

elektronik industrie

WAS ENTWICKLER WISSEN MÜSSEN

AKTIVE + PERIPHERIE

Mit welchen Methoden
sich Mikrocontroller
selbst und ganze Systeme
sichern.

Seite 28

QUANTENCOMPUTING

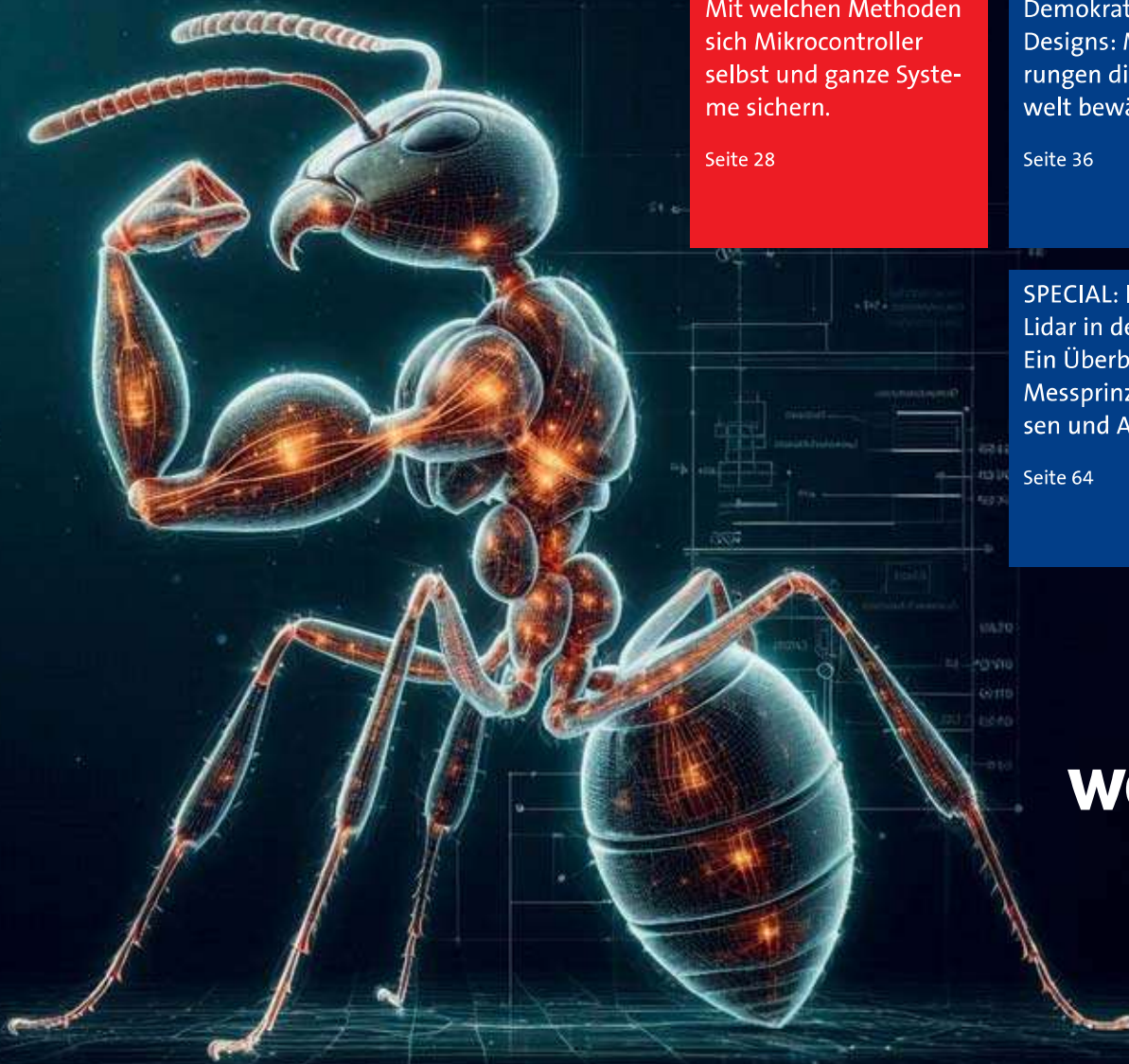
Demokratisierung des
Designs: Mit HF-Erfahrungen
die Quantenwelt bewältigen.

Seite 36

SPECIAL: INDUSTRIAL

Lidar in der Industrie:
Ein Überblick über
Messprinzipien, Bauweisen
und Anwendungen.

