

Fehlerquellen in Quarzoszillatoren finden und vermeiden

Quarzoszillatoren beruhen oft auf dem Prinzip Pierce and Colpitts. Nach einer kurzen Vorstellung dieser Schaltungskonzepte aus praktischer Sicht werden hier Empfehlungen gegeben, wie man eventuelle Probleme mit diesen Oszillatoren beheben kann.

Viele Mikrocontroller nutzen Quarzoszillatoren als Taktquelle. Als deren Hauptvorteile sind Frequenzgenauigkeit, Stabilität und geringe Versorgungsleistung zu nennen. Um diese Vorteile voll zur Geltung zu bringen, ist aber eine hohe Zuverlässigkeit erforderlich. Dazu muss man sein Augenmerk auf die Grundkonfiguration, die Bauelemente und deren Bemessung sowie das Layout legen.

Oszillator-Konfigurationen

Die beiden gebräuchlichsten Oszillatorgrundschaltungen für Mikrocontroller nach Pierce und Colpitts sollte man gut kennen, um sie optimal einsetzen zu können. Die beiden Konfigurationen

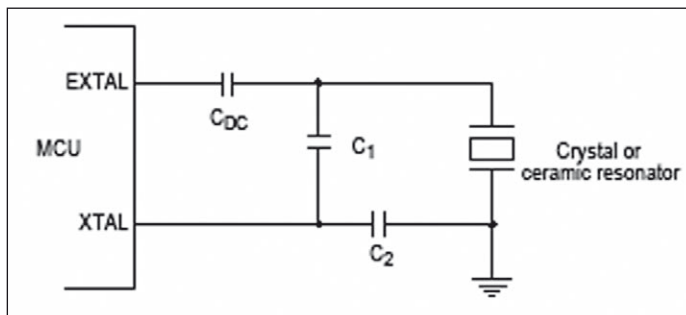


Bild 1: Grundschaltung für eine Colpitts-Oszillator-Struktur an einem Mikrocontroller-IC

haben gleiche AC-Äquivalentschaltungen, jedoch differieren sie in der Lage des Masseknotens. Viele der Unterschiede lassen sich auf die variierenden Effekte von Streureaktanzen zurückführen, da die Masseverhältnisse anders sind, sowie auf die Einflüsse der Biasing-Elemente. In der Colpitts-Konfiguration tendieren die Streureaktanzen dazu, um den Quarz herum aufzutreten und zu wirken. Dies senkt die Performance und die Zuverlässigkeit, und der negative Effekt wird noch durch die Biasing-Elemente in dieser Konfiguration verstärkt. In der Pierce-Konfiguration werden Performance und Zuverlässigkeit hingegen wesentlich geringer beeinflusst, da hier die Streuelemente am Ausgang Einfluss ausüben. Somit sind diese durch entsprechende Senkung der Last zu kompensieren.

Freescales Colpitts-Schaltungen, prinzipiell dargestellt in Bild 1, haben eine Amplitude Limitation Control (ALC), sodass eine geringe Stromaufnahme bei geringeren HF-Emissions-Levels zu verzeichnen ist. Jedoch ist die Pierce-Konfiguration (Bild 2) weniger anfällig auf Störungen, da bei ihr keine Gleichspannung über dem Quarz auftritt. Außerdem schwingt die schneller an.

Colpitts-Oszillator

Wichtig hier ist die Gleichspannung über dem Quarz. Dies kann seine Alterung beschleunigen. CDC in Bild 1 blockt daher die Gleichspannung ab. Eine

Daumenregel für seine Größe ist: 100 x Lastkapazität. Üblich ist 1 nF.

Die Serienschaltung von C1 und C2 entsprechend der Gesamtkapazität $(C_1 \times C_2) / (C_1 + C_2)$ sollte einen Wert nahe der Lastkapazität (Bürde) ergeben. Hier muss man aber Streukapazitäten berücksichtigen. Die Kondensatoren sollten eine hohe Qualität aufweisen, gekennzeichnet durch einen geringen ESR (Equivalent Serial Resistor) und designed für den Einsatz in HF-Applikationen. Mit NP0 oder COG gekennzeichnete Typen sind besonders temperaturunabhängig. Da der Rückkopplungsgrad sich über C1 und den Quarz definiert, resultiert eine Erhöhung von C1 in einer stärkeren Rückkopplung. Unzureichende Rückkopplung verhindert die Oszillation oder gefährdet deren Aufrechterhaltung. Übertriebene Rückkopplung kann zur Quarzüberlastung (Overdrive) führen. Bei modernen ICs mit ihren geringen Versorgungsspannungen ist diese Gefahr aber gering.

