



Bild: Clipdealer

Auf die richtige Schwingung kommt es an: Die Nennfrequenz eines Quarzes in einer Oszillatorschaltung hängt auch von der Lastkapazität ab.

# Einfluss der Kondensatortoleranz auf die Nennfrequenz von Quarzen

*In Oszillatorschaltungen sind kleine Schwingquarze gefragt. Aber kleinere Bauformen haben höhere ESR-Werte als größere Bauformen bei gleicher Frequenz. Das wirkt sich auf die Anschwingsicherheit aus.*

GERD REINHOLD \*

Um ein sicheres Anschwingen zu gewährleisten, werden die Werte der Lastkapazitäten niedriger gewählt. Wichtig ist dabei zu bedenken, dass Quarze mit einer niedrigeren Lastkapazität  $C_L$  – z.B. mit 12 pF – deutlich ziehempfindlicher

( $T_S$  (ppm/pF)) sind, als solche, die mit z.B. 30 pF spezifiziert sind.

Jeder Grundwellenquarz hat eine gewisse Ziehfähigkeit, die, einfach ausgedrückt, von der Baugröße, der Frequenz und der Lastkapazität des Quarzes abhängig ist. So hat

zum Beispiel ein SMD-Schwingquarz mit einer Baugröße von 5 mm x 3,2 mm, einer Frequenz von 20,000 MHz und einer Lastkapazität  $C_L = 12$  pF eine Ziehfähigkeit („Pulling“) von  $T_S = 17$  ppm/pF, bei einem SMD-Schwingquarz mit 5 mm x 3,2 mm, 20,000 MHz, 30 pF, sind es  $T_S = 3$  ppm/pF (siehe Tabelle).

Grundsätzlich gilt, dass die Ziehfähigkeit bei gleicher Frequenz in einer kleineren Bauform stets geringer wird.

## Gefragt sind möglichst niedrige Lastkapazitäten

Bei den heute verwendeten integrierten Schaltungen kommt man meist mit hohen Lastkapazitäten im Hinblick auf eine ausreichende Anschwingsicherheit nicht mehr zurecht. Daher ist es meist unumgänglich, möglichst niedrige Lastkapazitäten zu wählen, um eine befriedigende Anschwingsicherheit zu erhalten (siehe Bild 1).

Für unsere Betrachtung wählen wir folgende Variante aus, damit die Problematik der Toleranzen deutlich wird: SMD-Schwingquarz mit 5 mm x 3,2 mm, 20,000 MHz, Last-

**Tabelle:**  
Ziehverhalten ppm/pF Bauform 5 mm x 3,2 mm.

Freq/ $C_L$	6 pF	8 pF	10 pF	12 pF	14 pF	16 pF	18 pF	20 pF	22 pF
12 MHz	30	19	13	10	7	6	5	4	3
16 MHz	45	28	19	11	10	8	7	5	4
20 MHz	53	33	23	17	13	10	8	7	6
25 MHz	60	38	27	20	15	12	10	8	7
30 MHz	46	28	19	14	11	8	7	5	5