Seite 64



wdi ag

Quarze und Oszillatoren im Rampenlicht

Präzise Taktgeber sind unverzichtbare
Komponenten, die trotz ihrer geringen
Größe enorme Leistung bringen.
Seite 12

Schwingquarze nutzen den piezoelektrischen Effekt, um mechanische Schwingungen in stabile elektrische Signale umzuwandeln. Ein Schwingquarz besteht aus einem dünnen Plättchen aus Siliziumdioxid (SiO_2), das zwischen zwei Elektroden angebracht ist. Wenn eine elektrische Spannung an den Elektroden anliegt, verformt sich die Kristallstruktur des Quarzes, wodurch eine Schwingung entsteht. Die Schwingung erfolgt in einer sehr stabilen und präzisen Frequenz, die von der physikalischen Geometrie des Quarzes, insbesondere von Dicke und Schnittwinkel, abhängt. Schwingquarze arbeiten normalerweise im Grundmodus, bei dem die Schwingungsfrequenz der primären Resonanzfrequenz des Kristalls entspricht. Für Anwendungen, die höhere Frequenzen erfordern, können Quarze auch in Obertönen betrieben werden. Diese Obertöne sind ganzzahlige Vielfache der Grundfrequenz und erfordern spezielle Filterschaltungen, um die Grundwelle zu unterdrücken und die gewünschte Oberwellenfrequenz zu isolieren. Die Verwendung von Obertonquarzen erfo

Auf einen Blick

- Quarze und Oszillatoren stabilisieren durch ihre Präzision technologische Anwendungen.
- Die Miniaturisierung von Quarzen schreitet voran.
- Bei Auswahl und Spezifikation eines Quarzes oder Oszillators muss viel beachtet werden.

Autor



Hendrik Nielsen:
technischer Sales-
Spezialist FCP, WDI

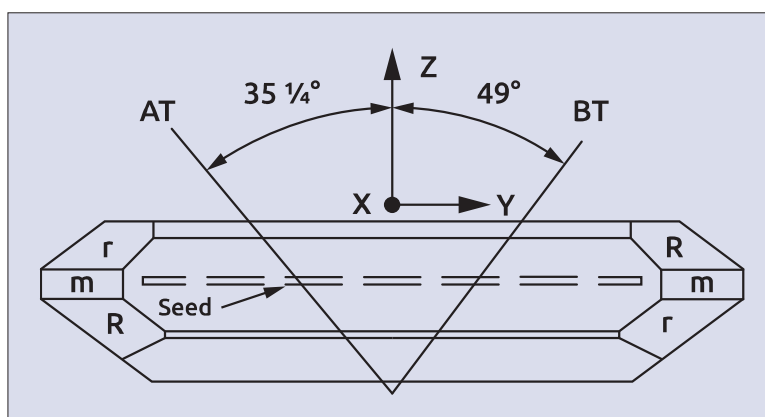


Bild 1: Die verschiedenen Quarzschnitte. Die Lage der X/Y/Z-Achsen werden mit Hilfe eines Röntgengerätes ermittelt.

