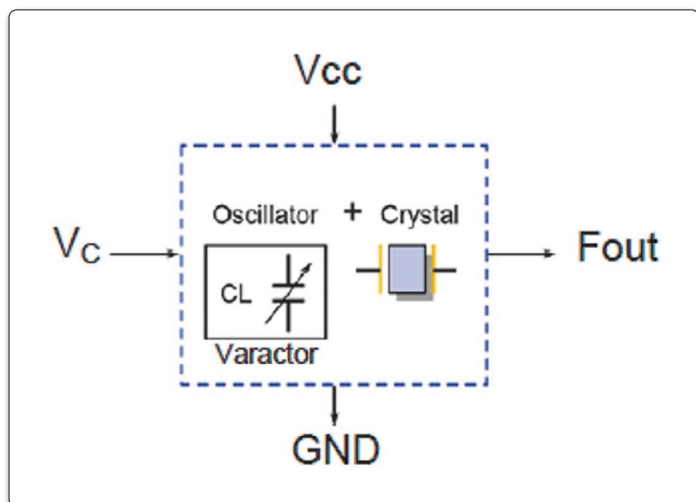


Wo liegt der Unterschied?

Absolute Pull Range und Pullability bei VCXOs

Der absolute Ziehbereich (APR) und die Ziehbarkeit eines VCXOs werden oft synonym verwendet, obwohl es sich in Wirklichkeit um zwei verschiedene Spezifikationen handelt.



Man sagt oft, ein Quarz werde gezogen. Genauer betrachtet stimmt dies jedoch nicht. Die Erklärung ist recht simpel: Die Frequenz eines Quarzoszillators wird nicht allein vom Quarz und dessen unmittelbaren parasitären Elementen bestimmt, sondern auch von externen Kapazitäten und Induktivitäten. Das Ziehen (des Oszillators, nicht des Quarzes) erfolgt, indem diese geändert werden.

VCXO-Pullability oder -Pull

Das ist die Fähigkeit, die Ausgangsfrequenz zu ändern, wenn man die VCXO-Steuerspannung (definitionsgemäß von ihrem Mittelwert aus) ändert. Diese Nachziehbarkeit wird als Frequenzdifferenz zwischen der Frequenz des VCXOs bei mittlerer Steuerspannung und der VCXO-Frequenz bei den Extremwerten der Steuerspannung definiert. Denn wie in Bild 1 zu sehen ist, besteht im Idealfall eine lineare Beziehung zwischen Steuerspannung und Ausgangsfrequenz. Der Total Pull Range (TPR) wird üblicherweise in \pm ppm angegeben.

Gelegentlich wird die Pullability auch auf Basis der Nennfrequenz und nicht von der Mittenspan-

nung aus angegeben. Bei beiden Vorgehensweisen können sich zumindest theoretisch zwischen den beiden Extremwert-Möglichkeiten Abweichungen ergeben. Man könnte diese vermeiden, indem man den gesamten Frequenz-Ziehbereich auf seine Mittenfrequenz bezieht, wobei die Mittenfrequenz genauer zu definieren wäre. Man könnte den Ziehbereich auch auf untere oder obere Frequenz normieren oder absolut angeben. Zur näheren Beurteilung gehört auch die Steuerspannung. Schließlich üben verschiedene Faktoren, wie Versorgungsspannung, Umgebungstemperatur und Last, einen Einfluss auf den Ziehbereich aus.

Obige Gedanken sollen nur vor Augen führen, dass man die Pullability nicht unbedingt auf die leichte Schulter nehmen sollte.

Der Absolute Pull Range (APR)

Das ist der ungünstigste Fall (Worst Case) der Pullability. Das bedeutet, dass der VCXO bei Einstellung der Steuerspannung auf die Extremwerte die Frequenz um den APR-Betrag ändern kann, wobei alle Instabilitäten berücksichtigt werden, wie z.B. Betriebstemperatur, Anfangskalibrierung, Versorgungsschwankungen, Alterung usw.

Für VCXOs bedeutet der APR die maximale Instabilität der Referenzquelle (von der Nennfrequenz), die der VCXO unter allen Bedingungen während der Lebensdauer des Geräts nachführen kann.

Beispiel:

Ein VCXO sei spezifiziert mit nominell ± 120 ppm Pullability

(oder Pull), ± 15 ppm Stabilität über den Betriebstemperaturbereich, ± 5 ppm Stabilität gegenüber Netz- und Lastschwankungen, ± 10 ppm Alterung über 10 Jahre und ± 10 ppm Erstkalibrierung. Die Instabilitäten summieren sich zu ± 40 ppm. Somit gilt:

$$\text{APR} = \pm 120 \text{ ppm} - \pm 40 \text{ ppm} = \pm 80 \text{ ppm}$$

Der APR erleichtert dem Benutzer die Auswahl eines VCXO, da alle Instabilitätsberechnungen enthalten sind. Nehmen wir an, ein VCXO wird benötigt, um eine PLL zu bauen, die einer ± 50 -ppm-Referenz folgen muss; in diesem Fall wird nur ein ± 50 -ppm-APR-VCXO benötigt.

