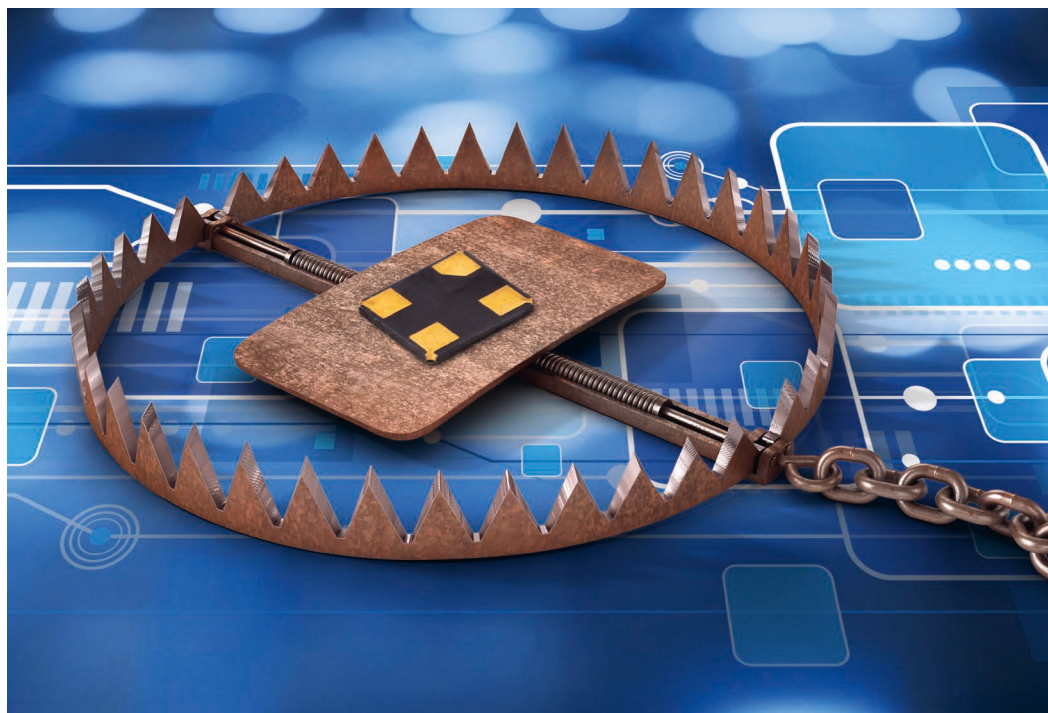


Vorsicht, Falle!

ESR ist nicht gleich R1

Warum ein falscher Widerstand die Anschwingsicherheit eines Quarzoszillators gefährdet, wird in diesem Beitrag erklärt.



Um die stabile Funktion eines elektronischen Systems zu gewährleisten, sind ein sauberes Anschwingen des Quarzes und ein stabiles Schwingen auf der vorgegebenen Nennfrequenz unabdingbar. Ein unsauberes Anschwingverhalten der Oszillatorschaltung ist der (vermeidbare) Albtraum eines jeden Entwicklers.

Worauf man achten muss

Neben der exakten Festlegung der Werte der parallelen Kondensatoren in Abstimmung mit der Lastkapazität des Quarzes sowie der Auswahl der passenden Toleranzparameter gibt es auch noch weitere wichtige Eigenschaften, die beim Design-In nicht vernachlässigt – und vor allem nicht verwechselt – werden dürfen.

Aufgrund seiner technischen Komplexität gilt der Quarz immer noch häufig als Problemkind, dessen korrekte Spezifizierung viele Anwender vor enorme

Herausforderungen stellt. Oftmals fehlt vielen Anwendern schlichtweg das nötige Detailwissen im Bereich der Frequenzsteuerung. Ein anderer Grund sind teils sehr irreführende Datenblattangaben. Prinzipiell gilt, so wie bei den anderen Bauelementen auch, dass nur ein vollständig und richtig spezifizierter Quarz auch ein gut brauchbarer Quarz ist.

