

SiT15xx シリーズ (32 kHz 発振器) の 測定ガイドライン

1	はじめに	2
2	正確な電流の測定方法	2
3	出力波形の測定方法	3
4	正確な周波数の測定方法	4
4.1	周波数カウンタの特性	4
4.2	発振器固有の Long Term Jitter	6
4.3	周波数カウンタの設定方法	6
5	参考資料	7

1 はじめに

SiTime 社の TempFlat™ MEMS 32.768 kHz の SiT153x/4x シリーズ (SPXO) と温度補償発振器 SiT152x (TCXO) は、低消費電力かつコスト面で優れており、時間管理を必要とする多くの電子デバイスで使用されている水晶振動子ベースのシステムから代替可能なソリューションを提供可能です。SiT15xx シリーズは、低周波数・低消費電力で駆動する特性を有しています。

これらのデバイスについて、デバイス自身の消費電流、出力波形、周波数の 3 つの重要なパラメータを正確に測定するために、守らなければならない特定の測定手法があります。この文書では、これらの測定を正確に行う方法について説明します。

2 正確な電流の測定方法

SiT15xx の動作供給電流（無負荷時）は、出力段の電圧振幅に応じ、室温で 850 nA から 1.3 μA の範囲です。供給電流を測定する際、出力段の負荷容量から追加電流が発生します。内部制御による Vdd 供給電圧は、全体の供給電流にほとんど影響しません。そのため、nA レベルの範囲まで供給電流を測定する場合は、Agilent 34401A と同等の高分解能デジタル電流計を使用する必要があります。通常のポータブルデジタルマルチメータ (DMM) は、nA レベルの範囲の電流を正確には測定出来ません。SiT153x/4x の動作電流を測定する際の、高分解能デジタル電流計の接続方法を図 1 に示します。

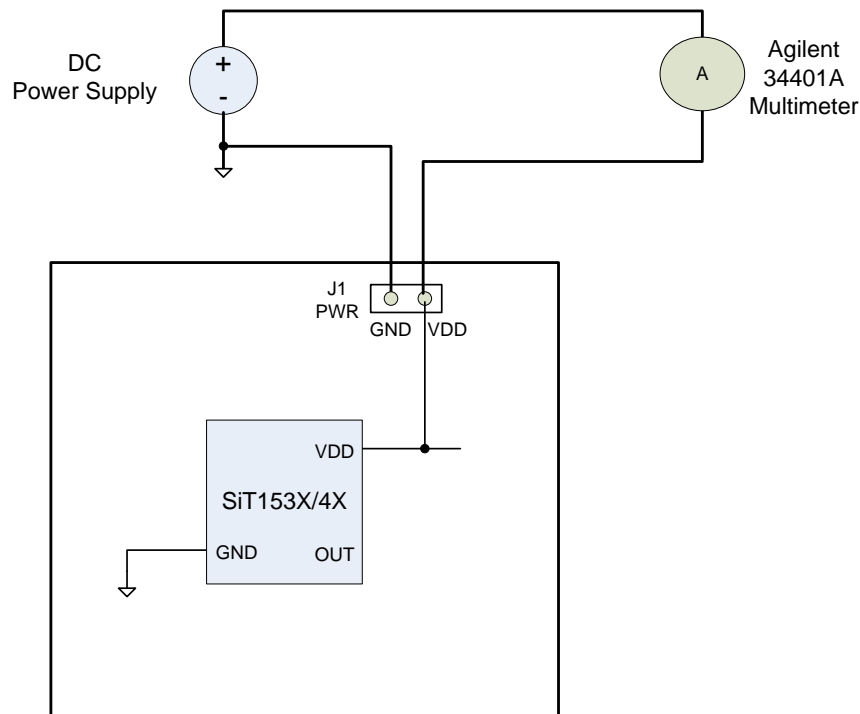


Figure 1: Power supply setup of a high-resolution multi-meter in line with the Vdd rail.

