

unerwünschte andere Modi in geringem Maße mit ein. Zu erwähnen ist dabei die antimetrische oder auch die Twist-Schwingung. Im Impedanzverlauf ist dies daran zu erkennen, dass oberhalb der Sollfrequenz so genannte Nebenresonanzen auftreten. Sie lassen sich zwar durch bestimmte konstruktive Maßnahmen dämpfen, aber nicht ausschließen (Bild 7). Meist stören sie uns nicht, wir werden ihnen aber bei den Quarzfiltern wieder begegnen.

Letztendlich soll in diesem Abschnitt auf die Last- oder Bürdekapazität eingegangen werden, die bei der Bestellung eines Quarzes anzugeben ist. Da es nicht gelingt, für jede vorkommende Schwingung den Quarz so zu schleifen, dass er automatisch die richtige Frequenz aufweist, ist für ein Korrekturmedium zu sorgen, um ihn wegen Bauteiltoleranzen auf die richtige Frequenz zu bekommen.

Bürde-C mit 30 pF

Betrachten wir zunächst Grundwellenquarze. Die Hersteller gleichen sie so ab, dass sie die richtige Frequenz bei externen Parallel-C von 30 pF erreichen. Der Anwender muss dafür sorgen, dass die Schaltung ein derartiges Parallel-C aufweist, vorzugsweise als Trimmkondensator ausgebildet. Damit lässt sich per Zähler die richtige Frequenz einregeln. International haben sich 30 pF als Lastkapazität etabliert, in Ausnahmefällen sind abweichende Werte von etwa 24...40 pF spezifiziert. Obertonquarze erhalten keine Lastkapazität, sie arbeiten in Serienresonanz und dürfen in der Schaltung auch keine größere Parallelkapazität haben, sonst würden sie nicht anschwingen. Hersteller berücksichtigen einen Wert von 6 pF, den sie als Kapazität des Quarzhalters und der Schaltkapazitäten annehmen.

Halterung im Gehäuse

Die Halterung besteht aus einer Grundplatte mit Anschlussstiften, die mittels Glasdurchführungen im Sockel isoliert sind. Das Gehäuse bildet eine Metallkappe. Die Quarzscheibe ist entweder in einen Spiralfederling oder in einen Schlitz einer dünnen Flachfeder eingefasst. Bei der letzteren ist sie leitend verklebt (Bild 8). Vor dem Verschluss füllt man das Bauteil mit Helium-Stickstoffgemisch, um Korrosion oder Alterung hinauszuschieben. Präzisionsquarze fertigt man im evakuierten Glashalter zur Steigerung der Güte. Nach der Endvermessung erhält der Quarz die Beschriftung – heute meist mit Lasergravur.

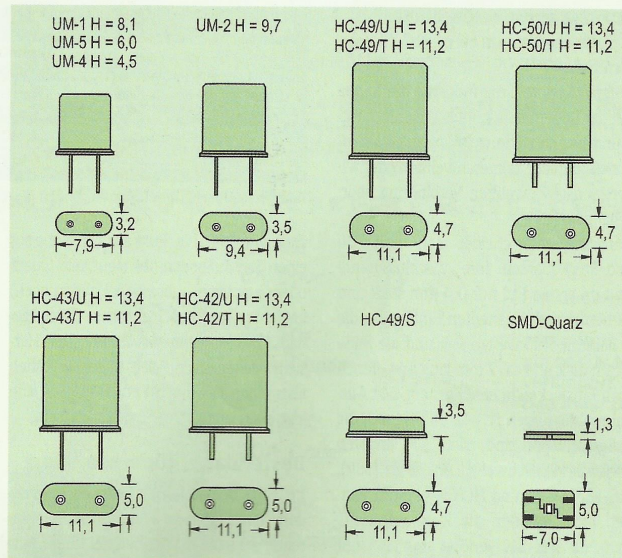


Bild 9: Gebräuchliche Haltertypen

Drift durch Alterung

Jeder, der eine Quarzarmbanduhr besitzt, kennt den Effekt: Nach ein bis zwei Monaten geht die Uhr um eine Minute vor. Die elektronische Unruhe der Uhr, also der Quarz, schwingt mit der Zeit immer schneller. Der Grund: mechanische Abläufe am Kristall.

An den Schwingungsbäuchen wird die Amplitude zwar klein sein, aber die Frequenz ist sehr hoch, d.h. dort treten große Beschleunigungseffekte auf. Als Folge wirft der Quarz Material ab – winzige Partikel des Kristalls lösen sich aus dem Gefüge und fliegen weg. Er verliert an Masse und kommt dadurch in seiner Schwingfrequenz immer höher. Andere Experten sehen die Ursache in einer Diffusion von Wasserdampf in das Kristallgefüge, wieder andere reden von Diffusion des Silbers der aufgedampften Silberelektroden in das Kristallgitter.

