

Eigentlich ganz simpel

Beschaltung von Uhrenquarzen

Uhrenquarze, also Schwingquarze mit einer Frequenz von 32,768 kHz, gehören heute zu den weltweit meistverkauften Quarzbausteinen. Doch obwohl sie in unterschiedlichen Bauformen millionenfach eingesetzt werden, besteht bei vielen Anwendern Nachholbedarf beim Verständnis dieser frequenzbestimmenden Bauelemente.



Unklarheit herrscht insbesondere beim Drive Level und bei der temperaturabhängigen Frequenzabweichung.

Drive Level

Dieser ist definiert als der an den Elektroden des Quarzbausteins verfügbare Strom. Der Einfachheit halber wird dieser Wert zumeist als die im oszillierenden Quarz umgesetzte Verlustleistung angegeben. Dabei reichen die Werte von einigen hundert Milliwatt bis hinunter in den Mikrowatt- und teilweise sogar den Nanowatt-Bereich. Bei den meisten Uhrenquarzen ist der Wert mit maximal 1 μ W spezifiziert.

Demnach muss also der Strom an den Elektroden auf einen Wert begrenzt werden, der zu einer maximalen Verlustleistung von 1 μ W bei oszillierendem Quarz führt. Wird dieser Wert überschritten, können irreversible Frequenzsprünge auftreten, die wiederum ein erratisches Verhalten des Quarzbauteils im Temperaturgang bis hin zum Ausfall aufgrund eines Bruchs des Quarzes zur Folge haben.

Beim Erreichen des empfohlenen Drive Levels spielt das Design der jeweiligen Oszillatorschaltung ebenso wie die Auswahl der Schaltungskomponenten eine entscheidende Rolle.

Ein wesentliches Element der Schaltung ist im Normalfall der Inverter in einem Parallelresonanzkreis (Bild 1). In dieser Schaltung hat R1 die Funktion, den Schaltkreis in die lineare Betriebsart zu zwingen. R2 soll den verfügbaren Strom begrenzen, weshalb sein Wert sorgfältig berechnet werden muss. Pauschal gültige Werte für R1 und R2 können nicht angegeben werden, da es eine Vielzahl von Inverter-Chips gibt, die jeweils ihr eigenes internes Design mit den daraus resultierenden Charakteristika aufweisen.

Eine gute Ausgangsbasis für Oszillatorschaltungen mit Uhrenquarz ist jedoch, zunächst R1 auf 20 M Ω und R2 auf 0,5 M Ω zu setzen. Für C₁₁ und C₁₂ haben sich als Anhaltpunkt Werte zwischen 10 und 20 pF etabliert. Der maximale Wirkwiderstand wird vom Anbieter des Schwingquarzes spezifiziert.

Aufgrund der Art der Schwingung des Uhrenquarzes ist der spezifizierte Maximalwert mit 35 bis 50 k Ω recht hoch; in der Praxis liegt der Widerstand bei etwa 75 % des Höchstwerts, was Ausgangsbasis für die Berechnung von R2 sein kann. Ist diese Berechnung erfolgt und die Schaltung einsatzbereit, muss unbedingt der tatsächliche Quarzstrom gemessen werden. Bei einem 32,768-kHz-Quarz liegt dieser typisch bei 1 μ A oder darunter. Da dieser niedrige Strom mit einem Oszilloskop schwer zu messen ist, empfiehlt sich die Verwendung einer Stromzange und eines einstellbaren Milliamperemeters. Dabei bietet sich an, die Messung an einem Quarz mit Anschlüssen durchzuführen, selbst wenn im Serienprodukt ein SMD eingesetzt werden soll.

Die verschiedenen Gehäuse haben keinen nennenswerten Einfluss. Falls keine Stromzange zur Hand ist, kann temporär ein zusätzlicher Widerstand in Reihe zum Quarz geschaltet werden. Dieser Widerstand sollte etwa 10% des spezifizierten maximalen Widerstands des Quarzes



*Autor:
Gerd Reinhold
Produktmarketing
FCP, WDI AG
www.wdi.ag*

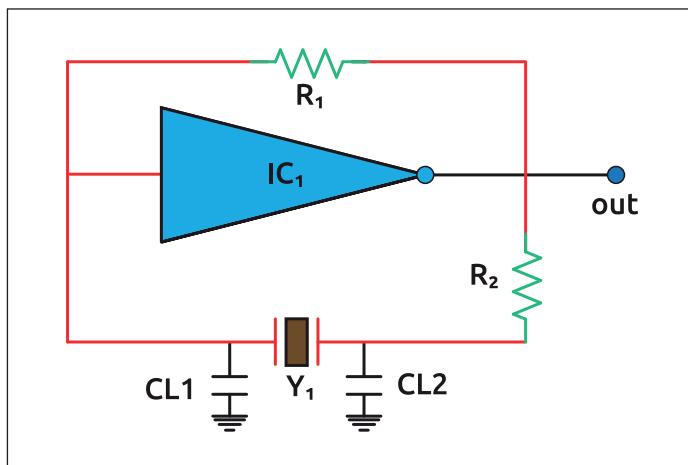


Bild 1: Oszillatorschaltung: Der Widerstand R2 begrenzt den Quarzstrom

aufweisen. Der Spannungsabfall über diesem Widerstand wird gemessen und daraus mithilfe des Ohmschen Gesetzes der Strom ermittelt.

Negativer Widerstand

Ein anderer Ansatz, sich an die Anschwingsicherheit heranzutasten, besteht darin, sich am sogenannten negativen Widerstand zu orientieren, falls keine geeigneten Strommessgeräte vorhanden sind. Dies erfolgt unter Zuhilfenahme eines regelbaren Widerstands.

