

SiTime の SiT9120/1 発振器による 10 ギガビット・イーサネット アプリケーション用のジッタバジェット

1 はじめに

10 ギガビット・イーサネット (10GbE) 仕様は、IEEE802.3-2005 規格第 44~54 項で定義されています。規格には 10GBASE-R 等の光インターフェースや 10GBASE-X4 等の電気実装を管理する重要なタイミング仕様が含まれています。規格は送信側および受信側のジッタ範囲を定めていますが、リファレンス・クロックに対する制約は明記されていません。

このアプリケーションノートでは、SiT9120/1 デバイスをクロックソースとして使用した場合のシステム・ジッタ・バジェットを分析しています。SiT9102/1 (MEMS ベースの発振器) を 10BASE-X4 および 10GBASE-R インターフェースに使用した場合、98%以上のシステム・ジッタ・バジェットを確保する事ができ、競合する多くの水晶ベースデバイスに対してよりすぐれた性能を実現できます。

2 10GBASE-X4 と 10GBASE-R

2.1 ジッタ仕様

10BASE-X4 および XAUI インターフェースは同じジッタバジェット仕様を共有します。例として、本項では XAUI を用いて電氣的インターフェースのジッタ要件を分析します。

XAUI インターフェースには 4 つのシリアルレーンがあります。通常、各レーンの送信側にはデータレート 2.5Gb/s のパラレルデータストリームをポーレート 3.125 Gbps の差動シリアルデータストリームに変換する 8b/10b エンコーダおよびシリアライザがあります。受信側は、クロック・データリカバリ(CDR)回路を用いて、シリアルデータストリームからクロック情報を抽出しデータのサンプリングを行います。リンク性能へのクロックソースの影響は TX PLL および RX CDR によって決まります。IEEE802.3-2005 規格第 47 項によると、TX PLL は 20 MHz の帯域幅の二次 PLL としてモデル化されており、CDR は 1.875 MHz のコーナー周波数の PLL としてモデル化されています。これらの 2 つの PLL を組み合わせることにより、ジッタ応答は帯域通過フィルタ(BPF)特性を示し、低周波と高周波のジッタ成分が低減する事になります。したがって、図 1 に示す応答特性をもつフィルタにクロックタイミングジッタまたは位相ノイズを通すことによって、クロックタイミングジッタの影響を推定できます。

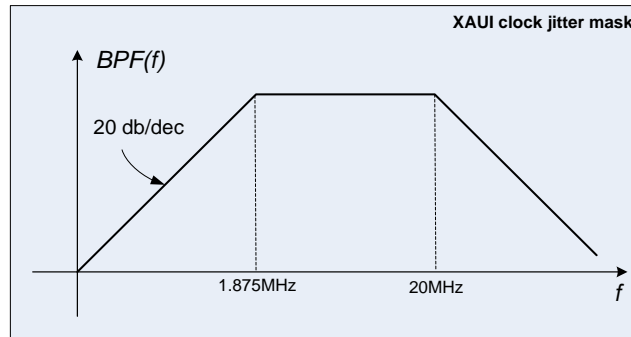


Figure 1. 10GBASE-X4 timing jitter mask

オプティカル 10 GbE に通常使用される 10GBASE-R は、10.3125 Gbps の通信速度でデータを送受信するために 66b/64b エンコーディングを使用しています。XAUI リンククロックに使用される基準クロックは、10 Gbps シリアルリンクのクロックにも使用できます。10 Gbps シリアルリンクはデータの送信や復元に TX PLL および RX CDR 回路を使用するので、クロックジッタの影響を推定するために図 1 に類似した帯域通過ジッタフィルタを使用できます（低い方の遮断周波数が 1.875 MHz（IEEE802.3-2005 第 52 項）ではなく 4 MHz の場合を除きます）。タイミングジッタフィルタ応答を図 2 に示します。

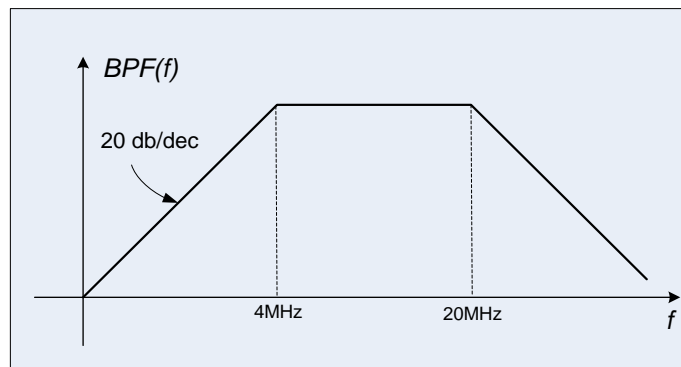


Figure 2. 10GBASE-R timing jitter mask

Table 1 shows the IEEE 802.3 standard transmitter jitter budget for 10GBASE-X4 and 10GBase-R.

