

ジッタ測定が重要な理由

シリアル・デバイスで発生するジッタは、設計エンジニアや開発者にとって大きな問題となっています。ジッタは、システム性能に影響を与えるため無視できない問題です。一方、ジッタの検出・評価は容易ではありません。PCI ExpressやFibre Channelなどの標準規格に準拠するためにもジッタ許容値をクリアする必要があります。

専門家の間では、ジッタはBER(ビット・エラー・レート)の異常発生を事前に知らせる役割があるとされています。ジッタが発生すると、アイ・ダイアグラムの開口部が小さくなるため、受信側でデータ・ビットのロジック・ステートについて誤った判断の原因となります。

▶ テクニカル・ブリーフ

ジッタの問題は、シリアル・データの伝送路に限った問題ではありません。ジッタは、タイミング基準であるクロックにも影響を与えます。ジッタによりクロックが影響を受けると、正しくデータを解釈できなくなる場合があります。すなわち、クロック・エッジが前後することにより、データ・ビットのロジック・ステートを実際より早い(または遅い)タイミングで解釈してしまうためです。

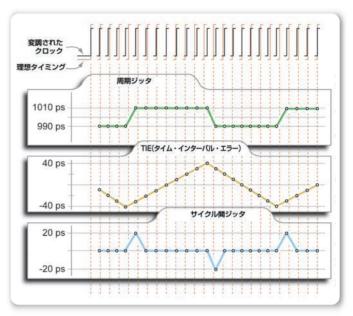
これがジッタの本質です。さらに、データ・レートやクロック・レートの増加に伴い、問題はさらに複雑になります。シリアル・バスのデータ・レートは数ギガ・ヘルツのレンジまで高速化しているため、タイミング・エラーの許容範囲がより厳しくなっています。現在、測定機器メーカーやシリアル・バスの設計エンジニアは、ジッタに関する研究に膨大な投資と時間をかけています。その結果、ジッタの構成成分やシステム性能の影響に関する理解が進んでいます。こうしたジッタ測定に対する新しいアプローチにより、ジッタの原因とその影響を特定するための優れたツールが開発されており、エンジニアにとって設計の最適化がより容易になってきています。

このテクニカル・ブリーフは、様々なシリアル・データ通信に携わる設計者、研究者、エンジニアを対象としています。ジッタを正しく理解して測定を行うことは、システム・レベルでBER問題を解決する最も確実な方法です。本書では、まずジッタを理解する上で重要となる用語について説明し、次にジッタの測定、評価/定量化に最適なツールについて検討します。

「業界標準」のジッタ定義では不十分

ジッタ許容値は、ほとんどのシリアル通信規格で規定されています。ジッタ許容値を規定している標準規格には、PCI Express やSATA、SAS、USB、Infiniband、HDMIなどがあります。当然、標準規格委員会や開発者は、ジッタの問題に対して敏感になっています。

一方、標準規格の中には、ジッタ許容値に関する規定が驚くほど曖昧なものもあります。"ジッタ"には、クロック信号に関するジッタやデータ・ラインに関して使用されるジッタなど、いくつかの種類があります。標準規格では定量化可能なジッタ許容値についての記載が中心で、アプリケーションにとって最も重要となるジッタの種類を特定する方法については、詳しい記載がありま



▶ 図1:3種類のジッタ解析法

せん。ジッタは種類に関わらず、システムBERの劣化原因となる可能性があるため、各種ジッタの測定に最適のツールを選択することが必要です。

ANSI/INCITS*¹による「タイミング・ジッタ」の定義 ANSI/INCITSではジッタを以下のように定義しています。

「デジタル信号の理想的な時間位置からの短期的な位相変動。短期的とは、10Hz以上の周波数の位相振動を意味する。タイミング・ジッタは、アナログ源信号へクロストークや歪みを引き起こす原因になるとともに、デジタル・スイッチの入力ポートにおけるスリップ発生源となる可能性がある。非同期デジタル・マルチプレクサでのスリップおよびエラーの原因となる場合もある。」
[ANSI/INCITS T1.101-1999]

ジッタの一般的な定義としては十分ですが、エラーなく動作する 高速シリアル・システムの設計に携わるエンジニアにとっては、十 分な定義とはいえません。図1は、ジッタの種類すべてを網羅して いるわけではありませんが、ジッタの定義をより広げています。

*1 出典: ANSI: American National Standards Institute (米国規格協会)
INCITS: International Committee for Information Technology
Standards (情報技術規格国際委員会)