Ohne Zweifel ist der Alterungsprozess ein Zusammenwirken vieler komplexer Vorgänge, sodass wir uns über die wahren Ursachen keine allzu großen Gedanken machen sollten.

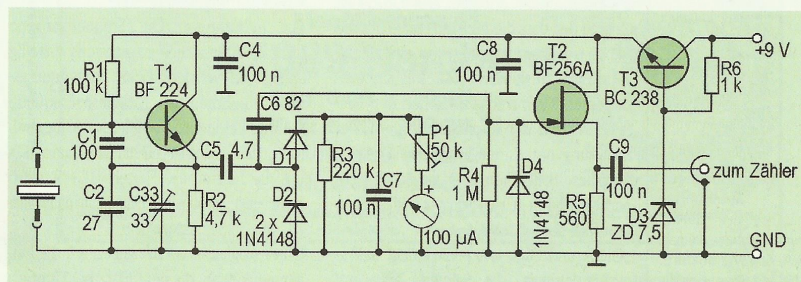
Eines ist hier jedoch sehr wichtig: die Umgebungstemperatur. Nimmt sie zu, steigt die Geschwindigkeit der Alterung. Die Zunahme beträgt ca. 10 % pro 10 °C. Eine Alterung über 30 Tage bei 85 °C entspricht einer gleichen Änderung über ein Jahr bei Zimmertemperatur.

Präzisionsquarze werden daher in der Fabrik zwei Wochen „vorgealtert“, indem man sie in einer Schwingungsschaltung einer erhöhten Belastung und einer erhöhten Temperatur aussetzt. Die eigentliche „Alterungsrate“, wie man sie als „ageing“ manchmal in den Datenblättern findet, beträgt bei Standardware ca. 2 ppm pro Jahr, bei schlechter Massenware ca. 5 ppm pro Jahr. Übrigens: Auch Quarzfilter altern genau so wie die Kanalquarze, d.h. ihre Mittenfrequenz wandert im Laufe der Zeit nach oben.

Halter in diverser Ausführung

Das umhüllende Gehäuse bezeichnet man als Quarzhalter. Von der englischen Bezeichnung „Holder, Crystal-“ herrührend, fangen die meisten Quarzhalterbezeichnungen mit HC- an (Bild 9). Ur-

Bild 10: Stromlaufplan eines einfachen Quarztesters



sprünglich begann man wohl mal bei HC-1, inzwischen ist man bei ca. HC-70 angekommen.

Anfangs verlötete die Industrie die Kappe mit der Bodenplatte mittels Weichlot. Aufgrund besserer Langzeitkonstanz ist man inzwischen zur kaltgeschweißten oder widerstandsgeschweißten Verbindung übergegangen.

Äußerlich unterscheidet man nach Löt- und Steckquarzen. Ihre Anschlussdrähte sind im ersten Fall nur 0,4 mm stark und dienen zum permanenten Einlöten in die Schaltung. Im zweiten Fall sind die Stifte 1 mm dick und ca. 7 mm lang und dienen zum Einstecken in eine Fassung. Mit Ausnahme der Typen HC-42 und HC-43, die kaltgeschweißt sind, sind alle anderen widerstandsgeschweißt. HC-6/U (Stift), HC-18/U (Löt) und HC-25/U (Stift) wurden nicht mehr in die Liste aufgenommen, da alle drei verlötet sind und nur noch als Surplusquarze eine Rolle spielen.

Tabelle 2

	Grundtonquarz	Obertonquarz
Genutzte Beschaltung	Parallelresonanz	Serienresonanz
Impedanz im Resonanzfall	sehr groß	klein (ca. 20...40 Ω)
Ziehbarkeit	groß	klein
Zulässiges Bürde-C	typ. 30 pF	6 pF
Quarzgüte Q	sehr hoch	kleiner als bei Grundton

Tabelle 2: Übersicht der grundlegenden Eigenschaften von Grund- und Obertonquarzen

Quarze zutrifft. Ein Sturz aus 1 m Höhe auf einen Steinfußboden übersteht kein Quarz oder Quarzfilter unbeschadet, wenn doch, hat man unwahrscheinliches Glück gehabt. Die Abnahmevorschriften der Hersteller sehen neben den üblichen Rütteltests einen Fall aus 30 cm Höhe auf eine Hartholzplatte vor, mehr darf nicht sein.

