

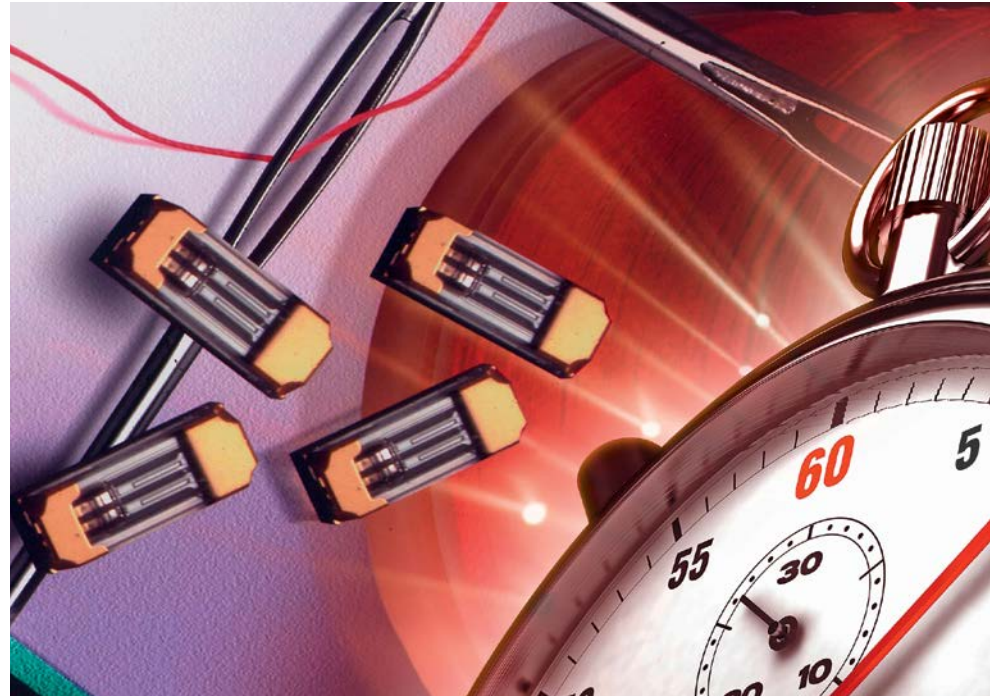
Beschaltung von Uhrenquarzen.

## Eigentlich ganz simpel

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

Der Drive Level 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  $1 \mu\text{W}$  spezifiziert. Demnach muss also der Strom an den Elektroden auf einen Wert begrenzt werden, der zu einer



maximalen Verlustleistung von  $1 \mu\text{W}$  bei oszillierendem Quarz führt. Wird dieser Wert überschritten, können irreversible Frequenzsprünge auftreten, die wiederum ein erratic 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

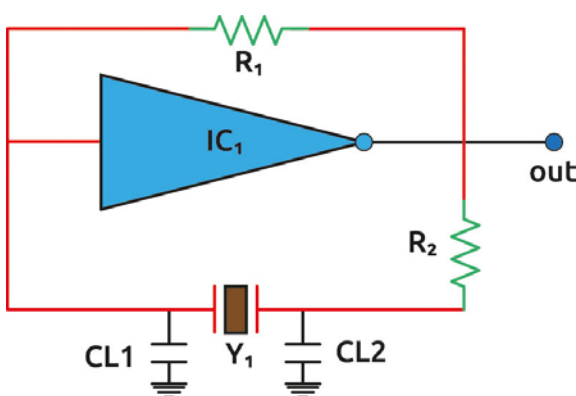
jeweiligen Oszillatorschaltung ebenso wie die Auswahl der Schaltungskomponenten eine entscheidende Rolle. Ein wesentliches Element der Schaltung ist im Normalfall der Inverter in einem so genannten Parallelresonanzkreis. Eine solche Schaltung ist in **Bild 1** dargestellt.