図1の一番上のトレースは、信号の波形を示しています。赤のパルスは、クロック・サイクル1ns(1000ps)で、 理想的なタイミングのクロック・サイクルを示しています。黒のパルスは、ジッタを含む実際のクロック・エッジを示しています。両波形の立下りエッジは、ジッタの持つ経時変化の性質をよりわかりやすく説明するために省略しています。黒で示した立上りエッジは、時間の経過とともに変化しており、赤で示した理想的なエッジの前または後に発生している点に注意してください。左端エッジ(赤/黒)は、完全に時間同期がとれてタイミングが一致しています。仮に、測定が2番目のエッジから開始されたと仮定すると、黒エッジ(実測信号)は理想的なエッジより10ps早く発生していることになります。

図1に示す3つのジッタ・プロットの各ドットは、測定値を意味しているとともに、1エッジの実際の位置を示しています。

理想的なタイミングの波形の周期は1000psです。3つのプロットに表示された縦の破線は、理想的なタイミングと実際に測定したエッジのタイミングとのズレを明確にするためのものです。

一番上のプロット(周期ジッタ)は、時間の経過とともに変調されたクロック波形の周期的な測定結果を示した略図です。波形周期が990ps~1010psの範囲で変動していることがわかります。10ps短い周期(990ps)がいくつか発生した後に、10ps長い周期(1010ps)が発生するというパターンを繰り返しています。

スペクトラム拡散や周波数ホッピングを行うクロック回路の開発者にとって最も関心があるのは、周期ジッタです。クロック回路の開発者は、正確で予測可能な周波数と安定性を備えたクロックを実現することを目指しています。クロック周期が短くなると、セットアップ/ホールド時間などの重要なパラメータに対する違反が発生しやすくなり、データ・エラーの原因になります。クロック回路の設計者は、周期ジッタを測定するとともに、その発生を最小限に抑える必要があります。

タイム・インターバル・エラー(TIE)ジッタは、周期ごとに個別に発生した周期ジッタの和で示されます。TIEプロットでは、理想エッジと実際のエッジ間の累積エラーを表示します。TIEプロットの最初の4ドット(測定点)は、連続して下方向(負方向)に伸びており、各ドットは、ゼロ・ラインから10psずつ離れていっています。これは、周期ジッタ・プロット上で示された最初の4ドットのそれぞれが-10psのエラーに該当するためです。周期ジッタが短周期の連続から長周期の連続に変化すると、TIEプロットは、累積エラーが-40psに達した後、下降から「反転し」正方向に上昇しています。TIE値は、実際のエッジから基準クロックまでの時間間隔を測定することで得られます。

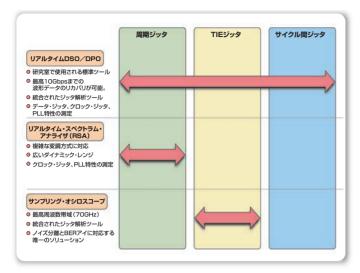
TIEジッタ値は、ユニット・インターバル(UI)を超える場合がある点に注意してください。この点は、誤解を招きやすいジッタ特性の1つです。しかし、TIE値がサイクルごとに増加すると考えると、問題を容易に理解できます。例えば、TIE値が各サイクルで0.1UIずつ累積するとした場合、50サイクルで5UIとなります。

TIE測定は、伝送されたデータ・ストリームの動作を評価する場合に有用です。多くの場合、フェーズ・ロック・ループ(PLL)を使用することで、データ信号から基準クロックをリカバリします。データ・ストリームのビット・レート変化に対するPLLの応答が遅いと、PLLがビット・レート変化に追いつくまでのサイクル中にTIEジッタが累積していきます。

さらに、ISI(シンボル間干渉)と呼ばれる物理層の障害現象が、信号の歪みの発生原因となる場合があります。その結果、連続する各波形パルスが時間的に拡散、互いに重なることにより、レシーバがデータ・ストリームのステート変化を正確に識別できなくなります*2。ISI(シンボル間干渉)は、時間領域内にDDj(データ依存性ジッタ)として発生します。DDJは、TIE測定や他のジッタ測定で観測される各種ジッタの1つです。

*2 出典: ATIS (Alliance for Telecommunications Industry Solutions):
ATIS Telecom Glossary 2000 (T1.523-2001)。
http://www.atis.org/tg2k/_intersymbol_interference.html

