

ELEKTRONIK PRAXIS

www.elektronikpraxis.de

Wissen.
Impulse.
Kontakte.

9

B19126

7. Mai 2020
€ 12,90

wdi ag

Quarz oder Oszillator – Taktquellen richtig auswählen

Die Auswahl eines geeigneten Taktgebers für ein Projekt ist keineswegs trivial.
Wir verraten Ihnen, worauf man dabei achten sollte.

Seite 18

Code testen mit Portable Stimulus

So lässt sich der Standard für schnelle Verifikation und Portierbarkeit effizient einsetzen.

Seite 34

Schneller Einstieg in RISC-V-MCUs

Eigene Projekte mit Mikrocontrollern auf Basis der lizenzfreien Architektur starten.

Seite 36

PCB-Design für 5G und WiFi 6

Besonderheiten der Funktechniken WiFi 6 und 5G beim Layout von Platinen beachten.

Seite 40

Über
9 Millionen
Produkte online
DIGIKEY.DE

Digi-Key
ELECTRONICS

TITELSTORY

Wenn es um die Wahl der richtigen Taktquelle für ein elektronisches System geht, stehen die Anwender während der Entwicklung immer wieder vor derselben Frage: Soll ich einen Schwingquarz oder doch besser einen Oszillator einsetzen?

Auf der Suche nach der richtigen Antwort auf diese Frage gilt es, verschiedenste Rahmenbedingungen wie beispielsweise die Größe der Leiterplatte oder die benötigte Frequenzstabilität zu beachten und zusätzlich aber auch dem steigenden Kostendruck gerecht zu werden.

Höchste Sorgfalt erfordern auch die korrekte Spezifikation und richtige Anwendung der äußerst komplexen Taktgeber.

Mit richtiger Auswahl und korrekter Anwendung zur idealen Taktquelle

Schwingquarz oder Oszillator? Diese Frage stellt sich dem Entwickler, wenn es darum geht, einen Taktgeber für sein Projekt auszuwählen. Lesen Sie in diesem Beitrag, worauf man dabei achten sollte.

HENDRIK NIELSEN *

Oszillatoren bieten dem Entwickler eine werksseitig optimal abgestimmte Komplettlösung. In einem kompakten Gehäuse werden sämtliche für eine Oszillatorschaltung benötigten Komponenten vereint und optimal aufeinander abgestimmt. Im Vergleich zu einer Oszillatorschaltung mit Schwingquarz und diskreten Bauteilen entfällt hier die meist aufwendige Abstimmung zur Optimierung der Oszillatorschaltung, was die Entwicklung erheblich vereinfacht und somit viel Zeit einsparen kann. Aus wirtschaftlicher Sicht gesehen kann es daher, gerade bei geringeren Stückzahlen, sinnvoller sein, den Entwicklungsaufwand durch den Einsatz eines Oszillators an Stelle eines kostengünstigen Schwingquarzes zu reduzieren.

Herkömmliche Quarzoszillatoren (XO) sind in einem sehr weiten Frequenzbereich und mit einer Frequenzstabilität von gängigen 50 oder 25 ppm erhältlich. Oszillatoren besserer Qualität sind aber auch mit bis zu 10 ppm erhältlich. Für Anwendungen, die ein exakteres Signal erfordern, kann eine bessere Stabilität noch durch verbesserte Kristallschneideprozesse oder das Einsetzen

eines Temperatursensors (TCXO) beziehungsweise eines Ofens (OCXO) erreicht werden. Auf diese Weise kann die Frequenzstabilität auf bis 0,5 ppm und sogar bis in den ppb-Bereich gesenkt werden.

Die Komplettlösung ist in nahezu allen gängigen SMD- und THT-Bauformen erhältlich und kann dem Anwender somit eine enorme Platzersparnis bieten, was gerade bei sehr kompakten Anwendungen, wie Wearables, ein ausschlaggebendes Argument ist. Dank der immer fortschreitenden Miniaturisierung der Halbleiterprozesstechnik findet ein kompletter Quarzoszillator heutzutage in Gehäusen mit Baugrößen bis hinunter zu 1,6 mm x 1,2 mm Platz.

Beim Einsatz eines Schwingquarzes muss die Oszillatorschaltung selbst aufgebaut und an den Resonator angepasst werden, um die Anschwingsicherheit und die Stabilität über den gesamten Arbeitstemperaturbereich sicherzustellen. Oberhalb von 40 MHz werden gewöhnlich Schwingquarze im Oberton eingesetzt, die zusätzlich eine spezielle Filterschaltung aus Kondensator und Spule zur Unterdrückung der Grundwelle erfordern.

