Schwingquarze

Getestete Sicherheit

Je höher die Anforderungen an die Zuverlässigkeit eines Schwingquarzes, desto mehr Aufwand muss der Anwender betreiben: spezifizieren, messen, testen. Doch der Aufwand lohnt sich, denn Systemausfälle kann und will sich niemand leisten.

Bernd Neubig, Axtal Consulting

» Mit einer DLD-Prüfung können wir Schwingquarzen mit Anschwingproblemen erkennen und aussortieren. «

Heute finden Schwingquarze hauptsächlich als Taktgeber für Mikrocontroller und -prozessoren Einsatz. »Dort kommt es nicht auf 1 oder 2 ppm Frequenzgenauigkeit an«, so Bernd Neubig, Geschäftsführer von Axtal Consulting. Die Einkäufer wählen den Quarz einfach entsprechend der Application-Note aus, seine Baugröße bestimmt sich aus dem vorhandenen Platz und dem Preis.

Neubig: »Die Einkaufsspezifikation umfasst oft nicht mehr als die Frequenz und Baugröße, manchmal noch die Gesamttoleranz und vielleicht eine mehr oder weniger dubiose Angabe über die Lastkapazität.« Überspitzt ausgedrückt: In die Spezifikation des Quarzes wird oft nicht viel mehr Aufwand gesteckt als in die Auswahl eines normalen Chipwiderstands.

Neubig warnt: »Diese Herangehensweise ist nur bei unkritischen Anwendungen vertretbar.« Bei Anwendungen, die auf eine hohe Zuverlässigkeit des Quarzes angewiesen sind, Beispiele sind in der Automobil-Elektronik, in der Sicherheits- oder der Medizintechnik zu finden, sowie bei Anlagen, bei denen ein Systemausfall oder eine Reparatur sehr teuer wäre, ist mehr Sorgfalt bei der Spezifikation und bei der Auswahl der Bauelemente erforderlich. Mit verschiedenen Testverfahren lässt sich dann die Zuverlässigkeit der Schwingquarze überprüfen. Fehlerhafte Bauteile können aussortiert werden. Wer dabei Hilfe braucht, kann sich an ein unabhängiges Testhaus wenden, zu denen sich auch Axtal Consulting zählt.

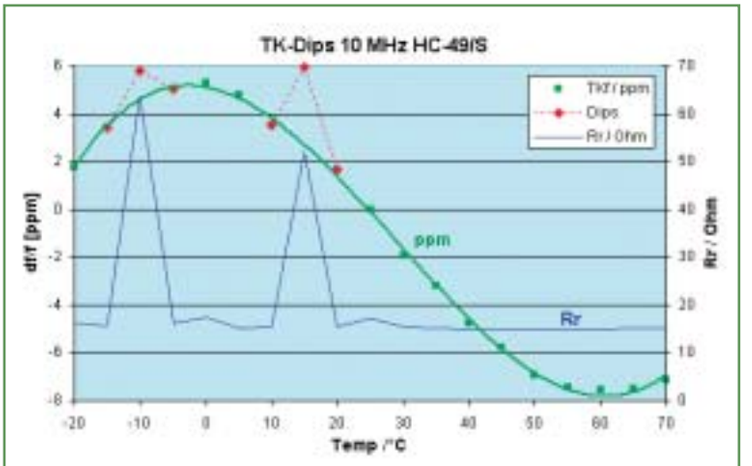
Neubig: »Wir unterstützen die Anwender nicht nur bei der Planung und Durchführen von Qualifikationsprüfungen, sondern auch bei der Vorbereitung und Durchführung von Prozessaudits beim Quarzhersteller.« Wie lässt sich nun die Zuverlässigkeit der Bauteile sicherstellen?

Im ersten Schritt müssen die Entwickler die Quarzspezifikation auf die Oszillatorschaltung anpassen. Der wichtigste Punkt ist dabei die Anschwingsicherheit: Arbeitet der Oszillator auch dann sicher, wenn der Quarz den im Hersteller-Datenblatt angegebenen maximal zulässige Resonanzwiderstand (R_r max) aufweist?

