

## Für IoT- und Wearable-Anwendungen:

# Auswahl des richtigen Schwingquarzes

Wenn eine stabile Referenz mit geringem Stromverbrauch benötigt wird, sind Oszillatorschaltungen mit einem 32,768-kHz-Schwingquarz die beste Wahl. Der Artikel beschreibt das Vorgehen bei der Quarzauswahl für IoT- und Wearable-Anwendungen.



Seit der Entwicklung des ersten Quarzoszillators durch Walter Guyton Cady im Jahre 1921 bilden frequenzgebende Bauteile das Herzstück vieler elektronischer Systeme, und mit der immer weiter fortschreitenden

Technologisierung kommen nahezu täglich weitere Anwendungen hinzu. Mit der kontinuierlichen Miniaturisierung elektronischer Bauelemente und Prozessoren wächst nun auch seit Jahren der Markt für IoT-

und Wearable-Anwendungen nahezu explosionsartig an. Es wird erwartet, dass bereits bis 2020 mehr als 31 Milliarden IoT-Geräte im Einsatz sein werden. Die besonderen Anforderungen dieser Anwendungen



Autor  
Hendrik Nielsen  
Produktmarketing FCP

WDI AG  
www.wdi.ag

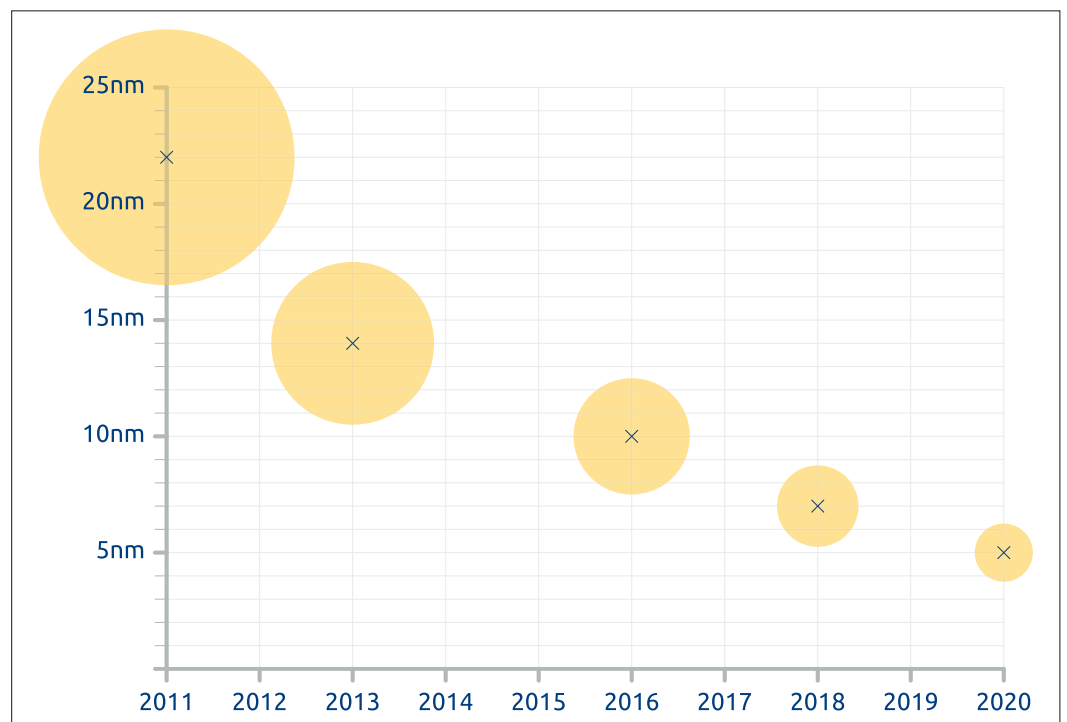
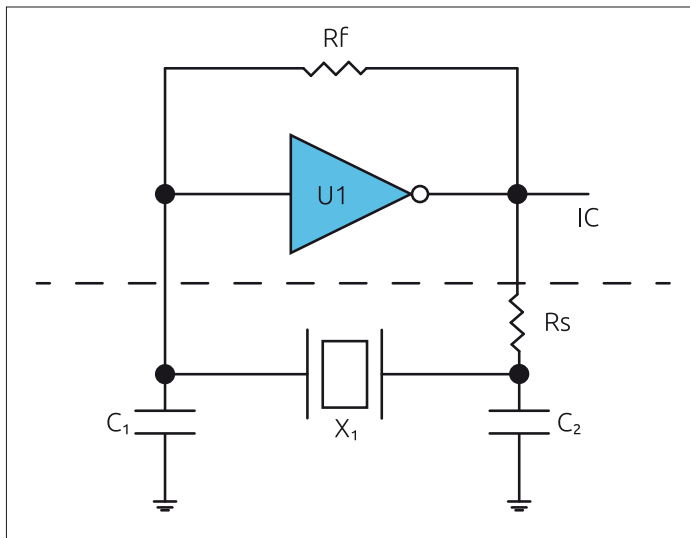


Bild 1: Prozessorgößen im Wandel der Zeit. Der Trend zur Miniaturisierung setzt sich fort



**Bild 2: Oszillatorschaltung am Beispiel des Pierce-Gate-Oszillators**

stellen aber auch die Hersteller der für die meisten Systeme lebensnotwendigen frequenzgebenden Bauteile vor eine große Herausforderung.