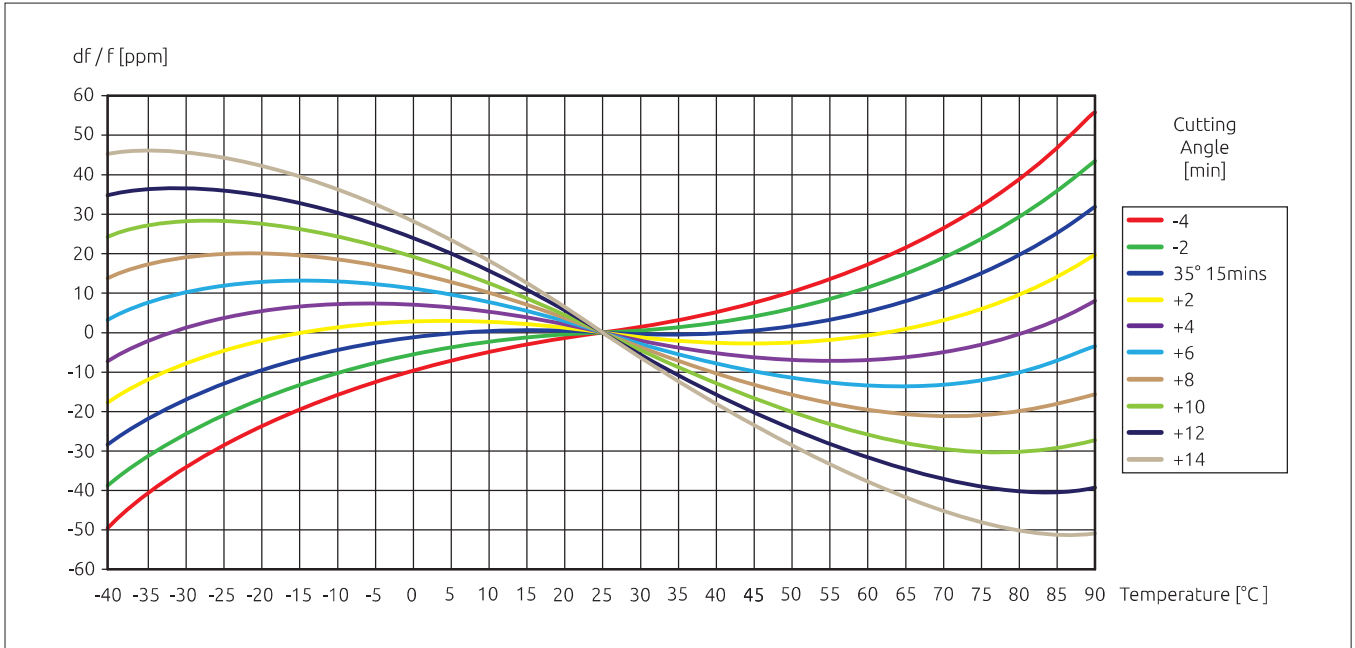


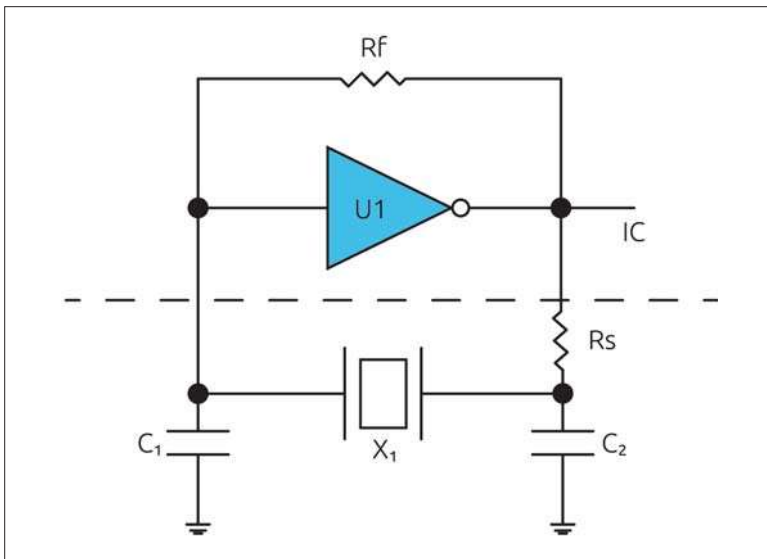
Bild 2: Temperaturkurve eines AT-Schnittquarzes.

festgelegt werden, um das Bauteil korrekt zu spezifizieren. Diese Spezifikationen sind entscheidend, damit das System einwandfrei funktioniert.

Beim Schwingquarz spielt dabei unter anderem die Wahl der richtigen Lastkapazität (CL) eine elementare Rolle, die oft unterschätzt wird: $CL_{ist} = (C_1 \times C_2) / (C_1 + C_2) + C_{Chip} + C_{Streu}$. Die Lastkapazität ist die Kapazität, die ein Quarz benötigt, um auf seiner spezifizierten Nennfrequenz zu schwingen. Sie beinhaltet sowohl die an den beiden Anschlüssen des Schwingquarzes gegen Masse geschalteten Kondensatoren C_1 und C_2 , als auch verschiedene, üblicherweise unter dem Namen C_{stray} (Stray Capacity) zusammengefasste, parasitäre Kapazitäten, wie beispielsweise Streukapazitäten der Leiterplatte sowie die parasitäre Kapazität des Oszillator-ICs, an dem der Schwingquarz angeschlossen ist.