3 出力波形の測定方法

SiT15xx 出力ドライバは、低消費電力を必要とするアプリケーション用に最適化されており、測定機器内部の終端抵抗が 50Ω の場合、駆動するように設計されていません。負荷の影響なしに本来の波形を測定する方法として、SiTime は下記の 2 つの選択肢のいずれかを取ることを推奨します。

1. ADA4817-1 のような入力インピーダンスが高いユニティゲインアンプを介して、出力波形を測定する。

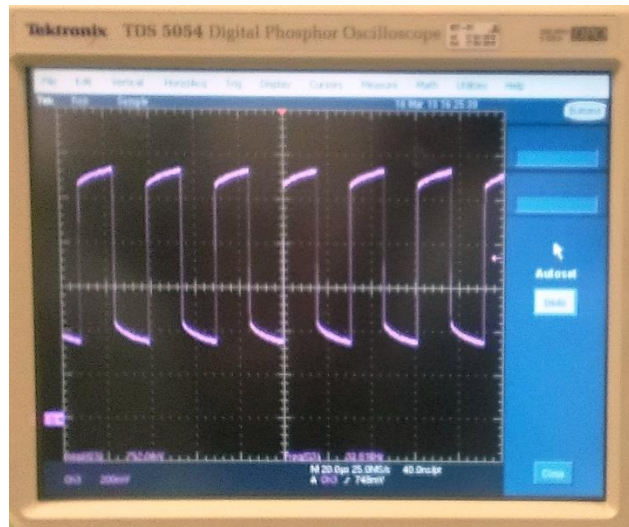


Figure 2: A NanoDrive™ waveform captured via a unit gain buffer on a Tektronix TDS 5054 scope. For information on NanoDrive, refer to application note AN10037 [1].

- 図 3 に示す Tektronix P5050 のような高インピーダンスの受動プローブ (> 1 M parallel < 2 pF) を使用する。

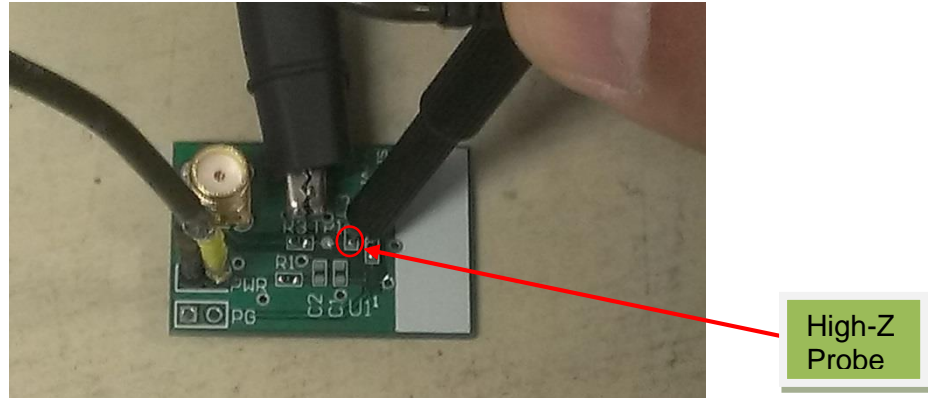


Figure 3: Probing a SiT154x output with a high impedance Tektronix Probe P5050. For information on probing, refer to application note AN10028 [2].

