

Problemkind Quarz – Mythos oder Realität?

Wegen seiner technischen Komplexität gilt der Quarz gern als Problemkind und zählt daher nicht gerade zu den beliebtesten Bauelementen auf einer Stückliste.

Die WDI AG hat sich auf das Marktsegment „Frequency Control Products“ spezialisiert und bietet seit über 15 Jahren neben einer breiten Herstellerauswahl auch einen umfassenden FAE-Support, um den Anwender bei der Wahl des richtigen Frequenzgebers zu unterstützen. Wir sprachen mit Gerd Reinhold von WDI über typische Irrtümer und gängige Probleme im Anwendungsumfeld von Quarzen und Oszillatoren.

ELEKTRONIKPRAXIS: Herr Reinhold, Sie als Spezialist für frequenzgebende elektronische Bauelemente, können uns doch sicher sagen, ob der Quarz wirklich so ein kritisches Bauteil ist, wie man oft den Eindruck gewinnt?

Gerd Reinhold: Grundsätzlich gilt, so wie bei den meisten anderen elektronischen Bauelementen auch, dass nur ein vollständig und richtig spezifizierter Quarz auch ein guter Quarz ist.

Leider erlebt man in der Praxis, dass gerade hier viel Luft nach oben ist und viele Produkte nach dem Motto „mit Basteln zum Erfolg“ eingesetzt werden. Grundsätzlich sind zur exakten Spezifizierung eines

Schwingquarzes mindestens sechs Angaben notwendig. Dazu gehören zunächst zwingend folgende Angaben: Bauform (SMD oder bedrahtet), Ausgangsfrequenz (in kHz oder MHz), Frequenztoleranz bei 25 °C (in ppm), Frequenzstabilität (in ppm) über den Arbeitstemperaturbereich (in °C), Lastkapazität (in pF), max. ESR-Wert (in Ohm). Überdies sind gegebenenfalls noch weitere Angaben notwendig, z.B. bei Bedarf einer bestimmten „Ziehfähigkeit“ (Pulling) oder bei Definition einer gewünschten maximalen Alterung (Aging).



Der Quarz, das ungeliebte Bauteil: Wegen seiner technischen Komplexität gilt der Quarz gern als Problemkind und zählt daher nicht gerade zu den beliebtesten Bauelementen auf einer Stückliste.

Ist eine vollständige Spezifikation nicht eigentlich selbstverständlich? Welche Erfahrungen machen Sie in Ihrem Alltag?

Da kann ich Ihnen einige Beispiele aus der täglichen Praxis nennen. Oft wird z.B. die Lastkapazität eines Quarzes als eine untergeordnete, gar unerhebliche Angabe verstanden. Doch die Lastkapazität des Quarzes muss unbedingt zur Auslegung des Oszillatorschaltkreises passen. Bei jeder Abweichung vom Soll schwingt der Quarz nicht mehr auf der vorgesehenen Nennfrequenz. Daraus können sich schnell Frequenzabweichungen von deutlich mehr als 100 ppm ergeben. Im schlimmsten Fall kann es durch Aufsummierung in der Toleranzkette sogar dazu kommen, dass sich im Betrieb über die Temperatur von beispielsweise -40 bis 85 °C Quarz und MCU nicht mehr „verstehen“ und dies zum Ausfall der Schaltung führt. Die Berechnungsformel für die richtige Lastkapazität lautet wie folgt:

$$C_{L_{ist}} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} + C_{chip} + C_{Streu}$$

Ein Beispiel mit $C_1 = C_2 = 12 \text{ pF}$:

$$C_{L_{ist}} = \frac{12 \text{ pF} \cdot 12 \text{ pF}}{24 \text{ pF}} + 5 \text{ pF} + 1 \text{ pF} = 12 \text{ pF}$$

C_{chip} = parasitäre Kapazität, kann man mit 5 pF annehmen,

C_{Streu} = pauschale Annahme 1 pF.

Viele Anwender spezifizieren engste Toleranzen, führen jedoch durch falsche Auslegung der Lastkapazität ihre Vorgaben absurdum.

Was hat es eigentlich mit der so genannten Anschwingsicherheit auf sich und wie kann ich diese sicherstellen bzw. überprüfen?

