

RTCs: Echtzeituhrenmodule gibt es in unterschiedlichsten Keramikgehäusen

Worauf Sie bei Real-Time-Clock-Anwendungen achten sollten

In zahlreichen Applikationen werden Zeit- und Datumsinformationen benötigt. Dieser Beitrag beschreibt verschiedene Lösungsansätze und zeigt die jeweiligen Vor- und Nachteile auf.

ROLAND HÄNI, GERD REINHOLD *

Viele Anwendungen benötigen Zeit- und Datumsinformationen – von Haushaltgeräten mit einfacher Zeitanzeige, über Geldautomaten oder Bezahl-systeme, bei denen Datum und Uhrzeit mit auf den Beleg gedruckt werden, bis hin zu Mobiltelefonen, in denen zusätzlich ein Timing für den Standby-Mode generiert werden muss. Allen Anwendungen gemeinsam ist, dass die Zeit- und Datumsfunktion nicht die Haupt-, sondern eher eine Zusatzfunktion ist. Alleine schon aus diesem Grund ist der Kostendruck auf diese Komponenten besonders groß.

* Roland Häni
... ist Senior Application Engineer bei Micro Crystal in Grenchen, Schweiz,

* Gerd Reinhold
... ist Mitarbeiter im Produktmarketing FCP bei WDI AG in Wedel.

Die sicher kostengünstigste Lösung ist, wenn der verwendete Mikrocontroller die benötigte Oszillatorschaltung und die Real-Time-Funktion bereits integriert hat. Die Kosten für einen externen 32,768-kHz-Schwingquarz als Taktgeber und allenfalls einige passive Komponenten für die Oszillatorschaltung sind im zweistelligen Cent-Bereich konkurrenzlos niedrig.

Real-Time-Clock-ICs lassen sich einfach integrieren

Für Anwendungen, bei denen keine integrierte Echtzeituhr-Funktion zur Verfügung steht, bieten zahlreiche Hersteller so genannte RTC-ICs an. Für die einfache Integration in eine bestehende Systemumgebung sind RTC-ICs mit allen gängigen seriellen Schnittstellen verfügbar – vom populären I²C-Schnittstelle. Uhrzeit, Datum und Alarmfunktionen gelten als Standardfunktionen.

Darüber hinaus bieten manche Bausteine Sonderfunktionen wie EEPROM, eine Funktion zur Korrektur der Gangabweichung oder eine automatische Umschaltung auf eine

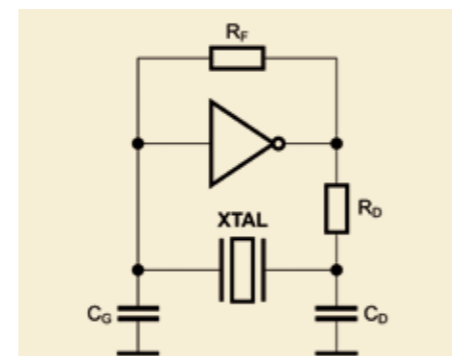


Bild 1: Schaltbild eines Pierce-Oszillators, wie er meist für den Betrieb niederfrequenter Schwingquarze eingesetzt wird

Backup-Versorgungsspannung. Diese Lösungen benötigen alle einen externen Schwingquarz, auch Uhrenquarz oder Stimmgabelquarz genannt. Durch Teilung lässt sich aus der Frequenz von 32,768 kHz sehr einfach ein 1-Sekunden-Takt erzeugen. Zudem haben Schwingquarze einen sehr niedrigen Stromverbrauch von weniger als 1 μ A. Speziell in der Kfz-Elektronik wurden bis dato auch so genannte AT-Quarze mit 4,194 MHz für die Uhrenfunktion eingesetzt – aus Kostengründen und wegen der besseren Frequenzstabilität über den Temperaturbereich. Solche AT-Quarz-Lösungen haben allerdings einen deutlich höheren Stromverbrauch. Deshalb findet bei diesen Anwendungen momentan ein Umdenken statt – weg von AT-Quarzbasierten hin zu temperaturkompensierten RTC-Modulen auf der Basis von Schwingquarzen.