4 正確な周波数の測定方法

低消費電力・低周波発振器の周波数測定における精度と再現性は、次の 2 つの要因に左右されます。

- 周波数カウンタの特性
- 発振器の Long Term ジッタ (LTJ)

4.1 周波数カウンタの特性

周波数または時間間隔の測定装置[3]の 2 つの特性は、周波数の精度に悪影響を与えることがあります。

- 長期的な周波数安定度 (ppb)
- タイムスタンプエラー

カウンタに表示される周波数相対誤差 \mathcal{F} は数学的に次のように表すことができます。

$$\mathcal{F} = \mathcal{F}_{TB} + \Delta T_{Int} / T_{Gate} \dots \dots \dots \text{式 (1)}$$

\mathcal{F}_{TB} が時間軸の精度で、 ΔT_{Int} は、図 4 に示すようなタイムスタンプの開始と停止時のシグナルエッジの不正確さによる時間間隔の誤差となります。

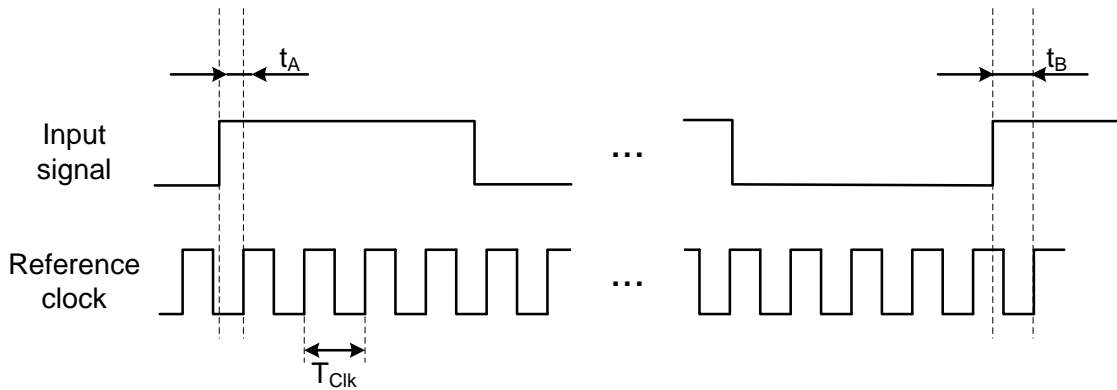


Figure 4: Reciprocal frequency measurement with time stamping capability of modern day frequency counters.

$\Delta T_{int} / T_{Gate}$ は、不正確なタイムスタンプによる相対誤差を表します。この誤差は、入力信号の周波数の広い範囲にわたって一定であるが、Gate time が短くなると増加します。

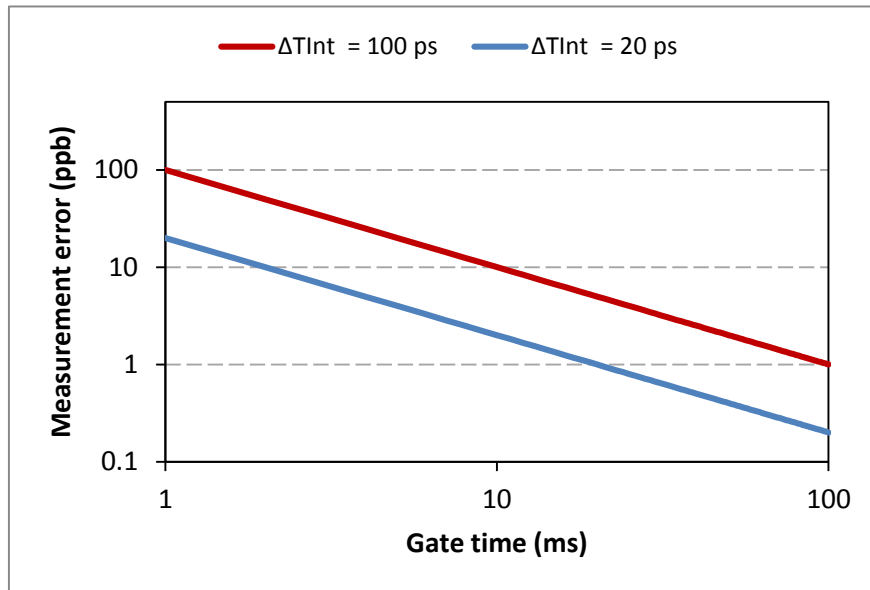


Figure 5: Frequency measurement error (ppb) versus gate time.
Two time interval measurement accuracies represent different frequency counters.
The plot assumes perfect time base.