## Batteriebetrieb durch Miniaturisierung

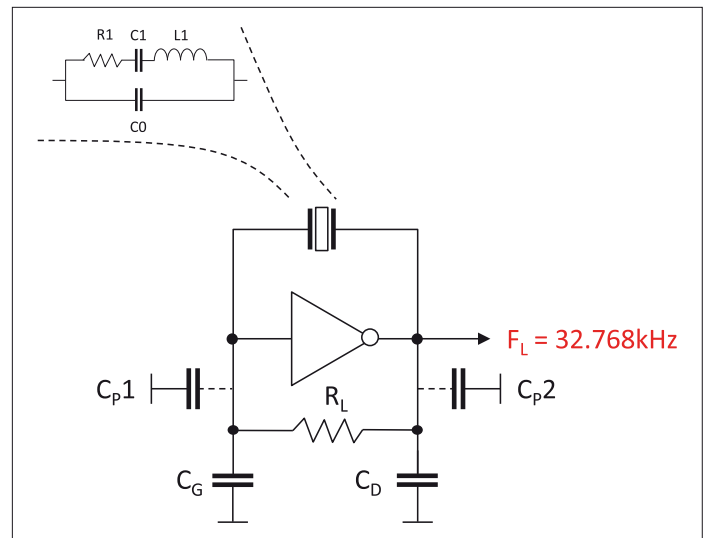
Getrieben durch das Angebot immer kleinerer, kostengünstiger und energieeffizienter Prozessoren steigt schon seit Jahren die Nachfrage nach ständig kleineren batteriebetriebenen IoT- und Wearable-Endgeräten. Bild 1 skizziert den Trend. Und ein Ende dieses Trends zur Miniaturisierung der Elektronik ist nicht absehbar. So arbeiten die großen Hersteller von Prozessoren wie Intel, ARM, Samsung und Qualcomm schon lange an Prozessoren mit Halbleiterstrukturen von nur noch 5 nm.

Durch die stetige Miniaturisierung soll die praktische Implementierung umfangreicher bat-

teriebetriebener Anwendungen möglich werden, die trotz funktionsreicher Umgebung extrem wenig Energie erfordern. Typische Anwendungsgebiete wären hier beispielsweise die Medizintechnik, IoT-Lösungen, aber auch Wearables. Allerdings hat dieser Trend auch erhebliche Auswirkungen auf die Auswahl der taktgebenden Bauteile dieser kleinen elektronischen Systeme.

## Auswirkungen auf die Quarzauswahl

Wenn eine stabile Referenz mit geringem Stromverbrauch benötigt wird, sind Oszillatorschaltungen mit einem 32,768-kHz-Schwingquarz die beste Wahl. Oszillatorschaltungen mit AT-Cut-Quarzen im Megahertz-Bereich würden zwar eine bessere Temperaturstabilität bieten, benötigen jedoch einen signifikant höheren Strom, weswegen auch die Applikationshinweise von Mikrocontrollern



**Bild 4: Pierce-Oszillatorschaltung mit eingesetztem Schwingquarz**

und SoCs meist die Verwendung von 32-kHz-Quarzen empfehlen. Vorwiegend basiert das integrierte Taktsystem bei diesen niedrigen Frequenzen auf der bekannten Pierce-Konfiguration (Bild 2). Um hierbei einen stabilen Betrieb über den kompletten Temperaturbereich sicherzustellen, müssen im Vorfeld einige Parameter überprüft und beachtet werden.

Besonders wichtig für die Entwicklung einer niederfrequenten Oszillatorschaltung sind ein sicheres Anschwingverhalten bei der kleinsten zur Verfügung stehenden Versorgungsspannung und über den gesamten Temperaturbereich sowie eine äußerst präzise Frequenz. Darüber hinaus sollten eine möglichst kurze Anschwingzeit, niedriger Stromverbrauch und eine gute Frequenzstabilität angestrebt werden. Die Ausgangsfrequenz ist abhängig von der Lastkapazität des Quarzes und wird zusätzlich durch die Streukapazität der Leitungen und die parasitären Kapazitäten des ICs beeinflusst.

Bild 3 bringt das Ersatzschaltbild eines Schwingquarzes. Es besteht aus R-, L- und C-Elementen.