▶ テクニカル・ブリーフ



■ 図2: ジッタ測定の機能は、各機種により異なります。

サイクル間ジッタのプロットは、クロック信号変化の動特性をトレースします。サイクル間ジッタ・プロットは、サイクル間の変化量を示します。サイクル間プロットと周期ジッタ・プロットとを比較してください。サイクル間で変化がない場合、サイクル間プロットは平坦なグラフを示します。エッジ・タイミングの連続エラーが上下いずれかの方向(遅いまたは早い)に変化した点で、サイクル間プロットは変曲点となり、ピークを示した後で定常値に戻ります。ピークの方向(正または負)は、エッジ・タイミングのエラー方向と同じ方向になります。

サイクル間ジッタは、セットアップ/ホールド時間違反などの要因となる短サイクル・クロックの発生を確認するのに役立ちます。

困難なジッタ測定を実現するソリューション

ジッタの検出・解析用ツールとしては、リアルタイム・オシロスコープが最も一般的に使用されています。デジタル・ストレージ・オシロスコープ(DSO)やデジタル・フォスファ・オシロスコープ(DPO)*3は、数ギガ・ビットの高速データ・レートを処理する能力を備えています。ハード面と同様に重要なことは、ジッタとその構成成分を詳細に解析するための優れたソフトウェア・アプリケーションを装備していることです。

デジタル・ストレージ・オシロスコープ (DSO) やデジタル・フォスファ・オシロスコープ (DPO) の他に、異なる種類のプラットフォームも使用できます。各プラットフォームの測定機能は、一部重複しているものもあります。図2は、ジッタ測定・解析に使用する主なプラットフォームについて、アプリケーションごとの特長を簡単にまとめています。

リアルタイム・オシロスコープ

リアルタイム・オシロスコープは、電子回路の研究・開発、設計に使用される最も一般的な測定ツールであり、ジッタ問題を調べる際に、最初に使用するツールとして最適です。デジタル・ストレージ・オシロスコープ(DSO)/デジタル・フォスファ・オシロスコープ(DPO)は、単に便宜的に使用可能なツールではなく、幅広いジッタ測定/解析用途に対応した理想的なソリューションです。

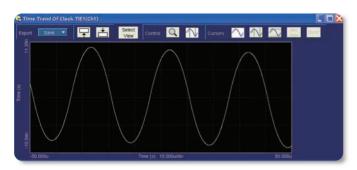
DSO/DPOがジッタ測定に対する高い汎用性を実現できるのは、 被測定装置の動作サイクルの信号波形全体の取り込みが可能であ り、詳細な解析が行えるためです。

波形データは、オシロスコープのメモリに保存されるため、立上 り時間やパルス幅、その他あらゆる種類のジッタの各種属性を解 析することができます。

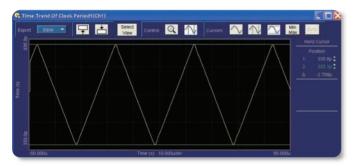
当社DPO/DSA70000シリーズなどの高性能DPOを使用すれば、最新のシリアル・バス(Serial ATA III、PCI-Express Gen2.0、Fibre Channelなど)の信号取り込みが可能です。

業界をリードするDPO(当社DPO/DSA70000シリーズ)の 主な特長は以下のとおりです。

- ▶ 最高周波数帯域20GHz
- ▶ 超低ジッタ・ノイズ・フロア: 450fs (450×10⁻¹⁵) (代表値)。ジッタ測定においてオシロスコープ自身のジッタの影響を最小限化。
- ► 8ビット分解能のアクイジションは、最新のシリアル規格に 十分なダイナミック・レンジを提供。
- *3 DSO/DPOについての詳細は、www.tektronix.co.jpをご覧ください。



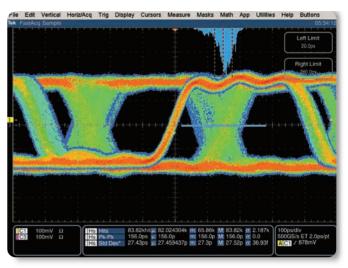
▶ 図3: TDSJIT3 v2.0のTIEトレンド・プロット。三角波のSSC変調を表示。TIEでは、連続周期からタイミング・エラーを検出するため、三角波変調のTIEトレンドは正弦曲線と類似しています。



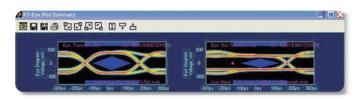
▶ 図4:周期トレンド・プロットは、変調パラメータの理解に役立ちます。 図は、TDSJIT3 v2.0を使用したプロット画面で、三角波のSSC変調を 表示しています。3.0GbpsのSerial ATA II信号のSSC例。

