

VCXO の仕様定義

目次

1	はじめに.....	2
2	周波数可変範囲および絶対周波数可変範囲.....	2
3	上限および下限制御電圧.....	4
4	直線性.....	4
5	FV 特性の傾き K_V	5
6	周波数変化極性.....	5
7	制御電圧帯域幅.....	6
8	結論.....	6

1 はじめに

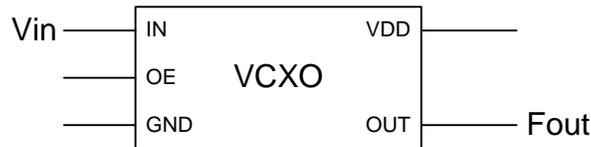


Figure 1: VCXO block diagram

VCXO とは、入力電圧の変動に応じて出力周波数を変更できる周波数制御デバイスです。どのようなアプリケーションにおいても VCXO を選択する際は、いくつかのデバイス性能仕様を考慮する必要があります。本アプリケーションノートでは、VCXO 特有の重要な性能仕様を明確化し、アプリケーションで VCXO を使用する際に発生するトレードオフについて説明します。

2 周波数可変範囲および絶対周波数可変範囲

周波数可変範囲（PR）とは、公称条件下で制御電圧が変化させることのできる動作周波数の可変範囲を示します。

絶対周波数可変範囲（APR）とは、すべての環境条件下および経年劣化条件下において保証される周波数可変範囲です。実質的には、周波数可変範囲から温度、電源、電圧および経年劣化等による周波数許容偏差を差し引いた値となります。

$$APR = PR - F_{stability} - F_{aging} \quad \text{式 1}$$

この時 $F_{stability}$ は初期許容差および気温、電源ならびに負荷の変動によるデバイスの周波数偏差です。

一般的な SiTime VCXO の FV 特性を図 2 に示します。VCXO の FV 特性は条件によって変動します、そのため、ある所定の入力電圧に対する出力周波数は、規定された周波数偏差の範囲内で変化することになります。図 2 のような特性をもつ VCXO では、周波数偏差と APR は互いに独立しています。このため、周波数偏差を損なうことなく広範囲において周波数を可変にできます。

一般的な水晶ベース VCXO の周波数対電圧（FV）特性を図 3 に示します。

水晶ベース VCXO でより高い APR を得るためには、「より引き込み可能」な Q 値の低い水晶を使用する必要があります。但し、これは周波数偏差を劣化させてしまいます。したがって、アプリケーションで許容される最小の APR とその APR にともなう周波数偏差のトレードオフが発生します。一般的には、アプリケーションで許容される最小の APR を選ぶのがベストとなります。