Eine gute Frage, welche leider viel zu selten im Tagesgeschäft gestellt wird. Denn die Anschwingsicherheit (C_M) ist ein sehr wichtiger Faktor bei der Auslegung einer zuverlässigen Oszillatorschaltung. Die Berechnungsformel dazu ist:

$$C_M = \frac{-R}{ESR}$$

Zur Ermittlung des negativen Widerstandes ($-R$) in der Oszillatorschaltung bietet es sich an, ein Potenziometer in Reihe zum Quarz zu schalten (Bild 1).

Je nach Drehrichtung des Potenziometers hört der Quarz auf zu schwingen oder er beginnt zu schwingen. Dieser Punkt ist der Wert für den negativen Widerstand ($-R$) in der Oszillatorschaltung.

Lassen Sie mich das anhand des folgenden Beispiels erläutern:



Gerd Reinhold: „Nur ein vollständig und richtig spezifizierter Quarz ist auch ein guter Quarz. Leider erlebt man in der Praxis, dass gerade hier viele Produkte nach dem Motto „mit Basteln zum Erfolg“ eingesetzt werden.“

Gemessen werden -280 Ω. Der ESR Wert des verwendeten Quarzes wird mit maximal 50 Ω spezifiziert.

$$C_M = \frac{-280}{50} = 5,6$$

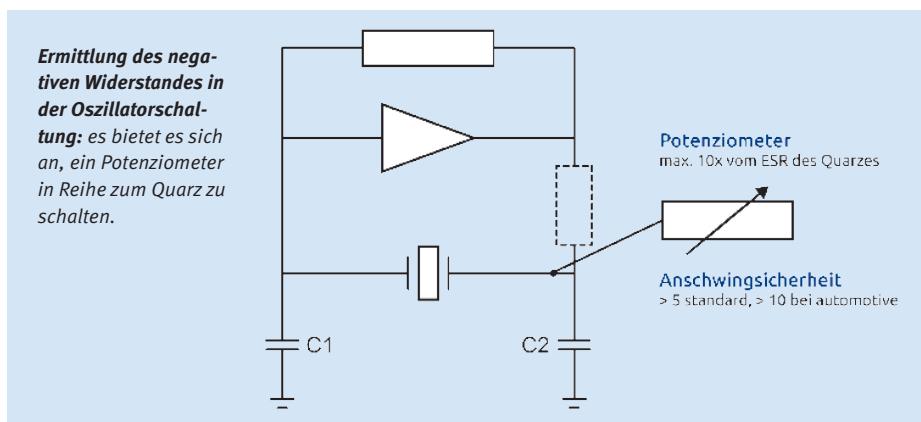
Für industrielle Anwendungen sollte eine Anschwingsicherheit (C_M) von mindestens 5 angestrebt werden.

In unserem Beispiel liegen wir bei 5,6 im sicheren Bereich.

Für Automotive-Anwendungen wird ein C_M von mehr als 10 vorgeschrieben, was häufig durch größeren technischen Aufwand bei der Quarzherstellung und/oder dem Schaltungsdesign erreicht werden kann.

Nehmen wir zum Beispiel einen Quarz, der mit einer Frequenzstabilität von ±50 ppm über einen Arbeitstemperaturbereich von -40 bis 85 °C spezifiziert ist. Hört der Quarz auf zu schwingen wenn er z.B. bei 105 °C betrieben wird?

Nein, das wird er nicht. Der Quarz wird weiter schwingen bei 105 °C – es ist jedoch anzunehmen, dass die definierte Frequenzstabilität nicht mehr eingehalten wird. Die Frequenzstabilität (in ppm) eines Quarzes ist grundsätzlich mit dem so genannten Arbeitstemperaturbereich (z.B. -40 bis 105 °C) „verheiratet“. Die oftmals gängige Spezifikation ±30 ppm über -40 bis 85 °C besagt, dass der Quarz über den definierten Temperaturbereich niemals eine größere Abweichung als ±30 ppm haben wird. Bei 105 °C ist daher davon auszugehen, dass die ±30 ppm nicht mehr eingehalten werden und sich beispielsweise bei ±50 ppm bewegen könnte. Daher



sind Aussagen zur Abweichung eines Quarzes ohne Aussagekraft, wenn der dazugehörige Arbeitstemperaturbereich nicht genannt wird.