Pierce-Oszillator

Der Einsatz von Low-Inductance-Widerständen, etwa von solchen auf Carbon-Basis, wird empfohlen. Generell gilt: Je kleiner der Strombegrenzungs-Widerstand R_S (Bild 2) ist, umso schneller wird der Oszillator starten. R_S muss aber groß genug sein, um ein Overdriving des Quarzes zu verhindern. Dennoch kann R_S in einigen Fällen, besonders bei

hohen Frequenzen, null sein. R_B , auch als Rückkopplungs-Widerstand (Feedback Resistance R_f) bekannt, dient zum Vorspannen (Biasing) des Eingangs des invertierenden Verstärkers. Zieht man den Eingang in Richtung der Spannung am Ausgang, schafft man instabile Verhältnisse und stimuliert Oszillation. Es ist auch zu beobachten, dass der Feedback Resistance die Schleifenverstärkung beeinflusst; sie erhöht sich mit Erhöhung des Werts von R_B . Die Werte für C1 und C2 müssen so gewählt werden, dass sich für die Gesamtkapazität $(C_1 \times C_2) / (C_1 + C_2)$ ein Wert nahe der Lastkapazität (Bürde) ergibt. Auch hier sind Streukapazitäten zu berücksichtigen. C1 sollte eher leicht kleiner als C2 sein, um den Spannungs-Swing am Pin EXTAL ohne Kompromisse bei der Stabilität optimal zu halten.

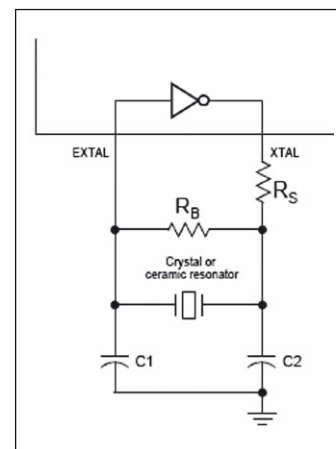


Bild 2: Grundschaltung für einen Pierce-Oszillator

Überlastung

Das Overdriving eines Quarzes kann eine Reihe von Problemen heraufbeschwören, angefangen bei HF-Abstrahlung und zusätzlicher Stromaufnahme über Langzeit-Zuverlässigkeits-Probleme, Start auf einer Oberwelle oder Unfähigkeit zum Start bis hin zur physikalischen Zerstörung des Quarzes. Das ganze Problem betrifft mehr Quarze mit niedrigerer Grundfrequenz, weil hier die maximale Leistung, welche der Quarz aufnehmen kann (Maximum Drive Level)

Quelle:
Freescale Semiconductor, Inc.:
Crystal Oscillator
Troubleshooting Guide,
Application Note AN3208,
2006 by Sergio Garcia de Alba
Garcin,
www.freescale.com

gekürzte Übersetzung von FS

typischerweise viel geringer ist als bei Quarzen für höhere Frequenzen. Aufgrund des Trends zu höheren Frequenzen und zu niedrigeren Betriebsspannungen hat das Problem des Overdrivings heute gegenüber früher an Bedeutung verloren. Dennoch seien die wichtigsten Vorsichtsmaßnahmen genannt:

- Vorgabe eines kleinen maximalen Serienwiderstands an den Hersteller
- Experimentelle Senkung von C1 & C2
- Bei der Pierce-Konfiguration Dämpfungs-Widerstand RS vorsehen oder erhöhen

Unzureichende Schleifenverstärkung

Auch eine ungenügende Schleifenverstärkung kann wie das Overdriving eine Quelle für viele Fehler sein. Für eine angemessene Schleifenverstärkung muss die Lastkapazität korrekt gewählt und es müssen R_B und R_S in der Pierce-Konfiguration optimal sein. Die Lastkapazität bestimmt die Schleifenverstärkung mit, weil die rückgekoppelte Spannung der am Ausgang proportional ist. In beiden Konfigurationen wird sie über einen Teiler aus C1, C2 und dem Quarz gewonnen, daher ist es sehr wichtig, hier auf Streukapazitäten zu achten.