Grundsätzlich sind zur exakten Spezifizierung eines Schwingquarzes mindestens sechs Angaben notwendig. Hierzu gehören Bauform (SMD oder bedrahtet), Ausgangsfrequenz, Frequenzto-

leranz bei 25 °C (in ppm) und Frequenzstabilität (in ppm) über den Arbeitstemperaturbereich sowie Lastkapazität.

Eine nicht unwesentliche Eigenschaft, die es bei der Auslegung einer stabilen Oszillatorschaltung zu beachten gilt, ist der ESR (Equivalent Series Resistance), der ursprünglich auch als Lastresonanzwiderstand (R_L) angegeben wurde. Er wirkt sich maßgeblich auf die Anschwingsicherheit der Oszillatorschaltung aus und sorgt im schlimmsten Fall dafür, dass ein System nicht „anläuft“. Ebenso wie die benötigte Frequenz wird auch der maximale ESR häufig vom eingesetzten Controller vorgegeben. Zu bedenken ist an dieser Stelle: Je kleiner die Bauform (bei gleichbleibender Frequenz), desto höher ist der ESR. Der benötigte ESR in Verbindung mit der geforderten Frequenz legt damit also bereits die Baugröße des Quarzes fest.

Im Ersatzschaltbild des Quarzes (Bild 1) sind:

C_0 - static capacitance (including stray cap. of package)

C_1 - motional capacitance

L_1 - motional inductance

R_1 - motional resistance

Durch den Lastkondensator C_L ergibt sich der Lastresonanzwiderstand $R_L = ESR$.



Autor:
Hendrik Nielsen
Inside Sales Specialist FCP,
hnielsen@wdi.ag
WDI AG
www.wdi.ag

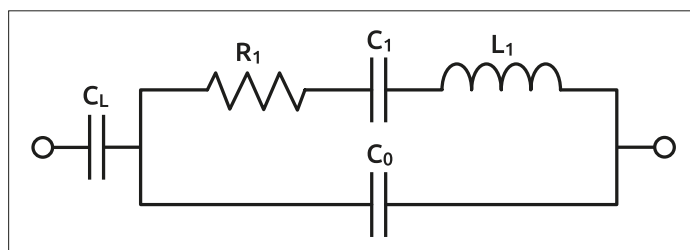


Bild 1: Ersatzschaltbild eines Quarzes

C_0	C_L	6 pF	8 pF	10 pF	12 pF	14 pF	16 pF	18 pF	20 pF	22 pF	24 pF	26 pF	28 pF	30 pF
		1 pF	1,361	1,266	1,210	1,174	1,148	1,129	1,114	1,103	1,093	1,085	1,078	1,073
1,5 pF	1,563	1,410	1,323	1,266	1,226	1,196	1,174	1,156	1,141	1,129	1,119	1,110	1,103	
2 pF	1,778	1,563	1,440	1,361	1,306	1,266	1,235	1,210	1,190	1,174	1,160	1,148	1,138	
2,5 pF	2,007	1,723	1,563	1,460	1,389	1,337	1,297	1,266	1,240	1,219	1,202	1,187	1,174	
3 pF	2,250	1,891	1,690	1,563	1,474	1,410	1,361	1,323	1,291	1,266	1,244	1,226	1,210	
3,4 pF	2,454	2,031	1,796	1,647	1,545	1,470	1,413	1,369	1,333	1,303	1,279	1,258	1,240	
4 pF	2,778	2,250	1,960	1,778	1,653	1,563	1,494	1,440	1,397	1,361	1,331	1,306	1,284	
4,5 pF	3,063	2,441	2,103	1,891	1,746	1,642	1,563	1,501	1,451	1,410	1,376	1,347	1,323	
5 pF	3,361	2,641	2,250	2,007	1,842	1,723	1,633	1,563	1,506	1,460	1,422	1,389	1,361	