Ohne Filter würde der Quarz in seinem Grundton schwingen, was für einen Obertonquarz mit 48 MHz eine Ausgangsfrequenz von 16 MHz bedeuten würde. Der Einsatz von Obertonquarzen erfordert besondere Sorgfalt bei der Dimensionierung und Anpassung der Oszillatorschaltung.

Der Einsatz von Schwingquarzen kann nicht nur bei anspruchsvollsten Schaltungen einen erheblichen Mehraufwand bedeuten und ist somit eher bei größeren Stückzahlen und ausreichend Platz auf der Leiterplatte die wirtschaftlich klügere Variante.

Auf die korrekte Spezifikation kommt es an

Neben der Spezifikation von Bauform, Frequenz, Frequenztoleranz und Frequenzstabilität über den benötigten Arbeitstemperaturbereich, spielt beim Schwingquarz auch die Auswahl der richtigen Lastkapazität eine wichtigere Rolle als oft angenommen. Sie muss unbedingt zur Auslegung der Oszilla-



* Hendrik Nielsen
... ist Inside Sales Specialist FCP bei der WDI AG.

Der Quarzfinder:

ein Online-Suchwerkzeug, das den Anwender aktiv bei der Auswahl des für ihn richtigen Quarzes, Resonators, Oszillators oder Real-Time-Clock-Moduls unterstützt.

Bild 1:
Beispiel einer Pierce-Oszillatorschaltung mit rückgekoppeltem Inverter und Schwingquarz im Grundton.

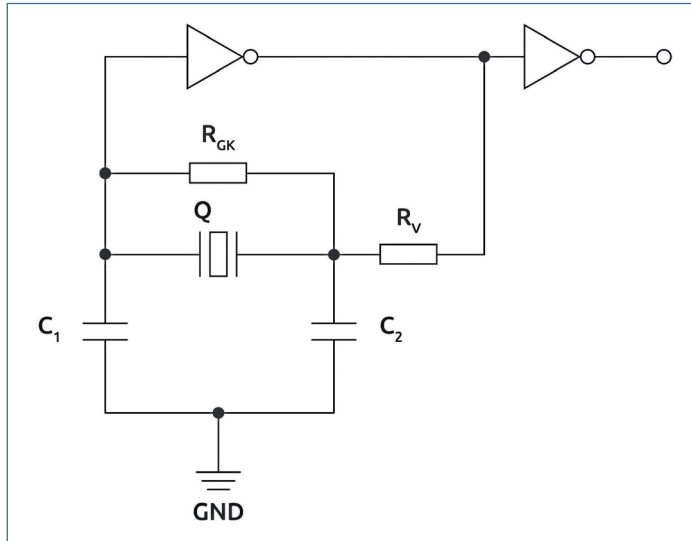


Bild: WDI

für welche Last die Oszillatorschaltung ausgelegt wurde.

Ein Quarz, der vom Hersteller für den Betrieb mit kapazitiver Last kalibriert wurde, wird als „Parallelquarz“ bezeichnet. Typische „parallele“ Lastkapazitäten bewegen sich im Bereich von 8 bis 32 pF. Quarze im Metallgehäuse (HC49/U, HC49/S, HC49/S-SMD, usw.) sind meist zwischen 16 und 20 pF kalibriert, wobei ein sehr gängiger Wert in der Distribution 18 pF ist. Quarze im SMD-Keramikgehäuse (7 x 5, 5 x 3,2, 3,2 x 2,5, usw.) werden überwiegend zwischen 8 und 12 pF kalibriert, wobei 12 pF in der Distribution am gängigsten sind. Durch die tendenziell kleineren Lastkapazitäten können die Werte der verwendeten Parallelkondensatoren niedriger gewählt werden, was sich positiv auf das Anschwingverhalten des Quarzes auswirkt.

Zur Berechnung von R_{Lmax} benötigt man die gesamte Lastkapazität C_{List} für den Quarz in der Schaltung. C_{List} lässt sich grob mit Gleichung 1 abschätzen:

$$C_{List} = (C_1 \cdot C_2) / (C_1 + C_2) + C_{Chip} + C_{Streu}$$

mit C_{Chip} = parasitäre Kapazität, kann man mit 5 pF annehmen und C_{Streu} = pauschale Annahme 1 pF.

Beispiel: $C_{List} = (20 \text{ pF} \cdot 20 \text{ pF}) / (20 \text{ pF} + 20 \text{ pF}) + 5 \text{ pF} + 1 \text{ pF} = 16 \text{ pF}$

Ein Quarz, der vom Hersteller für den Betrieb mit serieller Last kalibriert wurde, wird als „serieller Quarz“ bezeichnet. Das Einsetzen eines „seriellen Quarzes“ in eine Oszillatorschaltung, die für einen „Parallelquarz“ entwickelt wurde, und umgekehrt, führt zu einer Frequenzverschiebung (frequency shift) und kann zu erheblichen Problemen in der Funktionalität der Oszillatorschaltung führen.

