

## Schwingquartze

### Begriffe

### Definitionen

#### 1. Steuerquartz

Schwingquartz, der in einer Oszillatorschaltung als frequenzbestimmendes Bauteil eingesetzt wird

#### 2. Filterquartz

Schwingquartz, der in Siebschaltungen hoher Selektivität und Konstanz eingesetzt wird

#### 3.1. Serienresonanzfrequenz $f_s$

Diejenige Frequenz, für die der Scheinwiderstand des Ersatzschaltbildes unter Vernachlässigung des  $R_1$  Null ist. Direkt nicht meßbar, aber rechnerisch bestimmbar; wird nicht spezifiziert!

#### 3.2. Resonanzfrequenz $f_r$

Diejenige Frequenz in der Nähe der Serienresonanzfrequenz, bei welcher der Scheinwiderstand des Schwingquartzes reell ist. Direkt meßbar und wird fast immer spezifiziert. Wird in vielen Spezifikationen fälschlicherweise als Serienresonanzfrequenz bezeichnet (s. 3.1.)

#### 3.3. Parallelresonanzfrequenz $f_p$

Diejenige Frequenz, für die der Scheinwiderstand des Ersatzschaltbildes unter Vernachlässigung des  $R_1$  unendlich ist. Sie errechnet sich wie folgt:

$$f_p = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_1 \frac{C_1 \cdot C_0}{C_1 + C_0}}}$$

#### 3.4. Antiresonanzfrequenz $f_a$

Diejenige Frequenz in der Nähe der Parallelresonanzfrequenz  $f_p$ , bei welcher der Scheinwiderstand des Schwingquartzes reell ist. Wird selten spezifiziert, kann direkt gemessen werden.

#### 3.5. Nennfrequenz $f_0$

Diejenige Frequenz, für welche ein Schwingquartz nach einem Datenblatt gefertigt und benannt wird. Wird immer angegeben.

#### 3.6. Arbeitsfrequenz $f_w$

Auch Istfrequenz genannt, ist diejenige Frequenz, die durch das Zusammenwirken von Oszillatorschaltung und Schwingquartz erzeugt wird.

#### 3.7. Nebenresonanzen

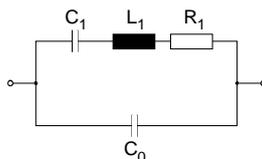
Resonanzstellen des Schwingquartzes außer seinen Grund- und Obertonresonanzstellen. Spezifiziert wird bisweilen der Frequenzbereich innerhalb welches sie zulässig sind, zugleich mit Angabe ihres Abschwächungsmaßes in Bezug auf die Hauptresonanz.

#### 4. Abgleichtoleranz

Zulässige Abweichung von der Nennfrequenz  $f_0$  nach beiden Seiten unter bestimmten Betriebsbedingungen, z. B. Belastung 15  $\mu$ W, Temperatur +23°C.

#### 5. Ersatzschaltbild

Zweipolanordnung elektrischer Schaltelemente, deren Schaltung untereinander und deren Größe das elektrische Verhalten eines Schwingquartzes in dem engen Frequenzbereich einer Resonanzstelle nachbildet. Es ist:



$L_1$  = dynamische Induktivität  $10^{-3}$  -  $10^5$  H  
 $C_1$  = dynamische Kapazität  $10^{-12}$  -  $10^{-18}$  F  
 $R_1$  = dynamischer Verlustwiderstand  $10^0$  -  $10^5$   $\Omega$   
 $C_0$  = statische Parallelkapazität 1 - 50 pF

**5.1. Dyn. Verlustwiderstand  $R_1$**  Durch ihn werden alle Verluste des Quarztes nachgebildet. Wird am genauesten gemessen, wenn  $C_0$  mit einer Parallelinduktivität hoher Güte genau auf die Serienresonanzfrequenz des Schwingquartzes abgestimmt wird.

**5.2. Serienwiderstand  $R_r$**  Der reelle Widerstand, der bei der Frequenz  $f_r$  gemessen wird. Wird fast immer spezifiziert und durch direkte Messung ermittelt.

**5.3. Eff. Serienwiderstand  $R_r'$**  Der reelle Widerstand der Kombination: Schwingquartz in Serie mit einer bestimmten Lastkapazität  $C_L$  (s. 7.), wobei die Resonanzfrequenz  $f_r$  um einen gewissen Betrag  $f$  auf  $f_r'$  nach oben verschoben wird. Wird direkt gemessen. Relation zu  $R_r$ :

$$R_r' = R_r \left( 1 + \frac{C_0}{C_L} \right)^2$$

**5.4. Parallelwiderstand  $R_a$**  Reeller Widerstand des Schwingquartzes bei der Antiresonanzfrequenz  $f_a$ .

**5.5. Eff. Parallelwiderstand  $R_a'$**  Reeller Widerstand des Schwingquartzes in Kombination mit einer parallel zu ihm geschalteten Lastkapazität  $C_L$  bei der um  $f$  auf  $f_a'$  nach unten verschobenen Antiresonanzfrequenz.

**5.6. Dynamische Induktivität  $L_1$**  Elektrischer Ersatzparameter, um das induktive Verhalten des Schwingquartzes oberhalb seiner Serienresonanz, sowie seine Resonanzstellen nachzubilden. Nicht direkt meßbar, doch durch Messungen und Berechnung genau bestimmbar.