Eine weitere Frage aus dem Alltag. Bei einem Re-Design soll ein bedrahteter Quarz durch eine kleine, moderne SMD-Bauform ersetzt werden. Muss die restliche Schaltung angepasst werden?

Unbedingt! Dies wird beispielsweise durch den höheren ESR-Wert des Quarzes im kleineren Gehäuse erforderlich. Je kleiner die Bauform und je niedriger die Frequenz, desto größer ist der ESR-Wert eines Quarzes. Dieser Wert beeinflusst immanent das so genannte Anschwingverhalten eines Quarzes in der Schaltung.

Ein Beispiel: Ein Quarz in einem bedrahteten Gehäuse der sehr gängigen Bauform HC49/S mit 16 MHz hat einen maximalen ESR-Wert von 40 Ohm. Die bei Neuentwicklungen bevorzugte SMD-Bauform 3,2 mm x 2,5 mm hat einen ESR-Wert von maximal 80 Ohm. Aus diesem Grunde ist verständlicherweise die Schaltung anzupassen. Oft

werden kleine SMD-Keramikbaufomren auch mit einer tendenziell kleineren Lastkapazität spezifiziert (typisch 12 pF). Daher können die Werte der verwendeten Parallel-Kondensatoren niedriger gewählt werden, was sich positiv auf das Anschwingverhalten auswirkt.

EP: Wie beeinflusst die Bauform Preis und Verfügbarkeit sowie Funktion?

Grundsätzlich sollte man sich auf in der Industrie gängige Bauformen festlegen. Bei SMD-Keramikgehäusen hat sich nunmehr das 4-Pad-Design gegenüber der auch noch erhältlichen 2-Pad-Variante durchgesetzt. Die gängigsten SMD-Bauformen sind heute: 5 mm x 3,2 mm, 3,2 mm x 2,5 mm, 2,5 x 2 mm und 2 mm x 1,6 mm. Der Trend zu noch kleineren Bauformen wie 1,6 mm x 1,2 mm geht weiter. Allerdings ist zu beachten, dass nicht alle Frequenzen in jeder Baugröße erhältlich sind. Je kleiner die Bauform, desto eingeschränkter ist der verfügbare Frequenzbereich. So ist zum Beispiel die Bauform 3,2 mm x 2,5 mm typischerweise erst ab 10 MHz erhältlich

und das Gehäuse mit 2 mm x 1,6 mm erst ab 24 MHz.

Also, je kleiner die Bauform, desto höher der Preis?

Nicht unbedingt. Der Trend zu immer kleineren Bauformen wird überwiegend von den großen Marktsegmenten Telekommunikation, Wireless-Applikationen und Automotive getrieben. Aufgrund der großen Abnahmemengen in diesen Marktsegmenten haben die Hersteller ihre Produktionskapazitäten auf diese Bedarfe eingestellt und können somit äußerst preisgünstig anbieten. Die SMD-Bauform 3,2 mm x 2,5 mm ist daher viel preisgünstiger als die ältere Bauform 5 mm x 3,2 mm. Diese Trends sollten auch immer bei anstehenden neuen Designs, aber ebenso bei Redesigns bedacht werden.

Abschließend noch eine kommerzielle Frage. Welche Rolle spielt die heutige Bauelemente-Distribution im Markt der Taktgeber?

Zunächst ist zu unterscheiden, ob es sich um Broadline-Distribution mit mehr als 100 Herstellern für aktive und passive Bauelemente handelt oder die so genannte Fachdistribution, die sich auf bestimmte Produkttechnologien spezialisiert hat. Die Spezialisten für frequenzbestimmende Bauelemente können neben den gängigen Standards auch zielgerichteten Support anbieten. Dies setzt allerdings technische Kompetenz voraus, um mit den Entwicklern des Kunden über die Anforderung des Quarzes, die durch die Applikation gegeben sind, sprechen zu können. Daraus ergibt sich dann ein entsprechendes Anforderungsprofil für das Bauteil. // TK

WDI