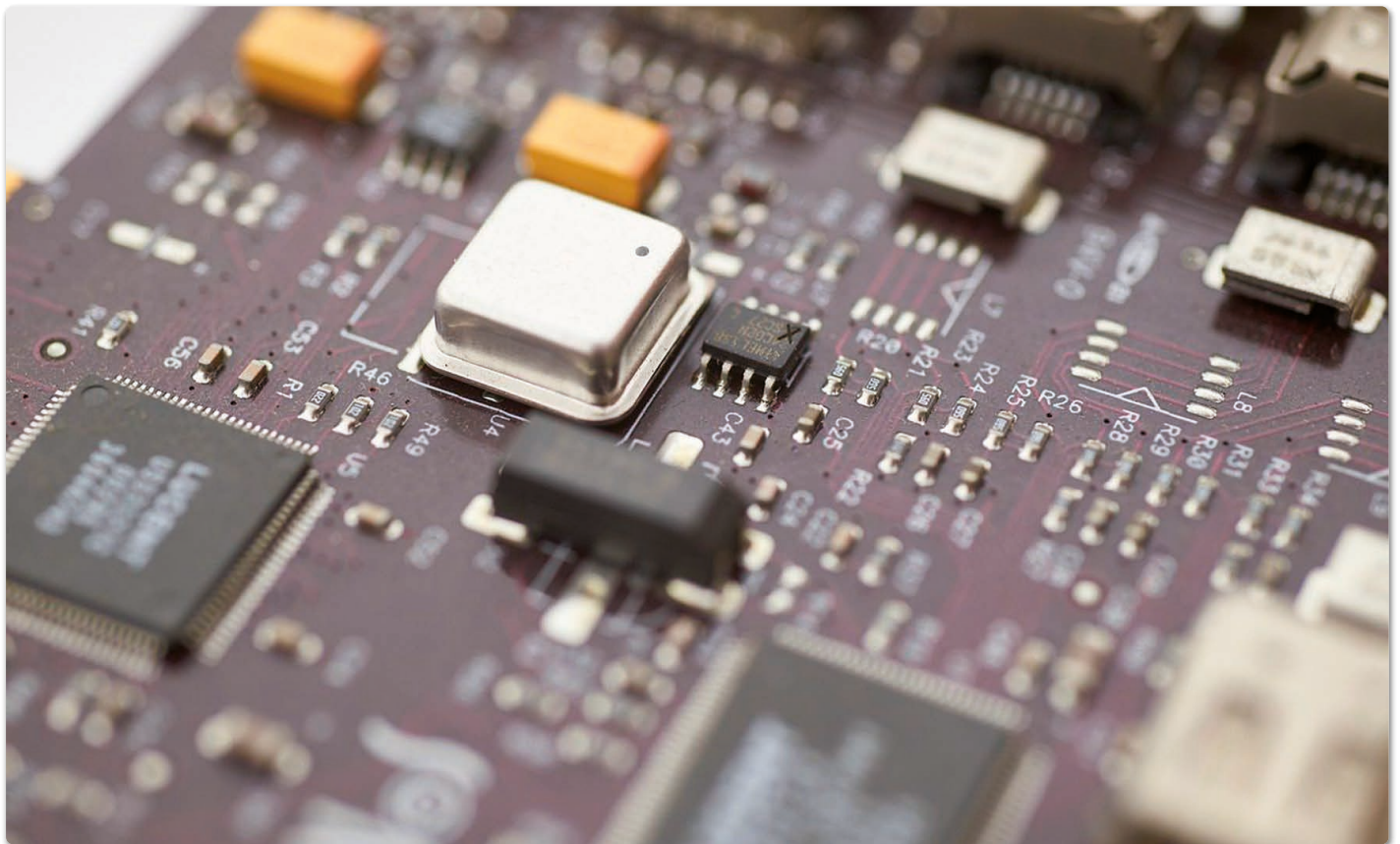


Kurzanleitung

Lösung von Problemen mit Quarzoszillatoren

Die meisten der hier besprochenen Punkte werden in der Entwurfsphase helfen, einen zuverlässigen Oszillator zu bekommen.