**5.7. Dynamische Kapazität  $C_1$**  Elektrischer Ersatzparameter, um das kapazitive Verhalten des Schwingquartzes kurz unterhalb seiner Serienresonanz und kurz oberhalb seiner Parallelresonanz, sowie seine Resonanzstellen nachzubilden.

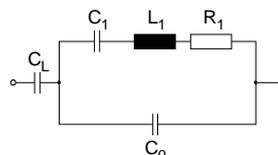
**5.8. Statische Parallelkapazität  $C_0$**  Die elektrische Kapazität des Schwingquartzes als Kondensatorgebilde, bestehend aus seinen Elektroden und der Quartzplatte als Dielektrikum, seinen Elektroden und dem Metallgehäuse plus die Quartzhalterkapazität. Direkt meßbar und des öfteren spezifiziert.

**6. Güte  $Q$**  Sie ist gegeben durch den Ausdruck:

theoretisch: 
$$Q = \frac{\omega_s L_1}{R_1} = \frac{1}{\omega_s R_1 C_1} \omega_s = 2\pi f_s$$

in der Praxis: 
$$Q = \frac{\omega_r L_1}{R_r} = \frac{1}{\omega_r R_1 C_1} \omega_r = 2\pi f_r$$

**7. Lastkapazität  $C_L$**  Eine elektrische Kapazität (Kondensator), der überwiegend in Serie mit dem Schwingquartz oder sehr selten parallel zu ihm geschaltet ist, wird fast immer als Serienlastkapazität spezifiziert;  $C_L = 5 - 220$  pF.



Die Serien- $C_L$  verschiebt die Serienresonanzfrequenz des Schwingquartzes stets nach oben und transformiert die Ersatzgrößen  $L_1$  und  $R_1$  zu größeren Werten.

- 8. Arbeitstemperaturbereich** Derjenige Temperaturbereich, in welchem die vorgeschriebenen Eigenschaften des Schwingquartzes innerhalb der zulässigen Toleranzen liegen müssen.
- 8.1. Frequenz/Temperatur-Charakteristik** Die Hüllkurve, die sich ergibt, wenn die Änderungen der Resonanzfrequenz  $f_r$  (in ppm), die sich bei Temperaturänderungen einstellen, als Ordinaten auf der Temperaturachse als Abszissenachse in den entsprechenden Temperaturpunkten aufgetragen werden. Diese Frequenz/Temperaturcharakteristik folgt der mathematischen Kurvengleichung einer kubischen Parabel, deren Verlauf jedoch durch die Befestigung des Quartzvibrators und die Herstellungstechnologie unbedeutend bis stark gestört ist.
- 8.2. Umkehrpunkte** Die Punkte der Frequ./Temp.-Charakteristik, die eine Horizontaltangente haben.
- 9. Belastung** Die im Schwingquartz selbst verbrauchte elektrische Leistung als Folge seiner dielektrischen und Reibungsverluste, die durch den Serienresonanzwiderstand  $R_1$  nachgebildet werden. Sie ist in der Praxis:
- $$N_V \approx R_r \cdot I_Q^2 \approx \frac{U_Q^2}{R_r} \quad N_V = \text{die elektrische Verlustleistung}$$
- wobei  $R_r \approx R_1$   $I_Q = \text{der durch den Schwingquartz fließende Strom}$   
 $U_Q = \text{die am Schwingquartz anliegende Spannung}$
- Sie sollte immer spezifiziert werden, da alle Betriebsparameter des Schwingquartzes belastungsabhängig sind.
- 10. Schwingungsformen** Die ausgeprägteste Schwingungsform, die in der Nennfrequenz schwingt, z.B. Biege-, Längs-, Konturscher- und Dickenscherschwingung.
- 11. Grundtonschwingquartz** Ein Quartz, der in der Grundfrequenz der vorgegebenen Schwingungsform schwingt.
- 12. Obertonschwingquartz** Ein Quartz, der in einer oberharmonischen Frequenz der vorgegebenen Schwingungsform schwingt, z.B. AT-Schnitt im 3. Oberton.
- 13. Elektroden** An der Oberfläche eines Quarzelementes angebrachte elektrisch leitende Schichten, die das Anlegen einer elektrischen Spannung an dieses und somit das Entstehen eines elektrischen Feldes im Quartzmedium ermöglichen.
- 14. Schwingquartzgehäuse** Auch Schwingquartzhalter bezeichnet, ein Kleingehäuse bestehend aus Bodenplatte mit Innenaufbau und Kappe, zur Befestigung und zum Schutz des Quartzvibrators gegen mechanische und Umwelteinflüsse. Die elektrische Verbindung nach außen erfolgt durch Glasdurchführungen in der Bodenplatte.
- 15. Frequenzstabilität** Die Grundeigenschaft des Schwingquartzes, während kurzer (0,1 - 10 s) und langer (Jahre) Zeitperioden seine Frequenz nur sehr wenig zu verändern.
- Praktische Beispiele:
- |                    |                 |   |
|--------------------|-----------------|---|
| Kurzzeitstabilität | innerhalb 10 s  | $\Delta f / f_0 = \pm 5 \cdot 10^{-10}$ |
| Langzeitstabilität | nach d. 1. Jahr | $\Delta f / f_0 = \pm 1 \cdot 10^{-6}$  |
|                    | nach 10 Jahren  | $\Delta f / f_0 = \pm 3 \cdot 10^{-6}$  |

Literaturnachweis: Katalog der Firma Quarz-Technik in Daun/Eifel