Aufbau der Oszillatorschaltung mit einem Schwingquarz

In den meisten Fällen findet die Pierce-Oszillatorschaltung, wie in Bild 1 zu sehen, Verwendung. Die Kondensatoren C_1 und C_2 müssen so gewählt werden, dass die spezifizierte Lastkapazität des Schwingquarzes Q erreicht wird. Ein Vorwiderstand R_V sollte vorgesehen werden, um eventuell auftretende Oberwellen zu unterdrücken. Mit dem hochohmigen Widerstand R_{GK} wird der DC-Arbeitspunkt eingestellt. Durch die perfekte Abstimmung von R_V , Schwingquarz, C_1 und C_2 wird die notwendige Phasendrehung erzielt, um zusammen mit den 180° des verstärkenden Inverters die Bedingungen für ein Schwingen des Quarzes zu erfüllen.

In den meisten handelsüblichen Mikrocontrollern sind die elementaren Bestandteile der Oszillatorschaltung bereits enthalten,

torschaltung passen und die Quarzhersteller müssen die benötigte Last kennen, um den Quarz in der gewünschten Mittenfrequenztoleranz zu kalibrieren. Wird beispielsweise ein Quarz mit einer Lastkapazität C_L von 12 pF benötigt, aber der verwendete Quarz besitzt einen C_L von 30 pF, kann dies zu erheblichen Problemen führen. Denn bei jeder Abweichung vom Soll schwingt der Quarz nicht mehr auf seiner vorgegebenen Nennfrequenz.

Daraus können sich schnell Frequenzabweichungen von deutlich mehr als 100 ppm ergeben und im schlimmsten Fall kann es

durch Aufsummierung in der Toleranzkette dazu kommen, dass sich im Betrieb die Temperatur, (z.B. über -40°C bis 85°C), der Schwingquarz und die MCU nicht mehr „verstehen“, was zum Ausfall der Oszillatorschaltung führen kann.

Die Unterscheidung zwischen kapazitiver und serieller Last wird durch die eingesetzte Oszillatorschaltung (Pierce, Collpits, Clapp, Butler, etc.) bestimmt. Das heißt, bereits mit der Auswahl der Oszillatorvariante ist auch gleichzeitig festgelegt, ob eine kapazitive oder serielle Last benötigt wird. In der Entwicklung muss nun also bestimmt werden,

	Schwingquarze	Oszillatoren
Notwendige Angaben	Bauform (SMD oder bedrahtet, Abmessungen)	Bauform (SMD oder bedrahtet, Abmessungen)
	Frequenz in kHz oder MHz	Frequenz in kHz oder MHz
	Arbeitstemperaturbereich in $^\circ\text{C}$	Arbeitstemperaturbereich in $^\circ\text{C}$
	Frequenztoleranz bei 25°C in ppm	Frequenzstabilität über den Arbeitstemperaturbereich in ppm
	Frequenzstabilität über den Arbeitstemperaturbereich in ppm	Ausgangssignal (HCMOS, LVPCL, LVDS etc.)
	Lastkapazität in pF	Versorgungsspannung (5 V, 3,3 V, 1,8 V etc.)
Wünschenswerte Angaben (wenn bekannt)	Empfehlung des IC-Herstellers / vollständige Typen-/Herstellerbezeichnung	Vollständige Typen-/Herstellerbezeichnung
	Max. ESR Wert in Ω	Jitter (max. / typ.) in pS
	Ziehbarkeit (Pullability) in ppm/pF (über definierten Bereich in pF)	Symmetrie (40/60, 45/55)
	Schwingungsart (Grundton/Oberton)	Rise & Fall-Time (Anschwingzeit) in nS

Bild: WDI

Tabelle: Angaben von Schwingquarzen und Oszillatoren, die zur korrekten und vollständigen Spezifikation gemacht werden sollten.

„Unser Quarzfinder bietet dem Anwender aktive Unterstützung bei der Auswahl des richtigen Quarzes, Resonators, Oszillators oder Real-Time-Clock-Moduls.“

Hendrik Nielsen, WDI

Bild: WDI

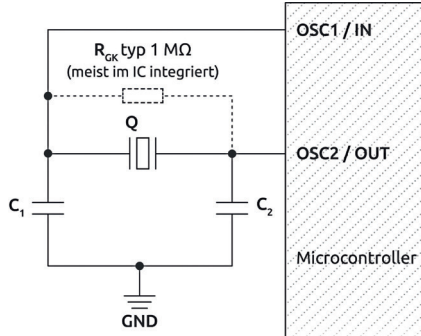


Bild 2: Oszillatorschaltbild eines Mikrocontrollers in Pierce-Konfiguration.