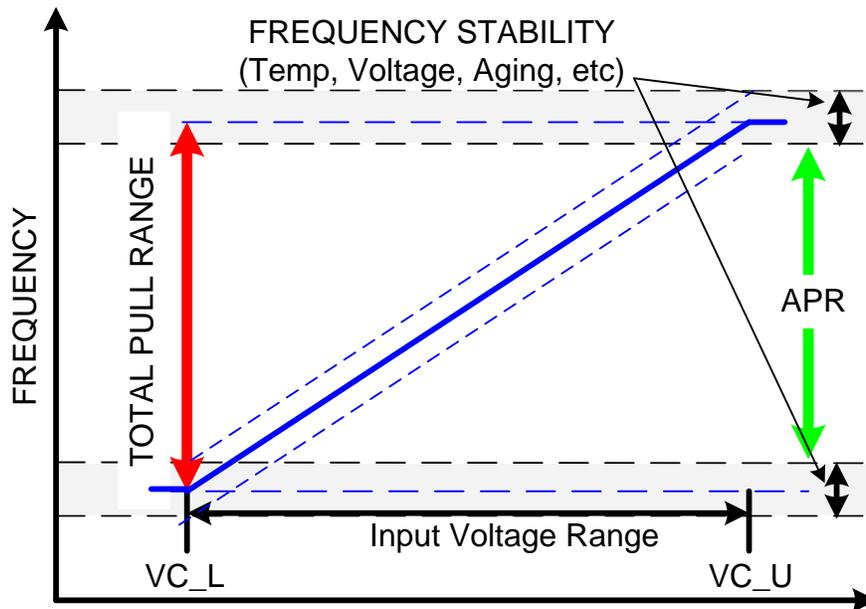


Figure 2: Typical SiTime VCXO FV Characteristic

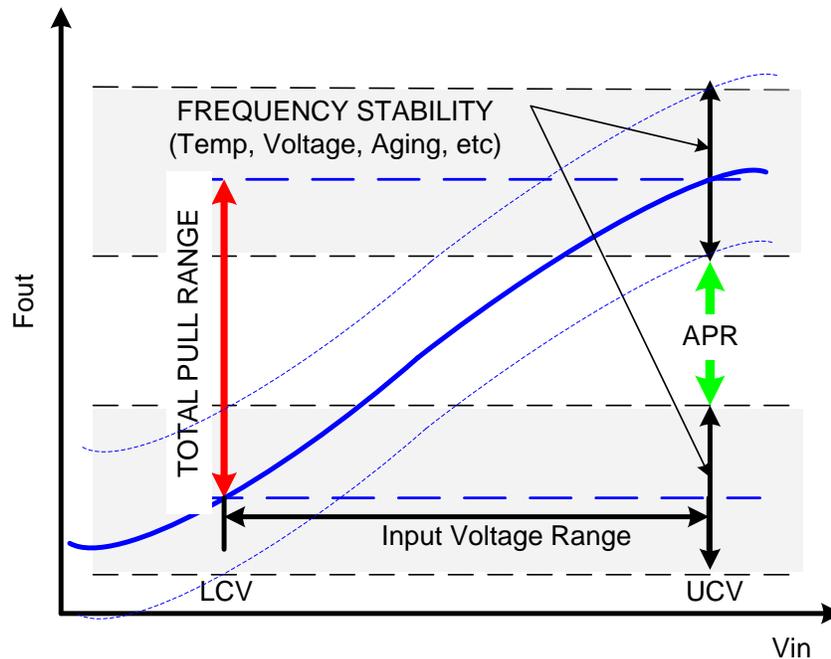


Figure 3: Typical Quartz VCXO FV Characteristic

3 上限および下限制御電圧

上限制御電圧および下限制御電圧とは、入力電圧範囲の規定制限範囲です（図 2 参照）。上限および下限電圧を超える電圧を印加しても出力周波数の顕著な変化は生じません。言い換えると、これらの電圧を超えた場合、VCXO の FV 特性が飽和することになります。これらの電圧は、上限制御電圧（VC_L）および下限制御電圧（VC_U）として図 1、図 2 に示されています。

4 直線性

いかなる VCXO の FV 特性は、理想直線に対してズレをもちます。直線性は、全周波数数可変範囲に対する最大ズレ幅の比として求められ、パーセンテージで表されます。

一般的な水晶ベース VCXO は、バラクタによって電圧制御機能を実現していますが、バラクタを用いる事により FV 特性は図 4 に示すような曲線となります。図 5 に示す様に、これらのデバイスの直線性は通常 5~10% となります。比較のために SiTime の 380X シリーズ VCXO の直線性を図 6 に示します。特性は極めて直線的であり、ズレも 1% よりもはるかに小さな値となります（図 7）。

