

Timing-Komponenten für Automotive und Industrie

Quarze optimal auf ICs abstimmen



© AdobeStock_347336422

Taktsignale sind das Herz jeder digitalen Schaltung. Doch schon kleinste Abweichungen in der Peripherie können zu Instabilitäten führen. Erfahren sie, warum exakte Schaltungsabstimmung essenziell ist und wie sich typische Fehler vermeiden lassen. In der Welt der Elektronik sind präzise Taktgeber das Herzstück vieler Anwendungen – von der Automobiltechnik bis zur Industrieautomation. Während integrierte Schaltungen (ICs) in der Regel mit verschiedensten Timing-Bausteinen funktionieren, sind Quarzeinheiten (engl. Crystal Units) aufgrund ihrer hohen Frequenzstabilität und Zuverlässigkeit häufig die erste Wahl. Doch nur mit einer sorgfältigen Abstimmung der Peripherieschaltung lässt sich das volle Potenzial dieser Bauteile ausschöpfen.

Was ist eine Quarzeinheit?

Eine Quarzeinheit ist ein passives Bauteil, das auf dem piezoelektrischen Effekt basiert: Wird an einen Quarzkristall eine Spannung angelegt, beginnt dieser zu schwingen. Diese mechanischen Schwingungen werden in elektrische Signale umgewandelt und liefern eine präzise Frequenz. Um diese Schwingungen zu erzeugen, ist jedoch eine geeignete Oszillatorschaltung erforderlich. Dabei bestimmt der Quarz selbst die Taktfrequenz des gesamten Systems.

Herausforderungen bei der Schaltungsabstimmung

Die korrekte Funktion einer Quarzeinheit hängt maßgeblich von der Auslegung der umgebenden Schaltung (Bild 1) ab. Wichtige Parameter sind:

- Lastkapazitäten (C1, C2) beeinflussen die Schwingfrequenz und die Stabilität.

- Rückkopplungswiderstand (RF) sichert die notwendige Verstärkung.
- Dämpfungswiderstand (RD) verhindert unerwünschte Schwingungen.
- Layoutbedingte parasitäre Kapazitäten beeinflussen ggfs. die Gesamtlastkapazität. Eine fehlerhafte Dimensionierung dieser Komponenten kann zu Fehlfunktionen wie Startproblemen und Frequenzabweichungen führen oder einen instabilen Betrieb zur Folge haben.

Das Prinzip des negativen Widerstands

Ein zentrales Kriterium für eine zuverlässige Oszillation ist das Verhältnis zwischen dem negativen Widerstand der Schaltung und dem Resonanzwiderstand des Quarzes (RL). Nur wenn der negative Widerstand ausreichend groß ist, kann die Schaltung die Verluste des Quarzes kompensieren und stabile Schwingungen erzeugen: Startbedingung der Oszillation: $R_L < |-R|$
Betriebszustand der Oszillation: $R_L = |-R|$
mit R_L = Resonanzwiderstand der Quarzeinheit unter Last

Bild 2 zeigt die Lastwiderstandseigenschaften in Abhängigkeit von der Frequenz. Der negative Widerstand der Schaltung muss betragsmäßig größer sein als der Resonanzwiderstand des Quarzes, um eine stabile Oszillation sicherzustellen.

Wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist, startet die Oszillation nicht oder es entstehen instabile Taktsignale.

Typische Fehler aufgrund nicht optimierter Quarzschaltungen sind:

- Keine Oszillation oder sporadisches Startverhalten
- Frequenzabweichung jenseits der Toleranzgrenzen
- Instabile Kommunikation mit Peripherie-ICs
- Beeinträchtigung von EMV-Eigenschaften

Einfluss der Peripherieschaltung

Die Wahl und Abstimmung der Schaltungskomponenten wirken sich sowohl auf die Frequenz als auch auf die Stabilität der Oszillation aus. Dies ist besonders kritisch bei modernen, hochintegrierten ICs, die oft sehr spezifische Anforderungen an den Taktgeber stellen. Bereits kleine Abweichungen in den Kapazitätswerten können zu erheblichen Frequenzverschiebungen oder sogar zum Ausfall der Schaltung führen. Bild 3 zeigt den Einfluss von Last- und Dämpfungswiderständen auf Frequenz

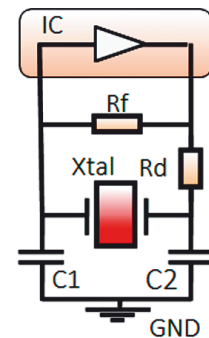


Bild 1: Typische Schaltung zur Ansteuerung eines Quarzes mit externen Lastkondensatoren (C1, C2), Rückkopplungswiderstand (RF) und Dämpfungswiderstand (RD).

und negativen Widerstand. Die Lastkapazität C_L ergibt sich aus C_1 , C_2 und parasitären Anteilen (z. B. Leiterbahnkapazität), gemäß der dargestellten Berechnungsformel. ◀

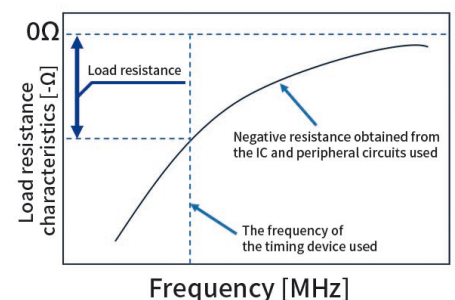
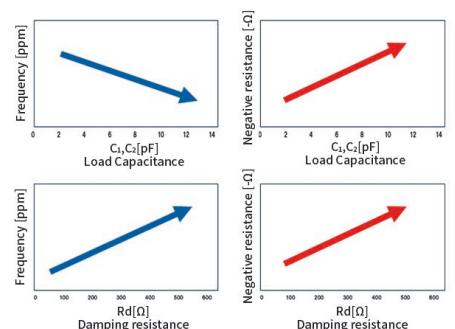


Bild 2: Darstellung der Lastwiderstandseigenschaften in Abhängigkeit von der Frequenz.



How to calculate the load capacitance C_L

$$C_L = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2} + C_{\alpha}$$

* C_{α} is the stray capacitance of patterns, etc. and the input/output capacitance of the IC, and is about 5 pF.

Bild 3: Einfluss von Last- und Dämpfungswiderständen auf Frequenz und negativen Widerstand. Die Lastkapazität C_L ergibt sich aus C_1 , C_2 und parasitären Anteilen (z. B. Leiterbahnkapazität), gemäß der dargestellten Berechnungsformel.

Autor:

Alexander Rzymek
Senior Manager Product Marketing Inductors
Rutronik
www.rutronik.com