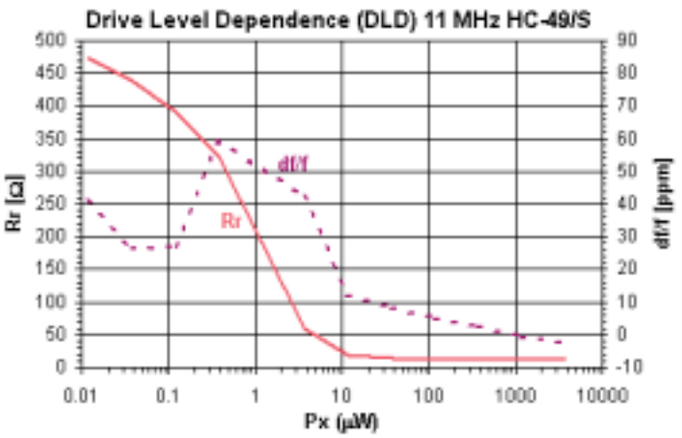
Neubig: »Für einen zuverlässigen Betrieb unter allen Bedingungen ist es erforderlich, dass der Oszillator auch noch beim Fünf- bis Zehnfachen Wert des Maximalwiderstands anschwingt.« Ist dies nicht der Fall, muss entweder die Schaltung entsprechend optimiert oder der Maximalwert des Resonanzwiderstandes in Abstimmung mit dem Lieferanten reduziert werden.

Außer der Anschwingbedingung sollte auch die Quarzbelastung, also der HF-Strom durch den Quarz, überprüft werden. Dieser sollte nicht mehr als 2 bis 3 mA betragen, bei Miniaturquarzen max. 1 mA. Wenn eine Frequenzgenauigkeit von besser 100 ppm erforderlich ist, rät Neubig dazu, auch die Lastkapazität, die Abgleichbedingung für den Quarz, genauer zu bestimmen. Eine erste Abschätzung könne auf dem Papier erfolgen, genauer sei es aber, anhand eines Musterquarzes die Lastkapazität messtechnisch zu ermitteln.

Im zweiten Schritt empfiehlt Neubig eine Qualifikationsprüfung anhand von Prototypen. Der Umfang der Prüfungen lässt sich dabei auf die spezifischen Anforderungen der Applikation anpassen; als Grundlagen dient die Norm IEC



Schwingquarze, die bei Zimmertemperatur einwandfrei arbeiten, können im Temperaturbereich einen erhöhten Resonanzwiderstand und stärkere Frequenzsprünge aufweisen. Ursache dafür sind Kopplungen der Hauptresonanz mit Störresonanzen von anderen Schwingungsformen, die oft nur innerhalb eines engen Temperaturbereichs auftreten und zu so genannten Aktivitäts-Dips führen. Besonders kritisch bezüglich solcher Dips sind miniaturisierte Schwingquarze mit Streifenquarzen, d.h. schmalen rechteckigen Quarzscheiben, und hierbei insbesondere die tieferen Frequenzen.



»Sleeping Crystals« zeigen bei niedriger Quarzbelastung eine erhöhten Resonanzwiderstand, der zu Aussetzern bzw. Ausfällen beim Anschwingen führen kann. Durch einen DLD-Test (DLD = Drive Level Dependance) lassen sich Schwingquarzen mit Anschwingproblemen aussortieren.

61178-3. Für Automotive-Anwendungen kann alternativ die AEC Q200 und im MIL-Bereich die MIL-PRF-3098 herangezogen werden. Um sicherzustellen, dass die Qualität nicht nur in der Bemusterungsphase stimmt, werden die Produktionslose einem Screening-Test unterzogen. Dazu zählen:

- DLD-Prüfung (DLD = Drive Level Dependance): So genannte Sleeping-Crystals zeigen bei niedriger Quarzbelastung einen erhöhten Resonanzwiderstand, der zu Aussetzern bzw. Ausfällen beim Anschwingen führen kann. »Mit einer DLD-Prüfung können wir Schwingquarzen mit Anschwingproblemen erkennen und aussortieren«, so Neubig

Ein normaler Systemtest reicht dafür übrigens nicht aus: Oszillatoren, die wegen der Drive-Level-Dependance des Quarzes zunächst nicht anschwingen, können durch äußere Einflüsse, z.B. Aufsetzen einer Prüfspitze, kleinste Störimpulse, Handannäherung usw. doch zum Anschwingen gebracht werden, fallen dann aber bei späteren Einschaltvorgängen aus.