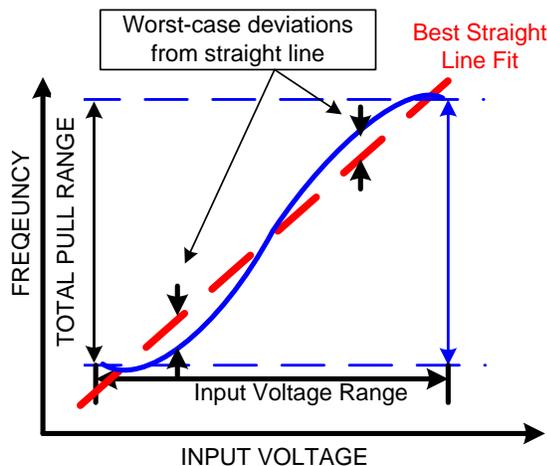


Figure 4: Typical Quartz VCXO Linearity

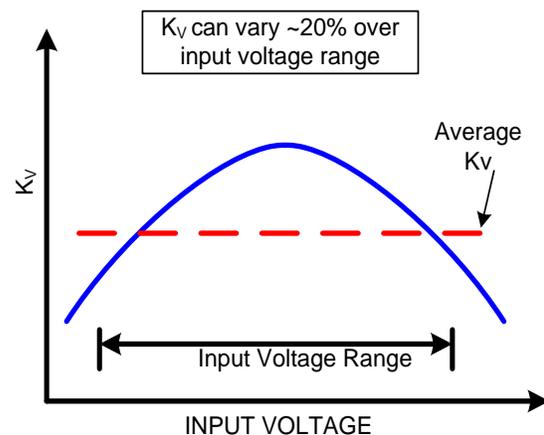


Figure 5: Typical Quartz VCXO Kv Variation

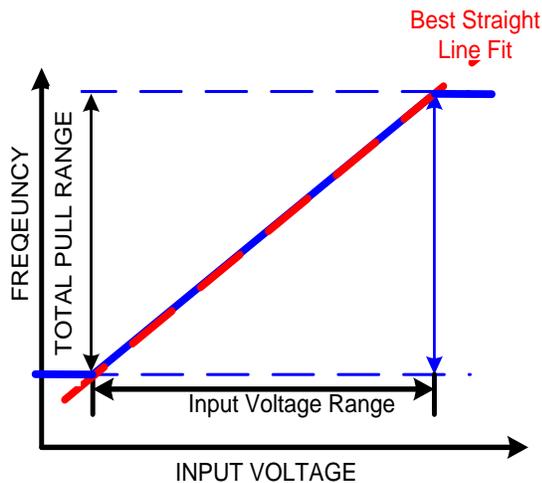


Figure 6: Typical SiTime VCXO Linearity

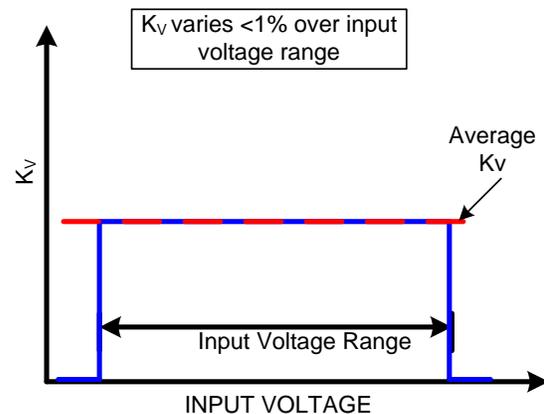


Figure 7: Typical SiTime VCXO Kv Variation

5 FV 特性の傾き K_V

FV 特性の傾きとは、多くの低帯域幅 PLL アプリケーションにおける重要な設計パラメータです。以下に示すように、傾きは FV 特性を導く関数（周波数偏差を狭い電圧範囲において当該周波数偏差をもたらすために必要な制御電圧変化で割ったもの）です。

$$K_V = \frac{\Delta f_{out}}{\Delta V_{in}} \quad \text{式 2}$$

これは通常 kHz/volt、MHz/volt、PPM/volt または類似の単位で表されます。傾きは PLL 設計用語に基づき、通常 K_V と呼ばれます。

標準的な水晶ベース VCXO の FV 特性の傾きは、入力制御電圧範囲において、通常 10~20%程度大きく変動します。 K_V の平均値を K_V の Typical 値と定めているデータシートもありますが、 K_V は帯域幅や位相マージン等の重要な PLL 性能パラメータに影響を及ぼすため、設計を成功させるには全 K_V の変動を理解して考慮に入れる必要があります。

典型的な水晶ベース VCXO と SiTimeVCXO380X シリーズの K_V 特性を図 5 および図 7 に示します。SiTime VCXO 380X シリーズの優れた直線性は（通常 1%未満）、全ての入力電圧範囲において K_V の変動がほとんどないことを意味しており、PLL 設計者の設計上の負担を大幅に低減します。

6 周波数変化極性

周波数変化極性は、電圧周波数特性が正の傾き（電圧増加に応じて出力周波数が増加する）なのか負の傾き（電圧の増加に応じて出力周波数が低減する）なのかを示したものです。

SiTime の VCXO 380X シリーズは、正の傾きオプションを提供します。負の傾きオプションについては SiTime までお問い合わせください。

7 制御電圧帯域幅

制御電圧帯域幅は、「変調速度」や「変調帯域幅」とも呼ばれ、入力電圧の変化に対して出力周波数が追従できる速度を表しています。前項で説明した入力電圧変動に対する出力周波数変動の比 K_v は、ほとんどの VCXO において低域通過特性をもちます。変調速度は、同じ電圧範囲で DC 入力の K_v に対し K_v が 3 dB 低減する変調速度として定義されます。

例を挙げると、 ± 150 ppm の周波数可変範囲および 0-3V の制御電圧を持つ部品は、平均 100 ppm/V の K_v を持つとみなされます。1.5V DC ± 0.5 V の入力を行うと、出力周波数は 100 ppm (± 50 ppm) となります。仮に制御電圧帯域幅が 8 kHz と規定されている場合、制御電圧の周波数が 8 kHz まで増加した際に出力周波数変化のピーク to ピーク値が $100 \text{ ppm}/\sqrt{2}$ または 71 ppm まで減少します。

8 結論

本書では、VCXO 性能仕様の最重要点を定義・明確化し、水晶 VCXO と SiTime の VCXO との重要な相違点をいくつか説明しました。性能とパラメータとのトレードオフに関する詳細な議論は別の資料で行います。

SiTime Corporation
990 Almanor Avenue
Sunnyvale, CA 94085
USA
Phone: 408-328-4400
<http://www.sitime.com>

© SiTime Corporation, 2008-2009. The information contained herein is subject to change at any time without notice. SiTime assumes no responsibility or liability for any loss, damage or defect of a Product which is caused in whole or in part by (i) use of any circuitry other than circuitry embodied in a SiTime product, (ii) misuse or abuse including static discharge, neglect or accident, (iii) unauthorized modification or repairs which have been soldered or altered during assembly and are not capable of being tested by SiTime under its normal test conditions, or (iv) improper installation, storage, handling, warehousing or transportation, or (v) being subjected to unusual physical, thermal, or electrical stress.

Disclaimer: SiTime makes no warranty of any kind, express or implied, with regard to this material, and specifically disclaims any and all express or implied warranties, either in fact or by operation of law, statutory or otherwise, including the implied warranties of merchantability and fitness for use or a particular purpose, and any implied warranty arising from course of dealing or usage of trade, as well as any common-law duties relating to accuracy or lack of negligence, with respect to this material, any SiTime product and any product documentation. Products sold by SiTime are not suitable or intended to be used in a life support application or component, to operate nuclear facilities, or in other mission critical applications where human life may be involved or at stake.