Bildquelle: Würth Elektronik, Sarah Moschütz, www.we-online.com/de/

Um häufige Probleme mit Quarzoszillatoren zu lösen und eine hohe Zuverlässigkeit zu erreichen, ist es wichtig, auf die verwendete Konfiguration, die Bauteile und ihre Werte sowie das Layout zu achten. In diesem Beitrag wird gezeigt, wie sich diese Elemente auf Faktoren wie Verlustleistung des Quarzes, Stabilität, Temperaturschwankungen, Rückkopplungsgrad, Anlaufzeit, Störfestigkeit und damit auf die Zuverlässigkeit und den korrekten Betrieb auswirken. Er macht Vorschläge zur Lösung von Problemen in diesen Bereichen.

Oszillatorkonfigurationen

Die beiden gängigsten Oszillatorkonfigurationen für Mikrocontroller sind die Pierce- und die Colpitts-Schaltung. Um die am besten geeignete Option zu wählen, ist es wichtig, die jeweiligen Vorteile und Nachteile zu verstehen. Die beiden Konfigurationen haben ein ähnliches AC-Ersatzschaltbild, aber die Lage des gemeinsamen Erdungspunkts ist unterschiedlich. Viele der Leistungsunterschiede lassen sich auf die unterschiedlichen Auswirkungen von Streureaktanzen bei der Verlegung der Masse und auf die Auswirkungen der Vorspannungselemente zurückführen.

Quelle:

Application Note AN3208,
„Troubleshooting Guide for Solving
Crystal Oscillator Problem“
Sergio Garcia de Alba Garcin
Freescale Semiconductor/NXP
www.nxp.com

übersetzt und leicht gekürzt von FS

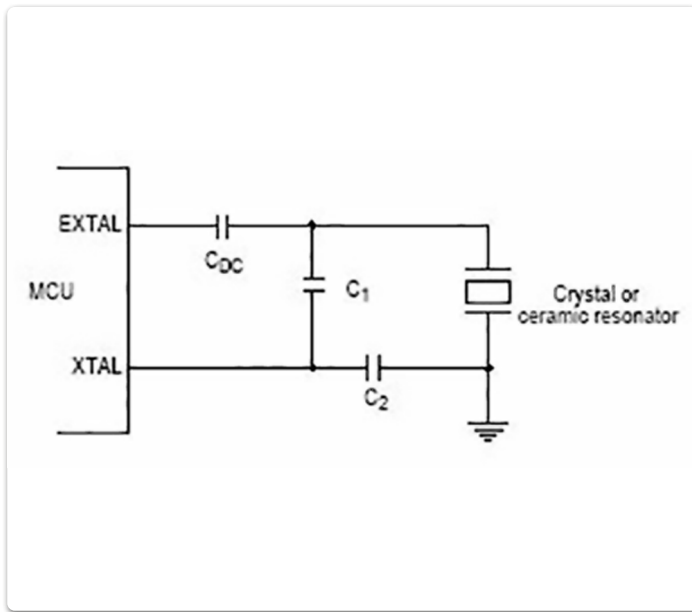


Bild 1: Colpitts-Konfiguration

In der Colpitts-Konfiguration neigen Streureaktanzen dazu, über den Kristall hinweg aufzutreten. Dies verschlechtert Leistung und Zuverlässigkeit, und der Effekt wird durch Vorspannungselemente noch verschlimmert. In der Pierce-Konfiguration sind Leistung und Zuverlässigkeit wesentlich weniger durch Streuverluste beeinträchtigt, da diese über den Lastkondensatoren auftauchen.

Die Colpitts-Konfiguration von Freescale bietet eine Amplitudenbegrenzungs-Regelschleife (ALC), welche sowohl geringen Stromverbrauch als auch geringe HF-Emissionen ermöglicht. Allerdings ist die Pierce-Konfiguration weniger anfällig für Störungen, hat keine Gleichspannung über dem Quarz und läuft schneller an. Sofern also der geringere Stromverbrauch der Colpitts-Konfiguration nicht erforderlich ist, wird die Pierce-Konfiguration empfohlen, da sie zuverlässiger ist.

Komponenten in der Colpitts-Konfiguration

Wichtig an der Colpitts-Konfiguration ist die Gleichspannung über dem Quarz. Dies führt dazu, dass einige Quarze schneller altern. Da es sich hierbei um ein Problem der langfristigen Zuverlässigkeit handelt, wird es bei den ersten Tests nicht beobachtet. Um das Problem zu lösen, kann ein Kondensator hinzugefügt werden (Bild 1). Eine gute Faustregel ist ein Kondensator mit der 100-fachen Kapazität der Lastkapazität des Quarzes.