Die APR wird also berechnet, indem man den Total Pull Range von der Total Stability des VCXO subtrahiert.

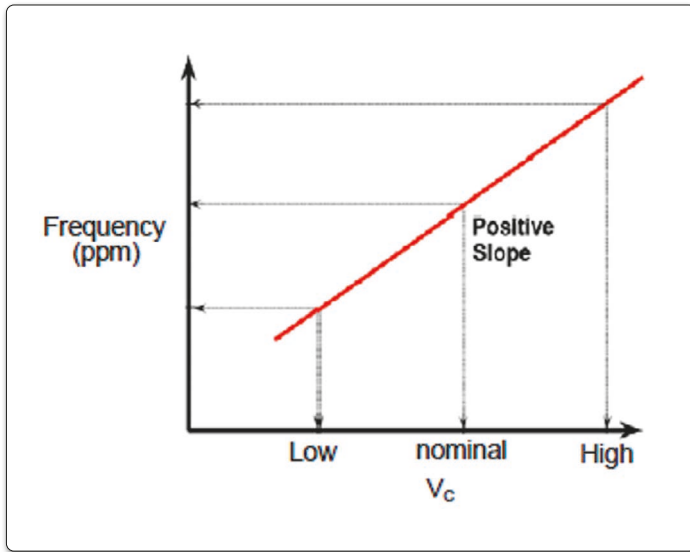
Der APR wird von einem Ausgangsfrequenzbereichs-Budget für einen VCXO abgeleitet, das alle Faktoren berücksichtigt, die zur Frequenzabweichung des VCXOs beitragen.

APR angewandt auf PLL-Design

Ein Phasenregelkreis (PLL) ist ein Beispiel für ein Regelsystem mit negativer Rückkopplung, das ein Ausgangstaktsignal erzeugt, das eine feste Beziehung zur Phase eines Referenztaktsignals hat. Die PLL wurde als Lösung für ein grundlegendes Problem entwickelt: Ein Takt wird benötigt, der entweder

- eine höhere Frequenz als ein vorhandener Takt hat oder
- die gleiche Frequenz, aber einen geringeren Jitter hat oder

unter Verwendung von
Informationen der Firmen:
NEL Frequency Controls
<https://abracon.com/NEL>
Renesas Electronics Corp.
(© Bilder)
www.renesas.com
Vectron International
www.vectron-int.com



Im Prinzip typische, aber ideale VCXO-Steuerkurve

- sowohl eine höhere Frequenz als auch einen geringeren Jitter aufweist.

Dann ist keine lineare Operation am vorhandenen Takt in der Lage, diesen in den erforderlichen Takt umzuwandeln. Stattdessen ist ein neuer Oszillator erforderlich, der genau mit der Frequenz und der Phase des vorhandenen Taktes übereinstimmen muss.

Die PLL erzeugt ein Fehlersignal, indem sie die Frequenz und Phase des VCXO-Takts durch den Wert des Rückkopplungsteilers (M) teilt und es mit der Phase und der Frequenz der Eingangstaktfrequenz und -phase im Phasen-/Frequenzdetektor vergleicht. Der Ausgang des Phasen-/Frequenzdetektors wird tiefpassgefiltert, um die Steuerspannung zu erzeugen, wodurch die Schleife geschlossen wird. Im gesperrten Zustand ist die PLL-Ausgangsfrequenz genau das M-fache der Eingangsfrequenz und phasengleich mit dem Eingangsreferenztakt.

Die Eingangsreferenzfrequenz hat eine Toleranz aufgrund der Herstellungsschwankungen des Quarzoszillators (XOs). Diese schließt Temperaturstabilität, Versorgungsspannung und Alterung ein. Die Frequenz des VCXOs muss einen garantierten abstimmbaren Bereich haben. Da der VCXO selbst ein Oszillator

ist, unterliegt seine Frequenz den gleichen Schwankungen aufgrund von Fertigungstoleranzen, Versorgungsspannung und Alterung. Diese Schwankungen müssen vom Gesamtansprechbereich abgezogen werden. Wenn der VCXO nicht genügend APR hat und die Eingangsreferenz an einem der Frequenzextreme liegt, kann die PLL nicht einrasten und die Ausgangsfrequenz wird nicht das M-fache der Eingangsfrequenz betragen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass bei einem VCXO, der durch eine APR gekennzeichnet ist, das PLL-Design lediglich sicherstellen muss, dass der APR des VCXO so groß ist wie die ppm-Schwankung der PLL-Eingangsreferenz.