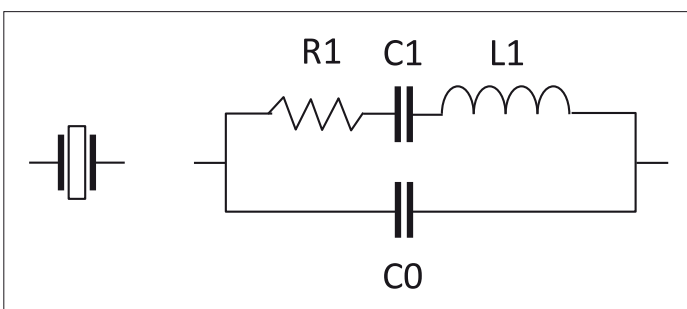
Eine Oszillatorschaltung zeigt Bild 4. Hier erkennt man, dass sich die parasitären Kapazitäten aus den Streukapazitäten der Verbindungsleitungen sowie der

Chip-Ein- und -Ausgangskapazitäten zusammensetzen.

## Mögliche Parameter:

- $f = 32,768 \text{ kHz} \pm 20 \text{ ppm}$
- $C_{L\_XTAL} = 12,5 \text{ pF} @ 25 \text{ }^\circ\text{C}$
- $R_L =$  typisch 10 MOhm für 32-kHz-Oszillatoren (1 MOhm für AT-HF-Oszillatoren)
- $C_G =$  Eingangslastkapazität (Gate) zusammen mit der parasitären Kapazität  $C_{P1}$
- $C_D =$  Ausgangslastkapazität (Drain) zusammen mit der parasitären Kapazität  $C_{P2}$
- $C_{L\_OSC}$  (Lastkapazität am Verstärker) ist bestimmt durch  $C_G \times C_D / (C_G + C_D)$

Die nominale Frequenz wird erreicht, wenn die Lastkapazitäten der Schaltung und die des Quarzes gleich groß sind, also  $C_{L\_OSC} = C_{L\_XTAL}$  ist. Übliche vorgeschriebene Lastkapazitäten sind 6, 7, 9 und 12,5 pF. Bestenfalls wird das Layout so optimiert, dass die Oszillatorschaltung mit dem Schwingquarz unmittelbar neben dem Mikrocontroller sitzt. Dadurch minimiert man die Streukapazität und verkleinert die Antennenwirkung – und somit auch die Störanfälligkeit.