Die Reihenschaltung von C1 und C2 sollte einen Wert ergeben, der nahe an der Last-

kapazität liegt. Berücksichtigen Sie hier Streukapazitäten. Da sich die Rückkopplungsspannung aus dem Spannungsteiler aus C1 und dem Quarz zusammensetzt, führt eine Erhöhung von C1 zu einer stärkeren Rückkopplung. Eine unzureichende Rückkopplung kann dazu führen, dass die Oszillation nicht beginnt oder nur schwer aufrechtzuerhalten ist. Hingegen ist bei einer zu starken Rückkopplung die Übersteuerung des Quarzes in modernen Konzepten sehr unwahrscheinlich.

Komponenten in der Pierce-Konfiguration

Im Allgemeinen gilt hier: Je kleiner der Wert von R_S (Bild 2), desto schneller startet der Oszillator. R_S muss groß genug sein, um eine Übersteuerung des Quarzes zu vermeiden, aber auch klein genug, um genügend Strom zu liefern, um die Oszillation schnell zu starten. R_S kann in einigen Fällen null sein, insbesondere bei Hochfrequenzquarzen.

R_B , auch als Rückkopplungswiderstand R_f (feedback) bezeichnet, dient der Vorspannung des Eingangs des invertierenden Verstärkers. Indem der Eingang des Verstärkers in Richtung der Ausgangsspannung gezogen wird, entsteht ein instabiler Zustand, der eine Oszillation auslöst. Es ist auch zu beobachten, dass der Rückkopplungswiderstand die Schleifenverstärkung des Verstärkers beeinflusst.

C1 und C2 müssen so gewählt werden, dass ihre Reihenschaltung einen Wert ergibt, der nahe an der vom Quarzhersteller angegebenen Lastkapazität liegt. Streukapazitäten

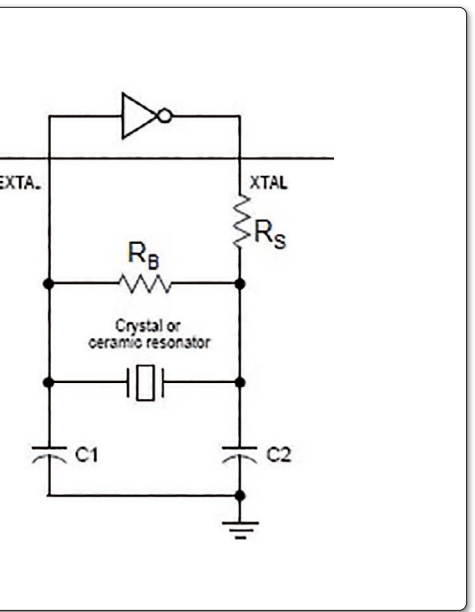


Bild 2: Pierce-Konfiguration

gehen in die Berechnung ein. Ein Trimmer kann dabei helfen, den idealen Wert zu finden; für die meisten Anwendungen wird $C1 = C2$ empfohlen.

Übersteuerung von Quarzen

Die Übersteuerung eines Quarzes kann eine Reihe von Problemen verursachen, von hohen HF-Emissionen und zusätzlichem Stromverbrauch bis hin zu langfristigen Zuverlässigkeitsproblemen (physische Beschädigung des Quarzes) und dem Versuch des Quarzes, bei einem Oberton zu starten oder überhaupt nicht zu starten. Dies ist bei Niederfrequenz-Quarzen häufiger der Fall, da die maximale Leistung, die sie ableiten können (maximaler Treiberpegel), in der Regel viel niedriger ist als die für Hochfrequenz-Quarze angegebene.

Die Gesamtleistung, die der Quarz abführen muss, hängt von mehreren Faktoren ab. Sie ist proportional zu $R1$, dem Serienwiderstand des Quarzes und proportional zum Quadrat der Spannung über dem Quarz und hängt von Frequenz und Gesamtkapazität $C_0 + C_L$ ab. Wenn die Spitzenspannung über dem Quarz nahe bei V_{DD} liegt, liefert die folgende Formel einen groben Näherungswert für die vom Quarz abgeleitete Leistung:

$$P = 2 \times R_1 \pi \times freq. \times V_{DD} \times (C_L + C_0)]^2$$

Bei Oszillatoren mit ALC sollte V_{DD} durch die maximale Spannungsamplitude ersetzt werden (etwa 400...600 mV).