R_B und R_S haben ebenfalls Einfluss auf die Schleifenverstärkung in der Pierce-Konfiguration. Vergrößerung von R_B erhöht diese. Im Allgemeinen erfordern Quarze mit geringerer Schwingfrequenz höhere Werte für R_B , weil deren Impedanz normalerweise höher ist als die von Quarzen für höhere Frequenzen. R_S hat den gegenteiligen Effekt, die Schleifenverstärkung nimmt mit seiner Verkleinerung zu.

Zu lange Startup-Zeit

Eine lange Anlaufzeit (Startup Time) ist für gewöhnlich ein eher bei Low-Frequency-Quarzen zu beobachtendes Problem. Einer der Gründe einer langen Startup Zeit ist eine zu schwache Schleifenverstärkung. Die Oszillator-Anlaufzeit wird auch von der Anstiegszeit der Versorgungsspannung bestimmt. Man sollte daher hier auf eine geringe Zeitkonstante achten.

Temperatur und Betriebsspannung

Die Schaltung sollte im gesamten spezifizierten Einsatztemperatur- und Betriebsspannungsbereich getestet werden. Dabei ist besonders die Kombination höchste Temperatur und kleinste Betriebsspannung von Bedeutung (kleinste Schleifenverstärkung, Anschwingprobleme?) sowie die Kombination niedrigste Temperatur und höchste Betriebsspannung (maximale

Verstärkung, Overdrive, Schwingen auf einer Oberwelle?). Ein Test bei niedrigster und höchster Luftfeuchte ist ebenfalls zu empfehlen.

Ungünstiges Layout

Das Layout ist ein besonders kritischer Einflussfaktor bezüglich Streukapazitäten und Störsicherheit. Die Leitungen sollten so kurz als möglich sein, die Massefläche maximal, aber ohne geschlossene Schleifen. Die Zuleitung zur Speisespannung sollte konsequent vom Oszillator wegführen. Der Bypass-Kondensator (nicht zu groß wegen der Startup Time) sollte so nahe wie möglich am Oszillator liegen. Es ist etwas kritisch, die Einzelbauelemente möglichst nahe an den Pins XTAL und EXTAL zu platzieren. Insbesondere Leitungen vom Anschluss EXTAL sollten einen vernünftigen Abstand zu allen anderen Leiterzügen und der Massefläche haben. Leitungen, die andere Signale führen, sollten genügend Abstand zum Oszillator haben, dieser hat ja einen beträchtlichen Spannungspegel mit verhältnismäßig großer Frequenz.

Vermeiden Sie Vias; falls das Routing recht komplex wird, ist es viel besser, einen 0-Ohm-Widerstand als Brücke einzusetzen. Vias in der Oszillatorschaltung sollten lediglich als Verbindung nach Masse Verwendung finden. Falls möglich, sollte man mehrere Vias parallel vorsehen.

Besonders der Colpitts-Oszillator reagiert sehr sensibel auf eine Parallelkapazität zum Quarz. Daher muss das Layout so designed werden, dass diese Kapazität minimal ausfällt. Streukapazitäten über C1 und C2 sind im Prinzip unproblematisch, man muss sie nur abschätzen können und dann mit einkalkulieren.

Weitere Probleme

Sich im Laufe der Zeit aufbauende Verunreinigungen auf dem PCB als Störquelle (Querströme) lassen sich durch eine hermetisch dichte Versiegelung vermeiden. Der Quarz sollte stabil aufsitzen, und es ist keine schlechte Idee, ihn mit geeignetem Klebstoff (nichtleitend) auf dem PCB festzukleben. Wenn möglich, sollte man aber immer einen kleinen SMT-Typ bevorzugen. Der Lötprozess sollte sorgfältig geplant werden, extreme Temperaturen oder Lötzeiten können den Quarz beschädigen. Wenn der Oszillator gut entworfen und das Layout sorgfältig geplant wurde, der Oszillator aber trotzdem nicht zufriedenstellend arbeitet, kann das am Quarz liegen. Bei Einsatz eines neuen Typs muss man meist die gesamte Oszillatorentwicklung neu vollziehen. ◀