Die Auswahl der richtigen Lastkapazität ist entscheidend: Ist die Lastkapazität zu niedrig, schwingt der Quarz mit einer höheren Frequenz als vorgesehen, was zu einer Instabilität der Schaltung führen kann. Ist sie

Bild 3: Aufbau eines traditionellen Quarzoszillators.

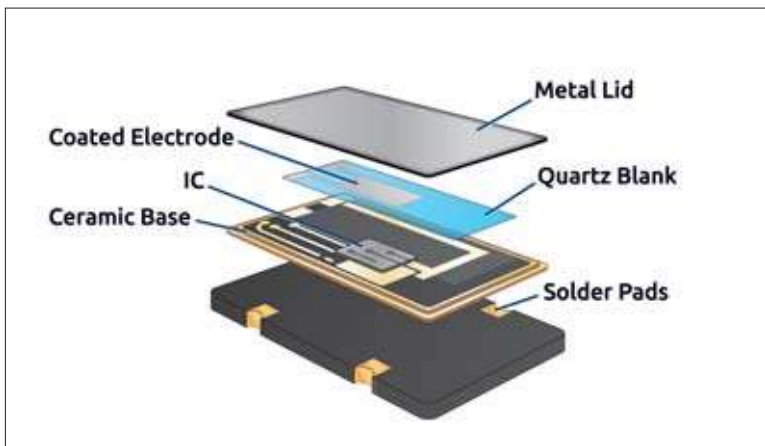
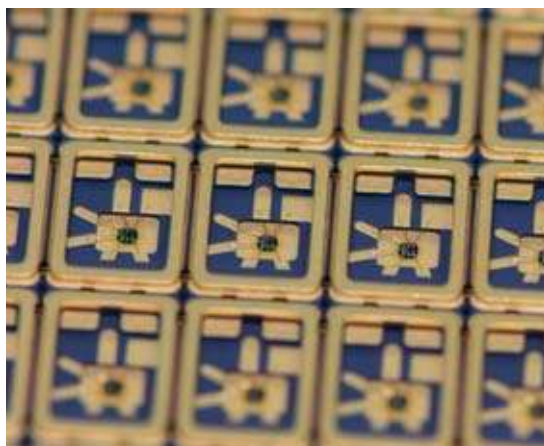


hingegen zu hoch, kann dies dazu führen, dass der Quarz nicht auf seiner gewünschten Nennfrequenz schwingt und Frequenzabweichungen von mehr als 100 ppm auftreten. Im schlimmsten Fall kann dies dazu führen, dass der Quarz unter verschiedenen Betriebsbedingungen nicht mehr ordnungsgemäß funktioniert. Daher ist es wichtig, die Lastkapazität sorgfältig zu berechnen und an die spezifischen Anforderungen der Schaltung anzupassen. Die korrekte Wahl der Lastkapazität erfordert nicht nur ein tiefes Verständnis der Schaltung, sondern auch eine genaue Kenntnis der Eigenschaften des Quarzes und der umgebenden Bauelemente.

Besonders kritisch ist auch der ESR-Wert (Equivalent Series Resistance) des Schwingquarzes, da er maßgeblich die Anschwingsicherheit einer Oszillatorschaltung beeinflusst. Der ESR-Wert ist ein Widerstand, der durch den Quarz und die ihm angeschlossenen Komponenten erzeugt wird und den Energieverlust während des Schwingens beschreibt. Er wirkt sich maßgeblich auf die Anschwingsicherheit der Oszillatorschaltung aus und sorgt im schlimmsten Falle dafür, dass ein System nicht „anläuft“.

In der Praxis zeigt sich, dass kleinere Bauformen oft höhere ESR-Werte (bei gleichbleibender Frequenz) aufweisen. Dieser Zusammenhang ergibt sich aus der Tatsache, dass kleinere Quarze dünnere Kristalle verwenden, die eine höhere elektrische Dämpfung aufweisen. Ein höherer ESR-Wert reduziert die Anschwingsicherheit der Schaltung, was bedeutet, dass die Schaltung möglicherweise nicht stabil auf ihre Betriebsfrequenz einschwingt oder gar nicht erst startet.

Um Probleme zu vermeiden, muss der ESR-Wert des Quarzes in Einklang mit den Anforderungen der Schaltung und den Spezifikationen des Controllers gebracht werden. Häufig geben IC-Hersteller empfohlene ESR-Bereiche für die spezifische Schaltung vor. Es ist wichtig, den ESR-Wert zu minimieren, indem geeignete Schaltungskomponenten ausgewählt und möglicherweise die Größe der verwendeten Kondensatoren angepasst werden.