Bild: WDI

**Bild 1:**  
Frequenzveränderung in Abhängigkeit von der Lastkapazität.

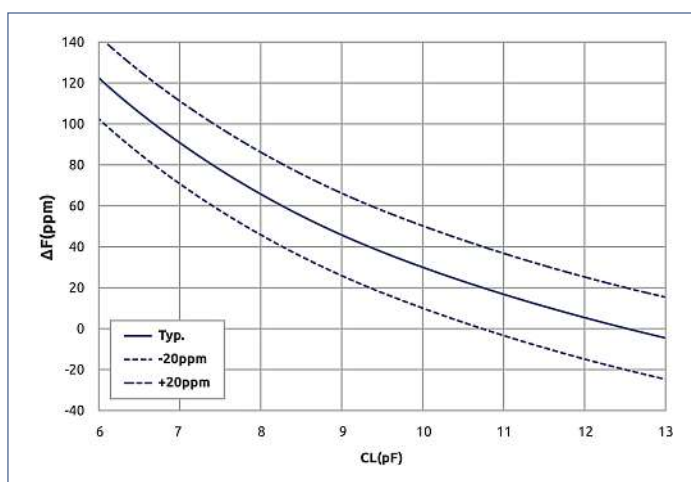


Bild: WDI



**\*Gerd Reinhold**  
... ist Senior Field Application Engineer FCP bei der WDI AG in Wedel bei Hamburg.

kapazität  $C_L = 12 \text{ pF}$ , Frequenztoleranz  $\pm 30 \text{ ppm}$  bei  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , Frequenzstabilität  $\pm 30 \text{ ppm}$  bei  $-40$  bis  $85 \text{ }^\circ\text{C}$ , ESR  $40 \text{ } \Omega$  max. Die beiden verwendeten Parallelkondensatoren  $C_1$  und  $C_2$  in Bild 2 sind  $12 \text{ pF}$  (X7R-Kondensatoren mit 10% Toleranz).

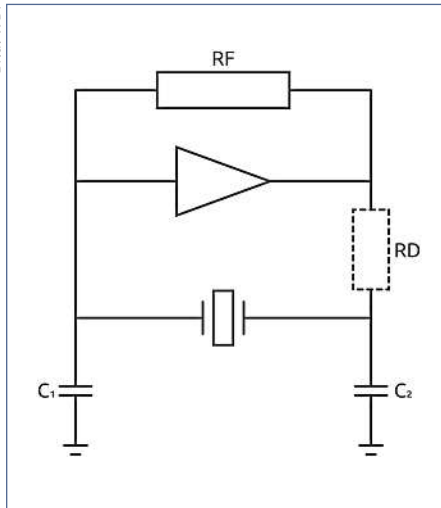
Die Toleranzrechnung ergibt dann:  $C_1/C_2 = 12 \text{ pF}$  Toleranz  $\pm 10\% = \pm 1,2 \text{ pF}$ , Ziehfähigkeit des Quarzes  $T_s = 17 \text{ ppm/pF}$ . Dies ergibt den worst case von  $\pm 20,4 \text{ ppm}$  Frequenzabweichung.

Diese zusätzlichen  $\pm 20,4 \text{ ppm}$  Frequenzversatz, resultierend aus den Toleranzen der Parallelkondensatoren, führen dazu, dass der gewählte Quarz seine spezifizierte Frequenzstabilität von  $\pm 30 \text{ ppm}$  über Arbeitstemperatur nicht mehr einhalten kann.

### Ein anderes Dielektrikum schafft Abhilfe

In diesem Fall empfiehlt sich die Verwendung von Kondensatoren mit einem anderen Dielektrikum, z.B. COG oder NPO mit einer Toleranz von  $\pm 1\%$ . Dadurch ergibt sich eine Frequenzabweichung von „nur“  $\pm 2,04 \text{ ppm}$ .

Bild: WDI



**Bild 2:** Schaltbild einer Oszillatorschaltung.

Werden Quarze mit engen Toleranzen, z.B. mit einer Frequenztoleranz von  $\pm 10 \text{ ppm}$  und  $\pm 10 \text{ ppm}$  Frequenzstabilität verwendet, sind Parallelkondensatoren mit 1% Toleranz zwingend erforderlich, da z.B. Bluetooth-

Verbindungen bei größeren Toleranzüberschreitungen nicht mehr zuverlässig funktionieren.

Nun haben wir hier lediglich die Toleranzen der Parallelkondensatoren betrachtet. Zu berücksichtigen ist, dass alle anderen Toleranzen – wie die Frequenztoleranz, die Frequenzstabilität als auch die Toleranzen der Schaltung an sich – noch hinzugerechnet werden müssen.

### Weitere Gegebenheiten sind zu berücksichtigen

Die Abweichungen aufgrund von Schwankungen in der Versorgungsspannung und Toleranzen wegen Alterung sind ebenfalls noch unberücksichtigt. Daher ist es wichtig, die Auslegung der Lastkapazitäten in der Oszillatorschaltung schon im Designstadium möglichst exakt zu bestimmen, damit es später nicht zu unerwarteten Überraschungen aufgrund von nicht berücksichtigten, möglichen Toleranzadditionen kommt. // TK

WDI