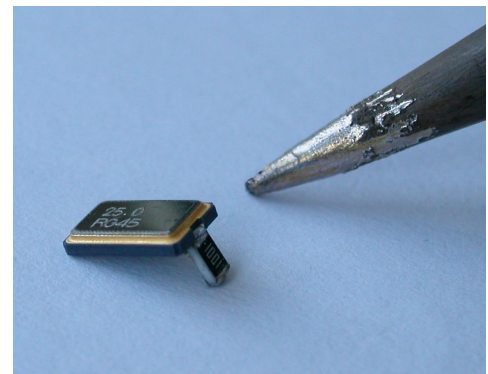


Bild 5: Die Anschwingreserve wird überprüft, indem manuell ein kleiner SMD-Widerstand an einen der Anschlüsse des Quarzes gelötet wird. (GEYER Electronic)

Bei kleinen Stückzahlen empfiehlt es sich auch aus wirtschaftlichen Gründen, Oszillatoren statt Quarze einzusetzen. Oszillatoren sind einfach anzuschließen und sicher in ihrem Betriebsverhalten. Bei größeren Stückzahlen werden häufig die kostengünstigeren Quarze an einem Microcontroller als Taktgeber verwendet. Es wird die Vorgehensweise beschrieben, wie die erforderlichen externen passiven Bauelemente ausgewählt und bemessen werden können. Außerdem wird eine einfache Testmethode vorgestellt, um die Anschwingreserve zu überprüfen.