In dieser Schaltung hat der Widerstand  $R_1$  die Funktion, den Schaltkreis in die lineare Betriebsart zu zwingen.  $R_2$  soll den verfügbaren Strom begrenzen, weshalb sein Wert sorgfältig berechnet werden muss. Pauschal gültige Werte für  $R_1$  und  $R_2$  können nicht angegeben werden, da es eine Vielzahl verfügbarer 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  $R_1$  auf  $20 \text{ M}\Omega$  und  $R_2$

auf  $0,5 \text{ M}\Omega$  zu setzen. Für die Kondensatoren  $CL_1$  und  $CL_2$  haben sich als Anhaltspunkt Werte zwischen 10 und  $20 \text{ pF}$  etabliert. Der maximale Wirkwiderstand wird vom Anbieter des Schwingquarzes spezifiziert. Aufgrund der Art der Schwingung des Uhrenquarzes ist der spezifizierte Maximalwert mit 35 bis  $50 \text{ k}\Omega$  recht hoch; in der Praxis liegt der Widerstand bei etwa 75% des Höchstwerts, was als Ausgangsbasis für die Berechnung von  $R_2$  zugrunde gelegt werden kann. Wenn diese Berechnung durchgeführt wurde und die Schaltung einsatzbereit ist, muss unbedingt der tatsächliche Quarzstrom gemessen werden.

Bei einem 32,768-kHz-Quarz liegt der durch den Quarz fließende Strom typisch bei  $1,0 \mu\text{A}$  oder darunter. Da dieser niedrige Strom mit einem Oszilloskop schwer zu messen ist,



1 | Oszillatorschaltung: Der Widerstand  $R_2$  begrenzt den Quarzstrom

empfiehlt sich die Verwendung einer Stromzange und eines einstellbaren Milliampere-Meters. Dabei bietet sich an, die Messung an einem Quarz mit Anschlüssen durchzuführen, selbst wenn im Serienprodukt ein SMD-Bauelement eingesetzt werden soll. Die verschiedenen Gehäuse haben keinen nennenswerten Einfluss auf die Eigenschaften des Uhrenquarzes.

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 aufweisen. Der Spannungsabfall über diesem Widerstand kann gemessen und daraus mithilfe des Ohmschen Gesetzes der Strom durch den Widerstand ermittelt werden. Mit diesem Wert lässt sich die Verlustleistung des Quarzes berechnen.

### 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 zehnfach größer als

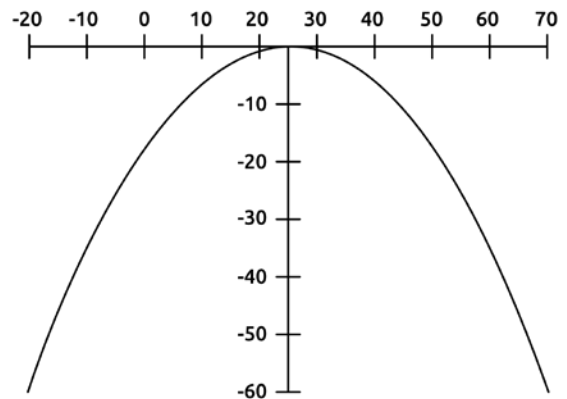
der spezifizierte maximale Serienwiderstand des Quarzes ist. Mit dem auf den Maximalwert eingestellten Widerstand wird die Oszillatorschaltung aktiviert und die Ausgangswellenform mit einem Oszilloskop betrachtet. Beim Verringern des Widerstands wird schließlich der Punkt erreicht, an dem der Quarz zu schwingen beginnt. Der Wert des variablen Widerstands (in Verbindung mit dem Wert für  $R_2$ ) am Anschwingpunkt stellt den maximalen Wirkwiderstand dar, bei dem der Quarz zuverlässig zu schwingen beginnt. Dieser Widerstand wird gemessen und  $R_2$  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.



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

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:

$$\Delta f/f = k \cdot (T - T_0)^2$$

Dabei hat die Konstante  $k$  einen Wert von etwa  $-0,04 \text{ ppm/K}$ ,  $T$  ist die gewünschte Temperatur und  $T_0$  steht für die Inversionstemperatur von ungefähr 25°C.

Es kann davon ausgegangen werden, dass ein Uhrenquarz auch bei

Temperaturen außerhalb des spezifizierten Bereichs schwingt, jedoch mit einer zunehmenden Abweichung von der Sollfrequenz. 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. dar

### Autor

Gerd Reinhold ist bei WDI im Produktmarketing für frequenzbestimmende Bauelemente tätig.

[www.elektronik-informationen.de/27050](http://www.elektronik-informationen.de/27050)

### KONTAKT

WDI AG,  
Industriestraße 25a,  
22880 Wedel,  
Tel. 04103 1800-0,  
E-Mail [info@wdi.ag](mailto:info@wdi.ag),  
[www.wdi.ag](http://www.wdi.ag)