Table 1: IEEE 802.3-2005 Jitter Budget

Serial Interface	Random Jitter (RJ)	
	RMS, ps	Pk-Pk, ps
10GBASE-X4	4.1	56
10GBase-R	1.55	21.75

2.2 10GBASE-X4 および 10GBase-R のジッタの計算

クロックジッタの影響を分析するため、10GBASE-X4 リンクの様々な要素からランダムジッタ (RJ) の影響を計算します。10GBASE-X4 送信側のジッタソースは次の通りです。

1. 送信側チップセットドライバ
2. 基準クロック (RefClk) ソース
3. ドライバ終了コンポーネント、ボードトレースおよびコネクタを含む TX ドライバとコネクタの間の物理インターフェース

様々なソースからのジッタを考慮した全ランダムジッタは、式 1 で表すことができます。

$$RJ_{RMS_dev} = \sqrt{RJ_{RMS_driver}^2 + RJ_{RMS_RefClk}^2} \quad \text{式 1}$$

この時、 RJ_{RMS_dev} 、 RJ_{RMS_driver} および RJ_{RMS_RefClk} は、それぞれ全デバイスの RMS ランダムジッタ、ドライバの RMS ランダムジッタおよび基準クロックの RMS ランダムジッタです。

RJ コンポーネントのランダム性は統計的に独立しているため、RMS RJ は個々のコンポーネントの二乗和平方根 (RSS) として計算されます。全ランダムジッタのピーク to ピーク値を計算するために RJ コンポーネントのピーク to ピーク値を直接合計してはならないことに注意しなくてはなりません。代わりに、式 1 を用いて最初に RMS 値を計算すれば、次式を用いてピーク to ピーク RJ を計算できます。

$$RJ_{PP} = (14.07)RJ_{RMS} \text{ for } BER=10e-12 \quad \text{式 2}$$

3 位相ジッタの測定

表 2 に記載した SiT9120/1 の MEMS ベースの発振器およびその他の 5 つの LVPECL 水晶発振器の RJ を測定するために、156.25 MHz で稼働する高帯域幅で低ノイズフロアのリアルタイムデジタルオシロスコープ、アジレント社製 DSA91304A を使用しました。次の 3 つの設定で各発振器の RJ を測定しました。

- 追加フィルタなし。ジッタの積算範囲は 12 kHz~20 MHz。
- 1.875 MHz のコーナー周波数を持つ 1 次高域フィルタ (HPF) を使用。ジッタの積算範囲は 12 kHz~20 MHz。 (図 1 参照)
- 4 MHz のコーナー周波数を持つ 1 次高域フィルタ (HPF) を使用。ジッタの積算範囲は 12 kHz~20 MHz。 (図 2 参照)

1.85MHz のコーナー周波数の高域フィルタは 10GBASE-X4 のジッタマージン測定、4MHz のフィルタは 10GBASE-R のジッタマージン測定のために使用しています。