Quarz und Oszillator müssen aufeinander abgestimmt sein

Um die bestmögliche Performance bezüglich Gangabweichung, Stromverbrauch und Anschwingsicherheit über den Temperaturbereich zu erreichen, müssen die Quarzspezifikation und die Oszillatorschaltung exakt aufeinander abgestimmt werden. Dazu bedarf es vertiefter Kenntnisse über Quarze und Oszillatordesign. Aus den Spezifikationen der einzelnen Komponenten kann nicht einfach die Gesamtperformance abgeleitet werden. Es genügt nicht, wenn die Schaltung bei Raumtemperatur mal gerade eben so funktioniert, es sollte genügend Reserve vorhanden sein, um Worst-Case-Toleranzen der eingesetzten Komponenten aufzufangen und eine sichere Funktion über den gesamten Temperaturbereich zu gewährleisten.

Einfluss der Lastkapazität auf die Oszillatorcharakteristik

Für den Betrieb von tieffrequenten Stimmgabelquarzen kommen fast ausschließlich Pierce-Oszillatoren (Bild 1) zum Einsatz. Die dazugehörigen passiven Komponenten sind manchmal komplett oder teilweise integriert, ansonsten müssen diese extern beschaltet werden. Bild 2 zeigt das Ersatzschaltbild des Quarzes. Die Charakteristik einer Oszillatorschaltung wird hauptsächlich von der Lastkapazität der Oszillatorschaltung und vom Leistungsvermögen des integrierten Verstärkers bestimmt. Beim Pierce-Oszillator ist der aktive Verstärker ein Inverter und ist für die Anschwingreserve verantwortlich. Die beiden Lastkapazitäten C_0 und C_D bestimmen die Lastkapazität der Oszillatorschaltung und beeinflussen direkt die Ganggenauigkeit. Die beiden Lastkapazitäten sind

PRAXIS
WERT

RTC-Module in Keramikgehäusen

- Gehäusefamilie C2 mit 5,0 mm x 3,2 mm x 1,2 mm,
- RV-4162-C7, mit 3,2 mm x 1,5 mm x 0,8 mm weltweit kleinster RTC,
- kostenoptimierte Gehäusefamilie C3 mit 3,7 mm x 2,5 mm x 0,9 mm.

RV-8564-C2

Das RV-8564-C2 (I²C-Interface) hat sich aufgrund seiner Kompaktheit und Zuverlässigkeit als populärer Standard in der Industrie etabliert.

RV-2123-C2

Das RTC-Modul RV-2123-C2 (SPI-Interface) ist für minimalen Stromverbrauch (130 nA) und maximale Immunität gegenüber EMI optimiert.

RV-3029-C2, RV-3049-C2

Die Module RV-3029-C2 (I²C-Interface) und RV-3049-C2 (SPI-Interface) mit Temperaturkompensation von -40 bis 125 °C eignen sich für Kfz-Anwendungen.

RV-4162-C7

Das RTC-Modul RV-4162-C7 (I²C-Interface) ist das weltweit kleinste RTC-Modul. Vorteile: minimale Größe und kleiner Preis.

in Serie geschaltet und lassen sich einfach berechnen. Schwieriger ist die Ermittlung der parasitären Kapazitäten C_{STRAY} von Platine, IC-Gehäuse und ESD-Schutzschaltung, die für die gesamte Lastkapazität C_L der Oszillatorschaltung mit berücksichtigt werden müssen (Bild 3).

Lastkapazität auf die Quarzspezifikation optimieren

Um die optimale Ganggenauigkeit zu erzielen, muss die Lastkapazität einer Oszillatorschaltung auf die Quarzspezifikation optimiert werden. Da die parasitären Kapazitäten nicht theoretisch bestimmt werden können, muss die fertige Oszillatorschaltung präzise vermessen und getestet werden. Eine Fehlanpassung der Lastkapazitäten resultiert direkt in einem vom Oszillatordesign