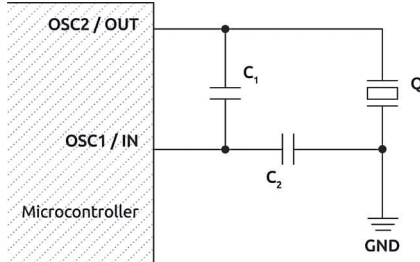


Bild 3: Oszillatorschaltbild eines Mikrocontrollers in Colpitts-Konfiguration.

sodass sie nur noch um den Schwingquarz und eventuell benötigte passive Bauteile zu einer kompletten Oszillatorschaltung ergänzt werden müssen. Wichtig ist, dass hierbei ausnahmslos alle Leiterbahnen möglichst kurz sind, um parasitäre Einflüsse zu vermeiden.

Sind in dem eingesetzten Mikrocontroller bereits alle erforderlichen Bauteile für eine Pierce-Oszillatorschaltung vorhanden, muss der Schwingquarz noch, wie in Bild 2 gezeigt, mit zwei Kondensatoren, C_1 und C_2 , beschaltet werden. Meist wird dabei oberhalb von 4 MHz kein externer Vorwiderstand benötigt, da dieser dann bereits in der Ausgangsimpedanz der Inverterstufe des Mikrocontrollers enthalten ist. Ebenso schon integriert ist meist der hochohmige Widerstand R_{GK} .

Die Oszillatorschaltung muss mittels der beiden Kondensatoren C_1 und C_2 an die spezifizierte Lastkapazität C_L des Schwingquarzes angepasst werden. Hierbei hilft folgende Gleichung 2:

$$(C_1 + C_{S1}) \cdot (C_2 + C_{S2}) = C_L$$

C_{S1} und C_{S2} bilden dabei die Eingangs- beziehungsweise Ausgangskapazitäten des Mikrocontrollers sowie die von den Leiterbahnen herrührenden parasitären Kapazitäten ab. Optimal beschaltet ist der Schwingquarz, wenn die Ausgangsfrequenz genau mit der Resonanzfrequenz des eingesetzten Quarzes übereinstimmt.

Unterhalb von 4 MHz ist bei Mikrocontrollern mit Pierce-Oszillatorkonfiguration meist zusätzlich ein externer Vorwiderstand erforderlich, um das aus C_1 , C_2 und dem Schwingquarz bestehende PI-Glied an den Mikrocontroller anzupassen und unerwünschte harmonische Oberwellen zu unterdrücken. Dieser sollte so groß gewählt werden, dass die zulässige Belastung des Quarzes nicht überschritten wird.

Ebenfalls möglich ist es, dass die Schwingstufe eines Mikrocontrollers, wie in Bild 3,

als Colpitts-Oszillatorschaltung ausgeführt ist. Die Anpassung der Kondensatoren C_1 und C_2 erfolgt hier, wie bei der Pierce-Schaltung (Gleichung 2).

Nähere Informationen zum korrekten Aufbau der Oszillatorschaltung sowie wichtige Hinweise zur Spezifikation des benötigten Schwingquarzes lassen sich in der Regel in den Datenblättern der jeweiligen Mikrocontroller finden. Bei der Auswahl des, sowohl wirtschaftlich als auch technisch gesehen, idealen Taktgebers für Ihr System sind wir Ihnen gerne bereits vom Design-In an behilflich, zeigen baugleiche Alternativen und „Second Sources“ auf und empfehlen besonders gängige Spezifikationen und Bauformen. Von der Erstbemusterung und eventuell notwendigen Schaltungsanalyse, über die Prototypen- und Vorserienbelieferung bis hin zur klassischen Distributionsdienstleistung während der Serienfertigung können unsere Kunden auf uns zählen.

Kennen Sie schon den Quarzfinder?

Mit dem Quarzfinder bietet WDI dem Anwender ein Online-Suchwerkzeug, das ihn aktiv bei der Auswahl des für ihn richtigen Quarzes, Resonators, Oszillators oder Real-Time-Clock-Moduls unterstützt. Unter www.quarzfinder.de sind über 1000 Produkte inklusive Spezifikationen im Pdf-Format zu finden. Auf einen Blick erhält der Interessent sämtliche bei WDI erhältlichen Frequenzgeber, gelistet nach Spezifikationen. Neben der Möglichkeit, nach vorhandenen Spezifikationen zu filtern, wird die Produktsuche zudem durch die Recherchefunktion „Cross-Reference“ erleichtert. Anhand des Herstellers bzw. Anbieters oder der Produktserie werden alle bei WDI verfügbaren baugleichen Alternativen aufgezeigt. // TK

WDI