Bestelldaten für einen Quarz

Im Falle der Auftragserteilung zur Fertigung eines Quarzes sind bestimmte Parameter zu nennen. Als Beispiel führen wir im Folgenden die Bestelldaten eines Quar-

temperatur aufweisen darf, in unserem Falle sind es also ±90 Hz. Wir wollen einen zulässigen Betriebstemperaturbereich von -20...+70 °C haben, der Quarz soll dabei nicht mehr als ±180 Hz vom Soll abweichen, daher ±20 ppm.

Wenn wir den DIN-Normen bei der Beschriftung folgen, sind Grundwellenquarze in kHz zu beschriften, Obertonquarze in MHz. Letzten Endes ist es dem Quarzhersteller egal, ob er dem Quarz „145,500“ eingraviert oder „Kanal Carmen“.

Messung von Quarzen

Eine einfache Testschaltung, mit der sich sowohl quantitative als auch qualitative Aussagen treffen lassen, ist in Bild 10 und 11 zu sehen. T₁ bildet einen Colpitts-Oszillator. Am Emittierwiderstand R₂ ist sehr lose über C₅ zum einen ein Pegelindikator angeschlossen, zum anderen eine Sourcefolgerschaltung mit T₂, um einen niederohmigen Ausgang für einen Frequenzzähler zu ermöglichen. C₁, C₂ und C₃ bilden zusammen das Bürde-C von 30 pF.

Der Abgleich erfolgt am besten so, dass man einen Quarz mit bekannter Frequenz (hergestellt für ein Bürde-C von 30 pF) in die Prüffassung steckt und am Trimmer C₃ einregelt, bis der Zähler diese Frequenz anzeigt. Am Trimpoti stellt man dabei etwa 50 % Vollausschlag ein. Der Autor betreibt diesen Tester mit zwei 4,5-V-Batterien, diese halten ewig, zum Testen wird ja nur kurz eingeschaltet.

Mit dem Tester lassen sich Grundwellenquarze gut prüfen, Obertonquarze zeigen natürlich ihren Grundton an. In diesem Fall ist beispielsweise bei einem Quarz im dritten Oberton die Zähleranzeige mit drei zu multiplizieren. Bis auf einige Kilohertz Differenz lässt sich der zugehörige Kanal erkennen. Aufgrund des für Obertonquarze zu hohen Bürde-Cs wird der Obertonquarz zu niedrig schwingen, die wahre Frequenzlage wird also höher sein.

Der dritte Teil der Artikelserie beschäftigt sich mit monolithischen Filtern. Sie sind beispielsweise in Eingangs- und ZF-Stufen von großer Bedeutung.

(wird fortgesetzt)



Bild 11: Im Gehäuse untergebracht Quarztester des Autors

Empfindliche Bauteile

Noch ein Wort zum Einlöten: Vielerorts begegnet man der Unsitte, an der Kappe des Bauteils herumzulöten, etwa um das Gehäuse „zu erden“. Dies ist in aller Regel sowohl beim Schwingquarz als auch beim Quarzfilter nicht erforderlich. Wenn doch im Ausnahmefall eine Erdung erfolgen soll, muss dies mit einer darüber gestülpten Blechschelle erfolgen. Der Grund ist einfach der, dass die meisten Hersteller die Kappe des Quarzes innen mit einer Polyamid-Folie auskleiden. Sie soll unbeabsichtigten Kurzschluss zwischen den Haltefedern und der Kappe verhindern. Bei Erhitzung der Kappe wellt und verwirft sich diese Folie, woraufhin sie den Kristall berührt und in seinen Schwingeneigenschaften stark beeinträchtigt.

„Glück und Glas, wie leicht bricht das“ – ein Sprichwort, das teilweise auch auf

zes für einen Seitenbandoszillator im Bereich 9 MHz an:

- Frequenz: 9001,5 kHz
- Schwingungsmodus: Grundwelle, Bürde-C = 30 pF
- Quarzhalter: HC-49/T
- Abgleichtoleranz: ±10 ppm bei 20 °C
- Temperaturgang: ±20 ppm innerhalb – 20...+70 °C
- Beschriftung: 9001,5 kHz

Zur Erläuterung: Die Frequenzangabe sollte zur Sicherheit mindestens 7-stellig angegeben werden. Beim Schwingungsmodus nehmen wir für diese Frequenz natürlich eine Grundwellenschwingung, z.B. den Colpitts-Oszillator. Da uns die 13 mm des Halters HC-49/U zu hoch sind, haben wir den 11 mm hohen HC-49/T spezifiziert.

Unter Abgleichtoleranz geben wir die Ungenauigkeit an, die der Quarz bei Zimmer-

Sie erreichen den Autor unter: Harald Helpert, DJ9HH, Oberer Kirchwiesenweg 7 A, 60437 Frankfurt, helpert@t-online.de