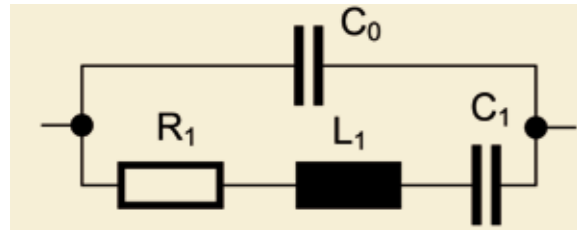


Bild 2: Ersatzschaltbild eines Quarzes (C1 = dynamische Kapazität, L1 = dynamische Induktivität, R1 = dynamischer Widerstand, auch RS oder ESR, und C0 = statische Kapazität)

verursachten Frequenz-Offset. Bild 4 zeigt das Beispiel einer Fehlanpassung der Oszillator-Lastkapazität von $C_L = 8,5 \text{ pF}$ auf die spezifizierte Lastkapazität $C_L = 12,5 \text{ pF}$ des Quarzes.

Fehlanpassung verursacht Oszillator-Offset

Diese Fehlanpassung führt zu einem Frequenz-Offset von +33 ppm (Bild 4). Beim Einsatz eines Quarzes mit einer Standardtoleranz von ±20 ppm, ist eine Gangabweichung bei 25 °C von +13,3 bis +53,3 ppm zu erwarten. Dies ist nur eine Abschätzung, denn bei einer Worst-Case-Betrachtung müssen die Toleranzen der verwendeten Lastkapazitäten zusätzlich berücksichtigt werden. Die Anschwingreserve von Oszillatorschal-

tungen (negative resistance) wird hauptsächlich vom Leistungsvermögen des integrierten Verstärkers bestimmt. Diese wiederum wird aber durch den Einsatz größerer Lastkapazitäten automatisch verringert. Erschwerend dabei ist, dass dieser Zusammenhang in den Oszillatorspezifikationen der RTC-ICs oder -MCUs kaum jemals korrekt dokumentiert wird. Hier steht der Entwickler in der Verantwortung um die Anschwingreserve der Oszillatorschaltung messtechnisch zu bestimmen, denn davon hängt ab, welchen maximalen Quarzwiderstand eine Oszillatorschaltung sicher über den gewünschten Temperaturbereich zu betreiben in der Lage ist. Wer sich bereits einmal mit derartigen Problemen konfrontiert sah, wird sich bestimmt an die oberste Designregel für Oszil-

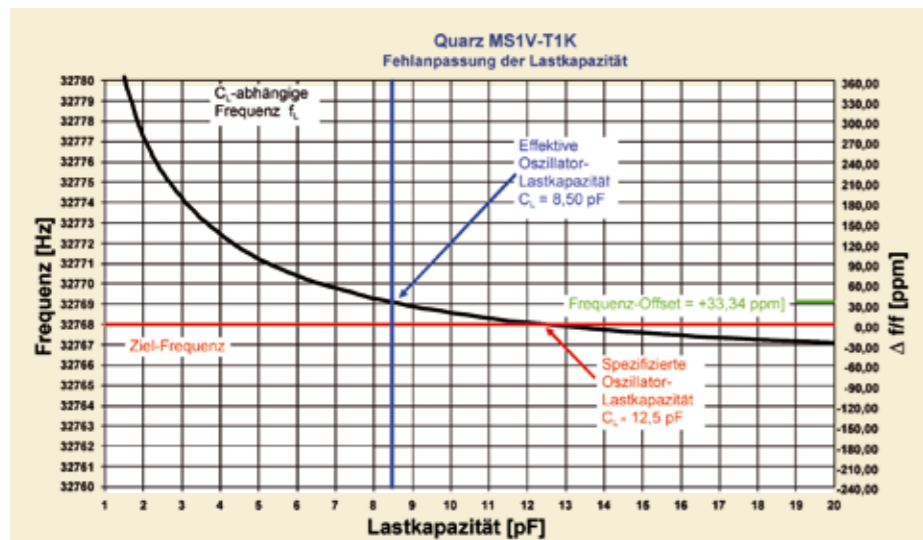


Bild 4: Beispiel einer Fehlanpassung der Oszillator-Lastkapazität, die einen Frequenz-Offset von +33 ppm verursacht

$$C_L = \left(\frac{C_D \cdot C_G}{C_D + C_G} \right) + C_{STRAY}$$

Bild 3: Formel zur Berechnung der gesamten Lastkapazität CL eines Quarzoszillators

latorschaltungen erinnern, die da lautet „Safety first!“.