Zudem kann durch Wärmelagerung der DLD-Effekt temporär »ausheilen«.

»Quarze, die einen irregulären DLD-Effekt zeigen, stellen grundsätzlich ein Zuverlässigkeitsrisiko über die Zeit dar, auch wenn sie in einer Erstprüfung im konkreten Oszillator zunächst nicht auffällig sind«, verdeutlicht Neubig. Aus diesem Grunde führe Axtal den Test bei sechs oder mehr Belastungswerten durch. Dies geht über die Festlegungen der IEC 60444-6 hinaus, die nur die Messung bei zwei Belastungen vorschreibt.

- Prüfung auf Aktivitäts-Dips: Schwingquarze, die bei Zimmertemperatur einwandfrei arbeiten, können im Temperaturbereich einen erhöhten Resonanzwiderstand und stärkere Frequenzsprünge aufweisen. Ursache dafür sind Kopplungen der Hauptresonanz mit Störresonanzen von anderen Schwingungsformen, die oft nur innerhalb eines engen Temperaturbereichs auftreten und zu sogenannten Aktivitäts-Dips führen. Besonders anfällig für solche Dips sind miniaturisierte Schwingquarze mit Streifenquarzen, d.h. schmalen rechteckigen Quarzscheiben, und hierbei insbesondere die tieferen Frequen- ▶

zen (siehe auch Markt&Technik, Heft 42/2004).

Neubig: »Damit wir solche Dips aufspüren, müssen wir die Resonanzfrequenz und -widerstand in engen Temperaturschritten im gesamten Arbeittemperaturbereich messen.« Die Messdaten werden dann gemäß IEC 60444-7 auf Unregelmäßigkeiten analysiert. Ausschlaggebend für die Schwingsicherheit ist, ob der festgelegte Grenzwert des Resonanzwiderstands bei keiner Temperatur überschritten wird. Bei frequenzkritischen Anwendungen darf auch der Temperaturgang der Frequenz nur geringfügig von der idealen Parabel abweichen. Weil die Dips nur in einem engen Temperaturbereich auftreten, lassen sich die Ausfälle nicht durch andere Prüfungen mit größeren Temperaturschritten aufdecken.

- Temperaturwechseltest: Mit diesem Test lassen sich Schwingquarze mit unzureichender thermischer Belastbarkeit erkennen: der Test provoziert Ausfälle z.B. infolge von unzureichender Festigkeit der Klebestellen der Quarzscheibe und mangelnde Haftfestigkeit der Elektroden auf der Quarzscheibe. Empfehlenswert ist die Zweibäder-Methode oder die Zweikammermethode nach IEC 60068-2-14 bzw. die entsprechende Methode des MIL-STD-202. Der Test zeigt Prozessschwächen bei der Quarzherstellung auf, die durch ein Burn-In-Test der Baugruppe in der Regel nicht nachgewiesen werden können, die aber ein Risiko für Langzeitausfälle darstellen können.

Die thermische Beanspruchung in diesem Test ist stärker als bei einem Boardtest, weil der Temperaturausgleich wesentlich schneller ist. Damit ergibt sich ein größerer Sicherheitsabstand zu den Bedingungen im praktischen Betrieb.

- Temperaturlagerung: In den Fällen, in denen die Anwendung eine höhere Frequenzstabilität erfordert, werden mit diesem Test Schwingquarzen mit irregulärer Alterung ausselektiert. Die Quarze werden bei 85°C über mehrere Wochen gelagert. Ein Überschreiten der maximal zulässigen Frequenzänderung (Alterung) in dieser Zeit bedeutet Ausfall. Dieser Test provoziert beschleunigte Ausfälle über die Zeit, hervorgerufen z.B. durch mangelnde Dichtheit (Grobleck) des Quarzgehäuses. (su)