Um die vom Quarz abzugebende Leistung zu verringern, könnte Folgendes getan werden:

- Geben Sie dem Quarzhersteller einen niedrigeren maximalen Serienwiderstand $R_{I_{\max}}$ vor.
- Verkleinern Sie C_L (C_1 und C_2)
Dies muss mit Vorsicht geschehen, da sich dadurch die Spannung über dem Quarz erhöhen könnte, was wiederum die Leistung erhöhen würde. Die Verringerung der Lastkapazität führt zu einer leichten Erhöhung der Schwingfrequenz.
- Für die Pierce-Konfiguration fügen Sie den Wert des Reihen-Dämpfungswiderstands R_S hinzu oder erhöhen ihn. Quarzübersteuerung ist bei der Colpitts-Konfiguration kein häufiges Problem.

Eine gute Sicherheitsspanne zwischen der Verlustleistung und dem vom Quarzhersteller angegebenen maximalen Ansteuerungspegel ist wichtig, da die Schleifenverstärkung bei niedrigen Temperaturen und höheren Versorgungsspannungen steigen kann, wodurch das Risiko einer Übersteuerung des Quarzes steigt.

Unzureichende Schleifenverstärkung

Für eine angemessene Schleifenverstärkung müssen die Lastkondensatoren richtig dimensioniert und R_B und R_S angemessen sein. Im Allgemeinen erfordern Quarze mit niedrigeren Frequenzen höhere Werte für R_B , da ihre Impedanz normalerweise höher ist als die von Hochfrequenz-Quarzen. In der Pierce-Konfiguration erhöht eine Vergrößerung von R_B die Schleifenverstärkung. Die Lastkapazität beeinflusst die Schleifenverstärkung, da die Rückkopplungsspannung in beiden Konfigurationen aus dem Spannungsteiler aus C_1 und dem Quarz gewonnen wird, sodass es sehr wichtig ist, die Streukapazität bei der Berechnung der Werte von C_1 und C_2 zu berücksichtigen. In der Pierce-Konfiguration führt das Erhöhen der Lastkapazität eventuell zu einer Verringerung der Schleifenverstärkung.

Um sicherzustellen, dass die Schleifenverstärkung ausreichend ist, kann ein E-Regler in Reihe mit dem Quarz geschaltet werden. Wenn die Schleifenverstärkung kaum ausreicht, wird eine Erhöhung des Widerstands bald verhindern, dass der Oszillator startet. Nach jeder Verstellung sollte die Stromzufuhr zur Platine unterbrochen und dann wiederhergestellt werden. Wenn die Schaltung nicht mehr startet, sollte der Gesamtwiderstand (Quarz + Regler) wesentlich größer sein als der für den Quarz angegebene Widerstand im ungünstigsten Fall.

Zu lange Anlaufzeit

Eine lange Anlaufzeit ist in der Regel ein häufigeres Problem bei Niederfrequenz-Quarzen. Eine der Ursachen für eine lange Anlaufzeit ist eine schwache Schleifenverstärkung. Die Anlaufzeit des Oszillators wird auch von der Anstiegszeit der Stromversorgung beeinflusst. Wenn die Stromversorgung eine starke Anstiegszeit hat, erfährt der Quarz einen Energieimpuls, der ihn in der Regel schnell starten lässt.

Temperatur- und Spannungsaspekte

Die Schaltung sollte über den gesamten Temperatur- und Spannungsbereich getestet werden, in dem sie arbeiten soll. Besonders wichtig sind Tests bei der höchsten Temperatur und der niedrigsten Versorgungsspannung (Anlaufverhalten) sowie bei der höchsten. Wichtig ist auch die Prüfung bei der niedrigsten Temperatur und der höchsten Versorgungsspannung (Quarzübersteuerung). Zur Minimierung unerwünschter Temperatureffekte verwenden Sie Kondensatoren mit einem niedrigen TK wie NP0 oder COG.