Oft vernachlässigt wird das Layout der gedruckten Schaltung – obwohl es im Zusammenhang mit Oszillatorschaltungen wichtig ist. Man muss sich vor Augen führen, dass die Oszillatorschaltung den Schwingquarz mit maximal 1 µW betreiben sollte. Spezielle verbrauchsoptimierte Oszillatorschaltungen betreiben diese Quarze sogar mit nur knapp 10 nW mit daraus resultierend minimalen Signalpegeln von nur 150 mV_{pkpk}. Derart kleine Signalpegel und die daraus resultierenden kleinen Ströme, machen diese Oszillatorschaltung besonders sensibel auf äußere Störeinflüsse, wie sie von digitalen Signalen oder Taktleitungen verursacht werden können. Spezielle Ultra-low-Power-Oszillatorschaltungen verzeihen keine Fehler oder Kompromisse im PCB-Layout. Grundsätzlich sollte der Quarz möglichst nahe am IC platziert werden, digitale Signale möglichst außen vorbei führen und, wo möglich, eine Massefläche zur Abschirmung von Störsignalen vorgesehen werden.

Temperaturkompensierte Systeme sind genauer

Immer mehr Anwendungen haben erhöhte Anforderungen an die Ganggenauigkeit von Echtzeituhren die sich nur durch eine Kompensation des Temperaturverhaltens des Quarzes erreichen lässt. Teilweise sind das Vorgaben des Marketings, wo man versucht sich mit der genaueren Uhrzeit vom Mitbewerber abzugrenzen. Immer öfter hat diese Anforderung aber auch technische Hintergründe. Wenn zum Beispiel aufgrund der höheren Genauigkeit ein Zeitfenster für eine Funkverbindung minimiert werden kann,

geht dies direkt zu Gunsten des Stromverbrauchs und einer längeren Batterielebensdauer. Es gibt Lösungsansätze, die über einen Temperatursensor die Umgebungstemperatur messen, anschließend per Software den erwartenden Frequenzdrift des Quarzes berechnen und die erwartete Zeitabweichung rechnerisch korrigieren. Bild 5 zeigt die Methode der Temperaturkompensation per Software mit den entsprechenden Parametern, die korrigiert werden müssen. Die schwarze Kurve zeigt den zu erwartenden Frequenzdrift des Quarzes über Temperatur, die rote Kurve den berechneten Korrekturwert. Um damit überhaupt einen positiven Effekt zu erzielen, muss zumindest die Frequenzabweichung bei 25 °C XTAL Offset für jede Uhr einzeln ausgemessen und der entsprechende Korrekturwert individuell programmiert werden. Dies verursacht in einer Massenfertigung allerdings bereits einen erheblichen Aufwand und Kosten.

Höhere Ganggenauigkeit dank präziser Korrekturparameter

Um die bestmögliche Genauigkeit zu erzielen, bedarf es sehr präziser Korrekturparameter. Die Parameter XTAL T0, XTAL Temp coeff. und der Fehler des Thermometers müssen dafür über den gesamten Temperaturbereich präzise ermittelt und individuell korrigiert werden. Es ist dieser enorme Aufwand und die damit verbundenen immensen Kosten die dazu führen, dass Anwender kaum je eine zufriedenstellende Temperaturkompensation mit diskreten Bauteilen mittels Software realisiert haben. Bei Anwendungen die eine erhöhte Ganggenauigkeit über den Temperaturbereich erfordern, bieten die im Markt verfügbaren Echtzeituhrenmodule mit eingebauter Temperaturkompensation deutliche Vorteile. Diese RTC-Module werden vom Hersteller über den Temperaturbereich kalibriert und individuell korrigiert. Dabei sind dieselben Bauteile mit unterschiedlichen Gangabweichungen erhältlich, wobei der Aufwand für die Kalibrierung über den Temperaturbereich sich direkt im Preis für das Bauteil widerspiegelt. Solche Produkte sollten nie überspezifiziert werden, da sich