APR und Abgrenzung zu alternativen Begriffen wie Total Pull Range

APR ist der garantierte Mindestbetrag, um den der VCXO unter allen zugelassenen Betriebsbedingungen um die Mittenfrequenz variiert werden kann. Er berücksichtigt Verschlechterungen infolge Temperaturänderungen, Alterung (20 Jahre, 40 °C), Stromversorgungsschwankungen (10%) und Lastschwankungen.

Bei einem VCXO, der in Bezug auf die APR spezifiziert ist, muss man nicht raten, wie viel Frequenzabweichung unter allen Bedingungen verfügbar ist, um das eingehende Signal zu verfolgen.

Eine der gängigsten APR-Optionen ist beispielsweise ± 50 ppm, was durch ein G an der vierten Stelle des Buchstabencodes definiert ist. Ein 16,384-MHz-VCXO hätte nicht mehr als ± 20 ppm Temperaturdrift, ± 5 ppm Alterung (20 Jahre, 40 °C), ± 5 ppm aufgrund von Stromversorgungsschwankungen und ± 4 ppm aufgrund von Lastschwankungen. Ein in Bezug auf Total Pull spezifiziertes Gerät müsste mindestens ± 84 ppm Total Pull Range aufweisen, um die Spezifikationen zu erfüllen.

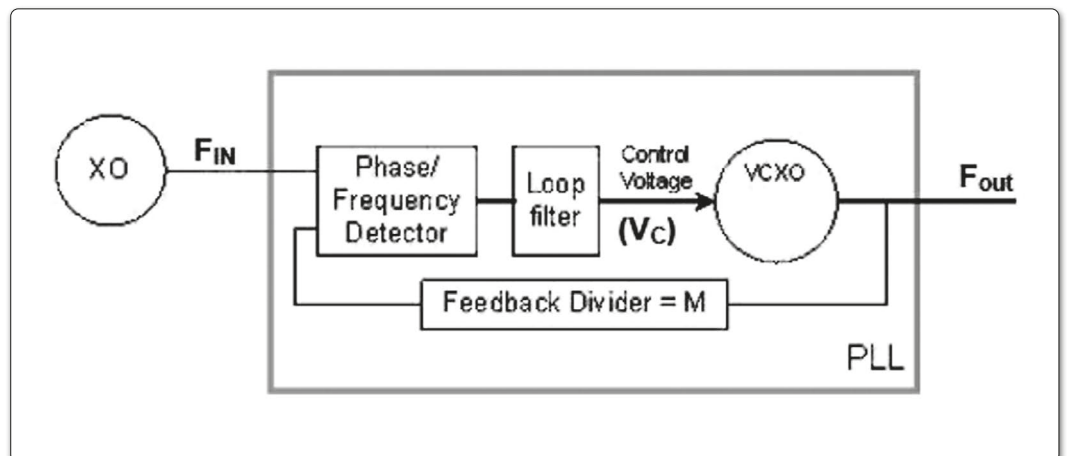
Um die APR-Garantie bieten zu können, werden die Geräte hinsichtlich Temperatur-, Alterungs- und Stromversorgungsschwankungen gut charakterisiert. Jeder

VCXO wird über den Temperatur- und Pull-Bereich getestet. Dabei handelt es sich um einen vollautomatischen Prozess, bei dem die Geräte kontinuierlich über einen Temperaturzyklus von 0 bis 70 bzw. -40 bis +85 °C getestet werden, einschließlich eines Eintauchens bei den extremen Temperaturen. Die Daten werden automatisch zur Analyse gespeichert. Es erfolgt eine Alterungscharakterisierung und Schwankungen aufgrund von Stromversorgung und Last sind ebenfalls gut bekannt.

Oszillatoren, die mit dem Total Pull Range spezifiziert sind, können aufgrund ihrer scheinbar höheren Pull-Fähigkeit fälschlicherweise überlegen erscheinen. Um jedoch sicherzustellen, dass ein VCXO, der mit Total Pull spezifiziert ist, Ihren Design-Anforderungen entspricht, muss der Hersteller kontaktiert werden, um Driften aufgrund von Temperatur-, Alterungs-, Stromversorgungs- und Lastschwankungen zu definieren, die dann von der TPR abgezogen werden müssen.

Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass die VCXO-Leistung gleich dem Total Pull Range abzüglich der „Stabilität“ ist, es sei denn, die Stabilität ist klar definiert – doch dies ist selten der Fall. APR reduziert den Zeitaufwand für die Definition und das Verständnis von VCXO-Spezifikationen. ◀

FS



Typischer Aufbau einer PLL