Störungsempfindlichkeit

Störungen wie Rauschen auf der Betriebsspannung sind eine häufige Ursache für Oszillatorausfälle; daher ist es wichtig, zu wissen, wie man den Oszillator so immun wie möglich dagegen machen kann. Störeinfluss ist am einfachsten festzustellen, wenn eine große Last aktiviert wird (z.B. ein Motor) oder eine Leistungs- oder Hochfrequenzstrecke.

Um den Oszillator widerstandsfähiger zu machen, stellen Sie sicher, dass eine angemessene Schleifenverstärkung mit einer guten Marge vorhanden ist. Es ist auch wichtig, auf einen guten Amplitudenpegel zu achten. Einige Mikrocontroller können so konfiguriert werden, dass sie eine höhere Amplitude ausgeben, um die Störfestigkeit zu verbessern. Andere, insbesondere solche, die Colpitts-Oszillatoren implementieren, haben feste On-Chip-Amplitudengrenzschleifen, die eine Erhöhung des Amplitudenpegels unmöglich machen.

Die Leiterbahnen müssen so kurz wie möglich sein. Andere Leistungs- und Hochfrequenzleitungen sind weit vom Oszillatorschaltkreis entfernt zu verlegen. Eine Möglichkeit, die Störungsempfindlichkeit zu verringern, besteht darin, den Stromkreis mit einer breiten geerdeten Leiterbahn zu umgeben. Damit dies funktioniert, muss die geerdete Leiterbahn stromfrei sein. Aus diesem Grund wird in den Beispielen auf den Datenblättern eine „schwebende Masse“ verwendet mit keiner anderen Verbindung

als der V_{SS} des Oszillators. Schließlich ist für eine angemessene Entkopplung und Filterung der Stromversorgung zu sorgen.

Layout-Fragen

Gute Layout-Praktiken sind für den korrekten Betrieb und die Zuverlässigkeit des Oszillators von grundlegender Bedeutung. Es ist entscheidend, die Komponenten des Oszillators sehr nahe an den XTAL- und EXTAL-Pins zu platzieren, um die Leitungswege zu minimieren. Lange Leiterbahnen im Oszillator sind eine sehr häufige Ursache für Probleme. Führen Sie keine anderen Signale über den Oszillatorkreis und stellen Sie sicher, dass Stromversorgungs- und Hochfrequenzleitungen so weit wie möglich entfernt verlegt werden, um Übersprechen und Störeinkopplung zu vermeiden. Die Entkopplungskondensatoren für die Stromversorgung sollten sehr nahe an den Stromversorgungs-Pins des Mikrocontrollers liegen.

Vermeiden Sie Durchkontaktierungen; wenn die Verlegung sehr komplex wird, ist es viel besser, 0-Ohm-Widerstände zu verwenden, um andere Signale zu überbrücken. Durchkontaktierungen in der Oszillatorschaltung sollten nur für Verbindungen mit Masse verwendet werden. Verwenden Sie keine gemeinsamen Masseverbindungen, sondern stellen Sie für jede Komponente, die geerdet werden muss, eine eigene Verbindung zur Masse her. Legen Sie nach Möglichkeit mehrere Durchkontaktierungen parallel für jede Verbindung zur Massefläche.

Insbesondere in der Colpitts-Konfiguration reagiert der Oszillator sehr empfindlich auf Kapazitäten parallel zum Quarz. Entsprechend muss das Layout gestaltet werden (minimale Streukapazität. Berücksichtigen Sie sowohl die Kapazität der Leiterplatte als auch die Pin-Kapazität.

Die Verwendung hochwertiger Bauteile ist ebenso wichtig für einen korrekten Betrieb. Widerstände mit niedriger Induktivität (z.B. Typen mit Kohlenstoffzusammensetzung) werden ebenso empfohlen wie Kondensatoren mit sehr niedrigem ESR.

Verunreinigungen auf der Leiterplatte, wie Flussmittel, Feuchtigkeit und Fingerabdrücke, können die Impedanz zwischen den Knotenpunkten verringern, was wiederum zu einer Reihe von Problemen führen kann. Zu hohe Temperaturen oder eine zu lange Einwirkung von hohen Temperaturen aufgrund eines ungeeigneten Lötprozesses können den Quarz beschädigen. ◀