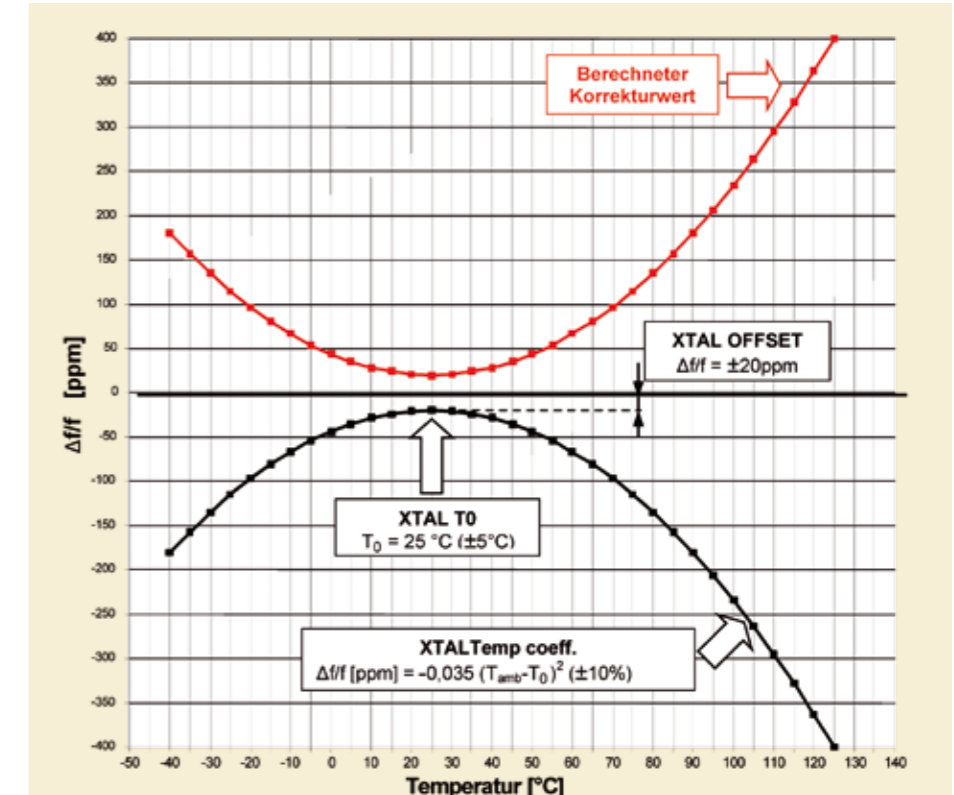


Bild 5: Methode der Temperaturkompensation per Software mit den entsprechenden Parametern, die korrigiert werden müssen

dies direkt auf den Preis auswirkt. Als RTC-Module bezeichnet man Produkte, die alle benötigten Komponenten wie die Oszillatorschaltung, den 32,768-kHz-Quarz und die RTC-Schaltung in einem Gehäuse vereinen. Zwar liegen die Kosten etwas oberhalb von Lösungen mit Einzelkomponenten, solche RTC-Module bieten aber technisch deutliche Vorteile und erlauben herausragende Performance bezüglich Ganggenauigkeit, Größe und Stromverbrauch. Die Schaltungsentwicklung wird deutlich vereinfacht und beschleunigt, da die oben erläuterte Schaltungsoptimierung und die Überprüfung der Anschwingsicherheit entfällt. Die Spezifikation dieser Produkte zeigt direkt, was später in der Anwendung erwartet werden kann. Da der Quarz in demselben Package mit integriert wird, entfällt die Layout-Problematik

und die Immunität gegenüber äußeren Störeinflüssen wird deutlich verbessert. Ganz ausgeprägt sind die technischen- und Kostenvorteile bei temperaturkompensierten RTCs. Von Micro Crystal ist eine ganze Reihe unterschiedlicher RTC-Module in kompakten und robusten Keramikgehäusen verfügbar. Eine Übersicht zeigt der Praxiswert-Kasten auf Seite 37. // TK

WDI +49(0)4103 18000

InfoClick

- Mehr zum Thema bei WDI
- RTCs von Micro Crystal
- Zum Quarz- und Oszillatorfinder

www.elektronikpraxis.de InfoClick 2668578