10GBASE-R および 10GBASE-X4 に対応したフィルタを用いた RJ の測定結果を図 3 に示します。

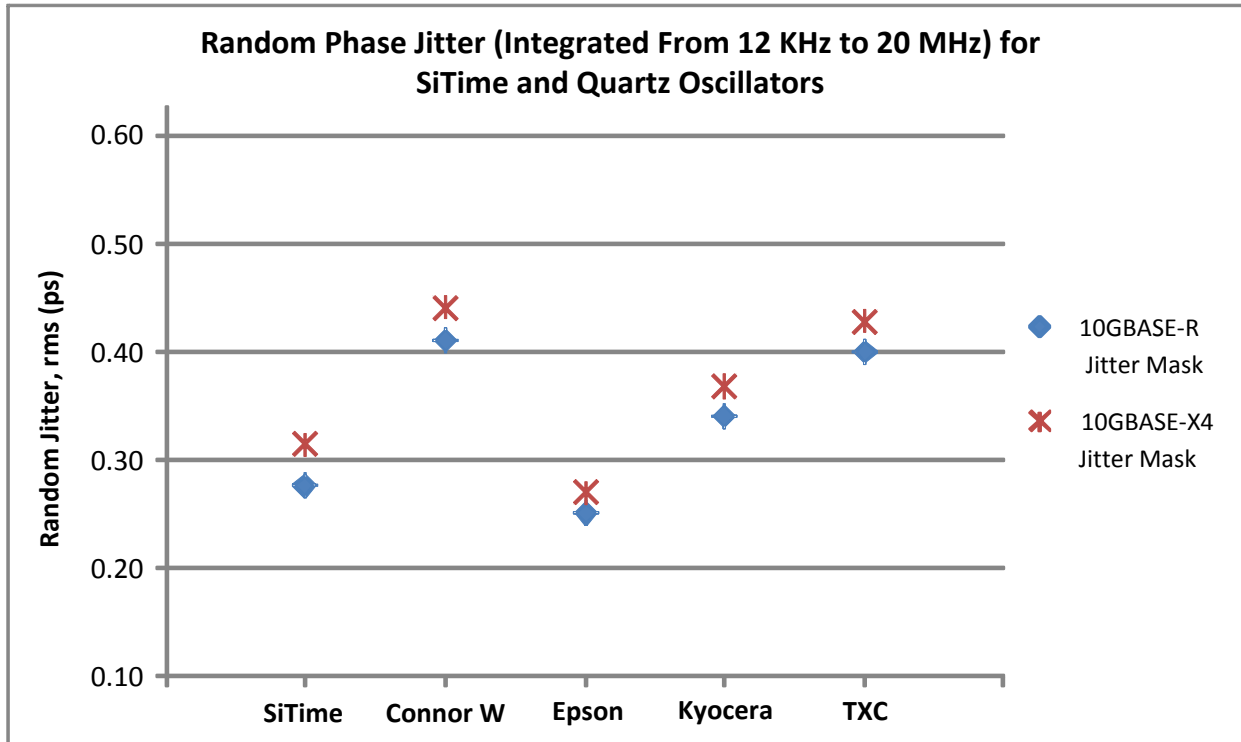


Figure 3: Measured RJ RMS for SiTime and quartz oscillators with 10GBASE-R (4 MHz) and 10GBASE-X4 (1.875 MHz) high pass filter (HPF)

4 ジッタマージンの推定

第 2.2 項で述べた分析および式を位相ジッタ測定および IEEE802.3-2005 規格当たりのジッタバジェット (表 1) に適用することにより、表 2 のジッタマージンが得られます。

Table 2: RJ Margin for 10GBE for SiTime and quartz oscillators

Vendor	Manufacturer Part Number	10GBASE-X4 %	10GBASE-R %
SiTime	SiT9121AC-1D2-33E156.250000	99.70	98.41
Connor Winfield	P123-156.25M	99.42	96.44
Epson	EG-2102CA 156.2500M-PHPAL3	99.78	98.69
Kyocera	KC7050T156.250P30E00	99.60	97.56
TXC	BB-156.250MBE-T	99.45	96.61

表 2 の第 1 列に記載しているように、基準クロックとして SiT9120/1 を使用する場合、システムの 99.7% (10GbASE-X4) および 98.41% (10GBASE-R) のトータルジッタを Phy TX 経路および伝送媒体に割り当てることが可能となります。この結果により、SiT9120/1 発振器が十分なマージンを持って 10GbE インターフェースのクロックジッタ要件を満たしていることがわかります。

5 結論

10GbE システム内のシリアルインターフェイスへの基準クロックの影響は、適切なフィルタマスクをクロック位相ノイズに適用することによって判断できます。図 1 および図 2 に示すように、通常これらのマスクはバンドパス特性をもちます。

SiT9120/1 クロックデバイスを 10GBE アプリケーションに使用した場合のジッタマージンの分析により、トータルジッタバジェットの 99.7% (10GBASE-X4) および 98.41% (10GBASE-R) が送信側および伝送媒体で利用できることがわかります。このマージンにより、設計者は、より柔軟にシステムコンポーネントを選択することが可能となり、SiT9120/1 デバイスは 10GbE 実装のクロックソースとして優れた選択肢となります。

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.