Tabelle 1: Verhältnis zwischen R1 und ESR in Abhängigkeit von C_0 und C_L

Berechnung der Anschwingsicherheit

Die Anschwingsicherheit (Circuit Margin C_m) einer Oszillatorschaltung lässt sich mit folgender Formel berechnen:

$$C_m = \frac{-R}{ESR}$$

Da der ESR bzw. R_L direkt in die Berechnung der Anschwingsicherheit eingeht, wirkt er sich auch wesentlich auf die Circuit Margin aus. Er setzt sich aus dem dynamischen Resonanzwiderstand $R1$ und einem Faktor zusammen, in welchen die Werte für C_0 und C_L direkt einfließen.

$$R_1 = \frac{ESR}{(1 + \frac{C_0}{C_L})^2} \quad ESR = R_L = R_1(1 + \frac{C_0}{C_L})^2$$

Wichtig: ESR entspricht nicht R1

Anstatt des eigentlich sinnvollen ESR oder R_L findet man in neueren Datenblättern häufig den dynamischen Widerstand $R1$, welcher immer kleiner als der ESR ist. Den meisten Designern ist nicht bewusst, dass $R1$ für die Berechnung der Anschwingsicherheit überhaupt keine Bedeutung hat, weswegen diese Angabe in den Datenblättern eher als „Bauernfängerei“ zu bewerten ist. In der Praxis sieht der Anwender dann nur den erstaunlich niedrigen Wert und tappt in die Falle. Denkbar ist, dass ein Quarz, in dessen Datenblatt der echte ESR angegeben ist, nicht freigegeben wird, da

dieser fälschlicherweise mit dem natürlich niedrigeren Wert $R1$ aus dem Datenblatt des Wettbewerbers verglichen wird. Dabei können, je nachdem wie C_0 und C_L wertemäßig liegen, die Werte von $R1$ zu ESR sogar bis Faktor 3 auseinanderliegen.

Beispiel 1:

$C_0 = 4,5 \text{ pF}$, $C_L = 6 \text{ pF}$, $ESR = 60 \text{ Ohm}$

Ergebnis: $60 \text{ Ohm} / 19,6 \text{ Ohm}$ ($R1$) = rund 3

Beispiel 2:

$C_0 = 3 \text{ pF}$, $C_L = 12 \text{ pF}$, $ESR = 60 \text{ Ohm}$

Ergebnis: $60 \text{ Ohm} / 48 \text{ Ohm}$ ($R1$) = 1,25

Die Tabelle 1 zeigt den Faktor zwischen $R1$ und ESR in Abhängigkeit von C_0 und C_L .

Es lässt sich also deutlich erkennen, dass $R1$ keineswegs dem tatsächlichen ESR (R_L) entspricht. Dies muss man als Anwender unbedingt beachten, wenn es an das Vergleichen von Schwingquarzen geht, um die optimale Lösung für seine Anwendung zu finden. Im Umkehrschluss lässt sich somit anhand des Datenblattes bereits erkennen, welcher Quarzhersteller bzw. -anbieter sein Handwerk versteht und wer nur versucht, seine Kunden mit vermeintlich niedrigen Ohm-Werten hinters Licht zu führen. Bei der WDI AG begleitet man Kunden durch den Dschungel

der unterschiedlichsten Datenblattangaben und unterstützen sie insbesondere im Entwicklungsumfeld bei der Spezifizierung und Auswahl des für sie richtigen Quarzes sowie baugleicher Alternativen und Second Sources. Von der Erst-

bemusterung und eventuell notwendigen Schaltungsanalysen über die Prototypen- und Vorserienbelieferung bis hin zur klassischen Distributionsdienstleistung während der Serienfertigung sorgt man dafür, dass die Quarzauswahl gelingt. ◀