Im Prinzip besteht diese Methode darin, einen variablen Widerstand zu verwenden, der in Reihe mit dem Quarz geschaltet und fünf- bis zehnmal größer als der spezifizierte maximale Serienwiderstand des Quarzes ist. Mit dem auf den Maximalwert eingestellten Widerstand wird die Oszillatorschaltung aktiviert und die Ausgangswellenform mit einem Oszilloskop betrachtet. Beim Verringern des Widerstands wird schließlich der Punkt erreicht, an dem der Quarz zu schwingen beginnt. Der Wert des variablen Widerstands (in Verbindung mit dem Wert für R2) am Anschwingpunkt stellt den maximalen Wirkwiderstand dar, bei dem der Quarz zuverlässig zu schwingen beginnt. Dieser Widerstand wird gemessen und R2 durch einen Widerstand mit gleichem oder nahezu gleichem Wert ersetzt.

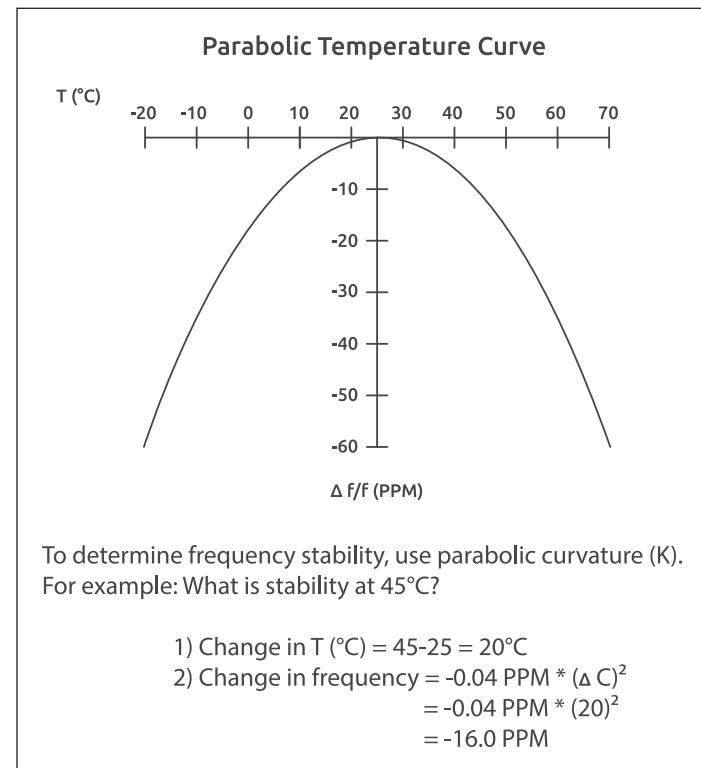
Temperaturbedingte Frequenzabweichung

Anbieter von Schwingquarzen liefern in den Spezifikationen einen Wert für den Temperaturgang der Frequenz. Häufig wird von Kunden die Frage gestellt, mit welcher Frequenzabweichung bei einer Änderung des Temperaturbereichs zu rechnen ist. Die Frequenzabweichung in Abhängigkeit der Temperatur stellt sich bei einem Uhrenquarz in Form einer nach unten geöffneten Parabel dar (Bild 2). Bei der Inversionstemperatur (üblicherweise etwa 25 °C) ist die Abweichung (fast) null, ober- und unterhalb dieser Temperatur schwingt der Quarz langsamer.

Die genaue Inversionstemperatur ist abhängig vom Winkel, in welchem der Quarzrohling geschnitten wurde. Daher ist es prinzipiell möglich, diese Temperatur zu verändern. Allerdings werden Uhrenquarze in sehr großen Stückzahlen weitgehend automatisch produziert. Es ist deshalb äußerst unwahrscheinlich, dass ein Hersteller seine Fertigung unterbricht und anpasst, um wenige Quarze mit kundenspezifischer Inversionstemperatur liefern zu können. Die relative Frequenzabweichung ($\Delta f/f$) lässt sich wie folgt berechnen:

$$\Delta f/f = k \cdot (T - T_0) \zeta$$

Dabei beträgt die Konstante k etwa -0,04 ppm/K, T ist die gewünschte Temperatur und T_0



To determine frequency stability, use parabolic curvature (K). For example: What is stability at 45°C?

$$\begin{aligned} 1) \text{ Change in } T (°C) &= 45-25 = 20°C \\ 2) \text{ Change in frequency} &= -0.04 \text{ PPM} * (\Delta C)^2 \\ &= -0.04 \text{ PPM} * (20)^2 \\ &= -16.0 \text{ PPM} \end{aligned}$$

Bild 2: Der Graph der temperaturabhängigen Frequenzabweichung hat die Form einer nach unten geöffneten Parabel mit dem Scheitelpunkt bei etwa 25 °C

steht für die Inversionstemperatur von ungefähr 25 °C. Es kann davon ausgegangen werden, dass ein Uhrenquarz auch bei Temperaturen außerhalb des spezifizierten Temperaturbereichs eingesetzt werden, da mit weiteren temperaturbedingten Auswirkungen auf dessen Verhalten zu rechnen ist. ◀

quenz. Ohne vorherige Absprache mit dem Hersteller sollte ein Quarz jedoch nicht außerhalb des spezifizierten Temperaturbereichs eingesetzt werden, da mit weiteren temperaturbedingten Auswirkungen auf dessen Verhalten zu rechnen ist. ◀