Fallstricke in Datenblättern

Oft wird die Spezifikation von Schwingquarzen und Oszillatoren durch unübersichtliche oder irreführende Datenblattangaben erschwert. Ein immer wieder auftretendes Problem ist die Verwirrung zwischen dem tatsächlichen ESR-Wert und dem dynamischen Widerstand R_1 , der in vielen Datenblättern angegeben wird. Der R_1 -Wert ist in der Regel deutlich niedriger als der ESR-Wert und hat in der Praxis keine Relevanz für die Berechnung der Anschwingsicherheit.

Ebenso gibt es immer wieder Fälle, in denen der Stromverbrauch eines Oszillators irreführend angegeben wird. Beispielsweise wird manchmal ein extrem niedriger Stromverbrauch angegeben, der dann jedoch – bei genauerer Betrachtung – nur ohne Last gilt. In der Realität, wenn der Oszillator tatsächlich in einer Schaltung betrieben wird, kann der Stromverbrauch erheblich höher sein. Diese Art von Angaben kann zu einer Fehleinschätzung der tatsächlichen Leistungsfähigkeit des Oszillators und in der Praxis zu schwerwiegenden Problemen führen, zum Beispiel in batteriebetriebenen Anwendungen, bei denen der Stromverbrauch eine kritische Rolle spielt.

Ein weiteres häufiges Problem sind unterschiedliche Definitionen und Einheiten in den Datenblättern, die den direkten Vergleich zwischen Produkten verschiedener Hersteller erschweren. So kann es vorkommen, dass zwei Schwingquarze scheinbar ähnliche Spezifikationen haben, in Wirklichkeit aber unterschiedliche Frequenzstabilitäten oder Lastkapazitäten aufweisen. Entwickler

müssen hier besonders wachsam sein und sicherstellen, dass sie die richtigen Parameter vergleichen, um die optimale Auswahl zu treffen.

Unterstützung bei der Auswahl

Die Wahl des richtigen Schwingquarzes oder Oszillators ist eine anspruchsvolle Aufgabe, bei der Anwender viele technische Aspekte berücksichtigen müssen. Von der Frequenzstabilität über die Lastkapazität bis hin zur korrekten Spezifikation von ESR-Werten – der Design-In-Prozess erfordert ein umfassendes Fachwissen und zudem ein tiefes Verständnis für die jeweilige Anwendung.

Gerade bei komplexen Projekten, die höchste Präzision und Zuverlässigkeit erfordern, bietet die klassische Distribution, wie die WDI AG, einen signifikanten Mehrwert. Anwender profitieren nicht nur von einem breiten Spektrum an Herstellern, sondern auch von maßgeschneiderter Beratung und technischer Unterstützung, die über den reinen Verkauf hinausgeht.

Ein weiterer Vorteil liegt in der engen Zusammenarbeit mit Herstellern und dem Zugang zu weiterführenden technischen Informationen. Dies stellt sicher, dass nicht nur die aktuellen Produktdaten zur Verfügung stehen, sondern auch frühzeitig über Bauteiländerungen informiert wird. Der smartPCN-Service ermöglicht es, Produktänderungsmitteilungen (PCNs) effizient zu verwalten und neue Produkte nahtlos zu integrieren, ohne dass es zu Unterbrechungen im Design- und Fertigungsprozess kommt. (bs)

Bild 4: Gebondete Dies im Oszillatorgehäuse. (links)

Bild 5: Oszillatorschaltung am Beispiel des Pierce-Gate-Oszillators (rechts).

Tabelle 1: Angaben von Schwingquarzen und Oszillatoren, die zur korrekten und vollständigen Spezifikation gemacht werden sollten.

	Schwingquarze	Oszillatoren
Notwendige Angaben	Bauform (SMD oder bedrahtet, welche Abmessungen)	Bauform (SMD oder bedrahtet, welche Abmessungen)
	Frequenz in kHz oder MHz	Frequenz in kHz oder MHz
	Arbeitstemperaturbereich in °C	Arbeitstemperaturbereich in °C
	Frequenztoleranz bei +25 °C in ppm	Frequenzstabilität über den Arbeitstemperaturbereich in ppm
	Frequenzstabilität über den Arbeitstemperaturbereich in ppm	Ausgangssignal (HCMOS, LVPECL, 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