**Bild 3: Ersatzschaltbild eines Schwingquarzes**

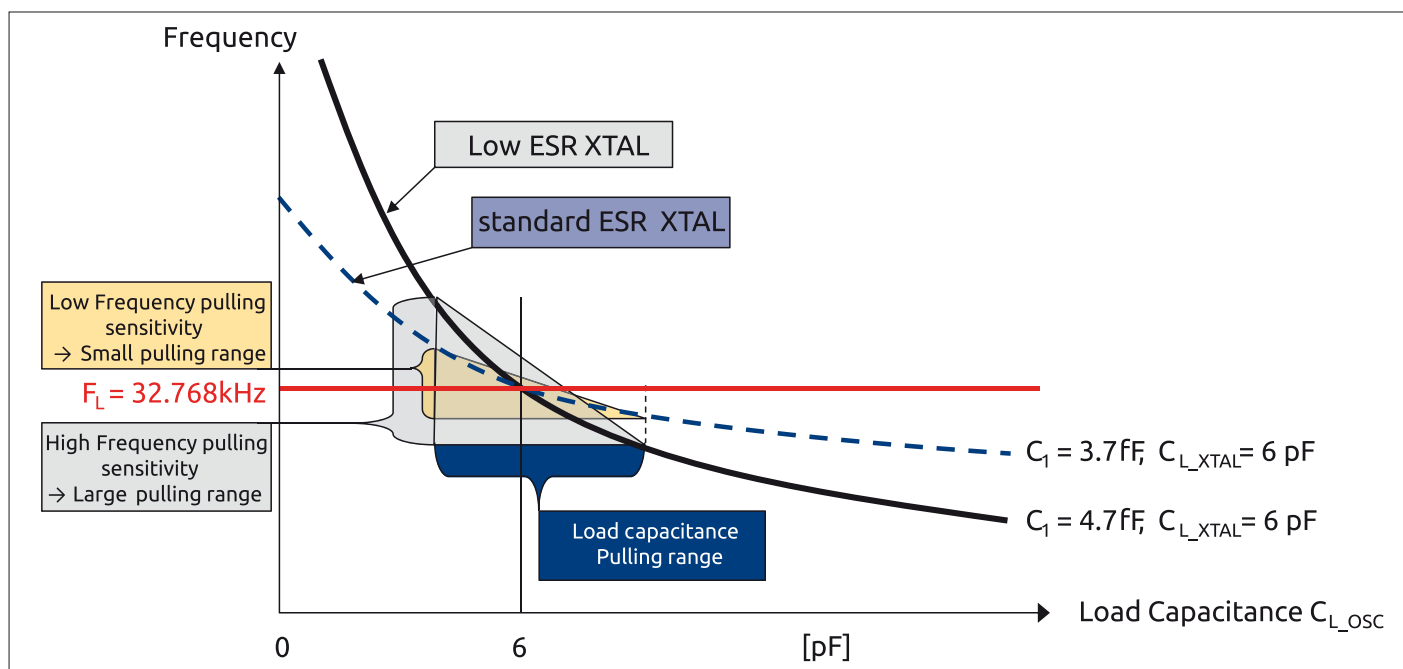


Bild 5: Frequenz in Abhängigkeit von der Lastkapazität

## ESR und Frequenzsensitivität

Zu beachten ist, dass der ESR-Wert einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Frequenzsensitivität hat. Da die Erfahrung zeigt, dass nicht alle Pierce-Oszillatorschaltungen auf die Anwendung mit modernsten kleinen QuarzbaufORMen ausgelegt wurden, ist es angebracht, die externen Einflüsse wie Temperatur- und Spannungsverhalten mit einzu-beziehen. Die Ringverstärkung der Oszillatoren reduziert sich typischerweise bei Temperaturen von über 50 °C und mit kleiner werdender Versorgungs-spannung.

Um die angestrebte Anschwing-sicherheit sicherzustellen, sollte ein Widerstand mit dem vier-fachen Wert des ESR in Serie geschaltet werden. Hierdurch lassen sich auch die Produktto-leranzen der Schwingquarze, der mit höheren Temperaturen steigende ESR sowie die mit höheren Temperaturen sinkende Verstärkung kompensieren. Ist das Ergebnis mit einem Stan-dardschwingquarz nicht zufried-enstellend, sollte ein Low-ESR-Schwingquarz eingesetzt werden. Es hat sich bewährt, den Oszillator bei Raumtempe-

ratur mit einem Referenzquarz mit künstlich erhöhtem ESR zu testen.

## Einfluss von ESR und C1 auf die Ziehfähigkeit

Durch die physikalischen Eigen-schaften des Stimmgabelquarzes besteht eine Abhängigkeit zwi-schen dem ESR-Wert und der Motional-Kapazität C1. Durch Vergrößern von C1 kann ein niedrigerer ESR-Wert erreicht werden, was wiederum eine höhere Anschwingsicherheit sowie eine größeren Ziehbereich – bedingt durch den höheren C1-Wert – begünstigt. Tole-ranzen der Lastkapazität können dann zu größeren Frequenzab-weichungen führen. Bild 5 inform-iert darüber, wie die Frequenz

sich in Abhängigkeit von der Lastkapazität verhält.

## Standard- oder Low-ESR-Quarz?

Wenn die elektrischen Spezifi-kationen eines Standardquarzes für die geplante Anwendung genügend Anschwingsicher-heit bieten und eine bessere Jit-ter-Performance benötigt wird, ist ein Schwingquarz mit Stan-dard-ESR-Wert mit Sicherheit die richtige Wahl. Gleichzeitig lassen sich mit Standardquar-zen oftmals nicht unerhebliche Kostenvorteile erzielen.

Low-ESR-Quarze hingegen sollten unbedingt zum Einsatz kommen, wenn die Anschwing-sicherheit beim Test mit einem

Standardquarz nicht zufried-enstellend war und eine kürzere Anschwingzeit oder ein batte-rieschonender Stromverbrauch erreicht werden sollen. Auch beim Re-Design oder dem Ersetzen von älteren und großen Quarzen bietet es sich an, auf Schwingquarze mit niedrigem ESR-Wert zu setzen, da diese meist baufORMbedingt schon einen niedrigeren ESR-Wert mit sich bringen.

Unterstützung bei der Auswahl der richtigen Lösung für die jeweilige Anwendung erhalten Kunden bei den Experten der WDI AG. Sie begleiten die Entwicklung von Anfang an und führen den Anwender schon beim Design-in zielsicher zum richtigen Produkt. ◀

Kriterien	Standard-ESR	Low-ESR	Kommentar
Anschwingsicherheit	normal	größer	Oszillator sollte bei 25 °C mit 5 x R1 anlaufen
Anschwingzeit	normal	kürzer	schaltungsabhängig (ähnliche Quarz-güte)
Strombedarf	normal	niedriger	schaltungsabhängig, idealerweise ca. 2 nA/kOhm
Ziehfähigkeit	gut	sehr gut	-
Rauschempfindlichkeit	gut	gut	-

## Leistungsvergleich zwischen Standard- und Low-ESR-Ausführungen