図 5 は、時間間隔の測定精度が異なる二つの周波数カウンタによる周波数の測定誤差と、それが Gate time によってどのように変化するかを示しています。時間軸の誤差は、この図では考慮されておらず、プロットにオフセットが生じることになります。

4.2 発振器固有の Long Term Jitter

SiT15xx など、いくつかの微小電力の 32kHz 発振器は、相対的に高い Long Term Jitter を持っています。前項の式 1 から分かるように、Long Term Jitter は時間間隔のタイムスタンプ誤差を増大させ、測定精度に悪影響を与えます。Gate time が 100 ミリ秒より大きい場合、Long Term Jitter の影響は平均化され、測定誤差への影響は最小限となります。Long Term Jitter の影響を軽減するためには、Agilent 5313x または 5323x の周波数カウンタのような、Gate time 内のいくつかのシグナルエッジに対して、追加で時間間隔を測定できる周波数カウンタを使用すべきです。このクラスのカウンタを使用することによって、100ms 以上の Gate time で SiT15xx の周波数を、より正確に測定することが可能となります。

4.3 周波数カウンタの設定方法

周波数測定を正確に行うために、周波数カウンタは、振幅や位相に対して歪みのない、発振器本来のクロック信号を受信する必要があります。ルビジウム原子時計の時間ベースや GPS 同期にて利用する高精度/高分解能周波数カウンタでも、誤った設定をすると動作に悪影響を与えかねません。正確で且つ再現性のある結果を確実に得るためには、以下の設定ガイドラインを順守すべきです。

1. 入力チャネルの周波数応答
 - a. 交流結合は、低周波数成分を減衰させます
 - b. 1-a の対策として、DC 結合を使用する
2. 入力チャネルのインピーダンス
 - a. SiT15xx は 50 Ω 以下の負荷で激しく減衰します
 - b. 2-a の対策として、1M Ω の終端抵抗を使用する
3. 入力トリガー感度
 - a. SiT15xx は、スルーレートが低下すると、スプリアストリガーを引き起こすことがあります
 - b. 3-a の対策として、自動トリガーを OFF にする
 - c. 3-a の対策として、トリガー感度を低くする

SiTime は、最も正確な測定と結果の相関を得るために GPS 同期やルビジウム原子時計の時間ベースを推奨しています。また、Agilent53131/ 2A や Agilent53230A の周波数カウンタで用いられている 100ms またはそれ以上の Gate time を使用すること、タイムインターバルアナライザやシンプルなカウンタを持つその他の測定機器を使用する場合は、1 秒またはそれ以上の Gate time を推奨しています。

5 參考資料

[1] SiTime Corp. Application Note AN10037, “Optimized SiT15xx Drive Settings for 32 kHz Crystal Inputs of Low Power MCUs” (<http://www.sitime.com/support2/documents/Optimized-SiT15xx-Drive-Settings-for-32-kHz-Inputs-of-Low-Power-MCUs.pdf>) (2014).

[2] SiTime Corp. Application Note AN10028, “Probing Oscillator Output” (<http://www.sitime.com/support2/documents/AN10028-Probing-Oscillator-Output.pdf>) (2013).

[3] Agilent Technologies. Application Note 200, “Fundamentals of the Electronic Counters” (<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5965-7660E.pdf>) (1997).

[4] Agilent Technologies. Product Datasheet 5990-6283EN, “Agilent 53131A/132A/181A Counters” (<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5967-6039EN.pdf>) (2011).

[5] Agilent Technologies. Application Note, “10 Hints for Getting the Most from Your Frequency Counter” (<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-8431EN.pdf>) (2008).

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

© SiTime Corporation, 2008-2014. 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.