さらに、ジッタ測定・解析の自動化機能を備えていることも、ジッタ解析ツールに求められる重要なポイントです。ジッタ測定には、アプリケーションに特化したソフトウェア・ソリューションが必要です(ただし、オシロスコープのプラットフォームがソフトウェアをサポートしていることが条件です)。

このようなソフトウェアには、当社TDSJIT3 v2.0ジッタ/タイミング解析パッケージや、当社TDSRT-Eye™シリアル・データ・コンプライアンス/解析ソフトウェアなどがあります。図3から図6は、これらのソフトウェアによる測定結果を示しています。



■ 図5:シリアル・データ信号の等価時間アイ・ダイアグラム・レンダリング



▶ 図6: RT-Eyeツール(TDSRTE)は、リアルタイムに取り込んだ単発波 形からアイ・ダイアグラムを生成します。この手法の利点は図で示すよう に、ビットの種類を識別し、遷移ビット/非遷移ビットを分離して表示・ 測定できることです。

アプリケーションによっては、リアルタイムDSO/DPOの機能では対応が困難な場合があります。DSO/DPOのリアルタイム帯域幅と分解能が、被測定装置のデータ・レートや高調波に対応しているかを確認する必要があります。さらに、複雑なマルチレベル変調については、レベルを識別することが困難となる場合があります。このようなアプリケーションには、他の測定ソリューションが適しています。

優れた解析ツールを備えたDSO/DPOは、ジッタ測定に最も優れたプラットフォームであるといえます。DSO/DPOは、連続的に各種ジッタ全体を取り込むことができるため、ジッタ問題解析における最適なソリューションとなります。

リアルタイム・スペクトラム・アナライザ

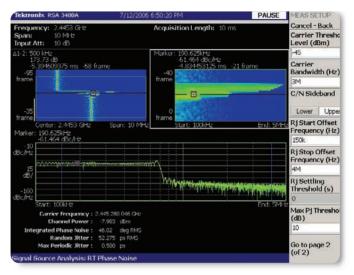
リアルタイム・スペクトラム・アナライザ(RTSA)は、汎用性の高い周波数領域解析ツールとして広く支持されているだけでなく、ジッタ測定用ツールとしても定着してきています。RTSAは、従来の掃引型スペクトラム・アナライザと同じように、周波数に対して電力振幅をプロットしたスペクトラム表示を行うことができます。しかし、RTSAは、掃引型スペクトラム・アナライザとは主な機能が異なります。RTSAは、遷移イベントやサイクル間変化の測定が可能なため、小さな位相変動や変調を詳細に表示することができます。さらに、スペクトラムの「スナップショット」をシームレスに連続して取り込み、保存する機能を備えているほか、測定結果をさまざまな組み合わせで処理することができます。

RTSAは従来の掃引型スペクトラム・アナライザと同様、リアルタイム・オシロスコープより広いダイナミック・レンジを備えています。多彩な機能を搭載したRTSAは、ジッタ測定、PLL評価などに最適のプラットフォームです。

RTSAは、帯域幅を限定した上で、分解能帯域幅(RBW)フィルタにより処理を行うため、オシロスコープに比べ非常に低いノイズ・フロアを実現しています。

低ノイズ・フロアを備えたRTSAは、ノイズに隠れて観測が難しい低レベルのスプリアス信号に対して高感度な測定を実現しています。さらに、位相ノイズに対するRTSAの測定能力は、オシロスコープに比べ格段に高くなっており、ランダム・ジッタ測定に必要な位相ノイズにおいて、優れたダイナミック・レンジを実現しています。

当社RSA3408A型などの最新RTSAは、優れた位相測定分解能を備えています。従来の時間領域法に比べ、より高い確度で周波数/位相変動を測定することができます。さらに、信号位相の微細な変動は、時間と一致するため、ジッタ測定にも応用することが可能です。スペクトラム・アナライザを使用したジッタ測定では、実際には位相ノイズを測定しているのです。



➤ 図7: RTSAは、位相ノイズの測定値からジッタ値を算出します。

スペクトラム・アナライザによるジッタ測定のしくみをわかりやすく説明するため、信号の位相が1度変化したとき、その周期の変化を1/360であると仮定します。キャリアの位相に変化が起こると、信号のスペクトラムに変調側波帯が発生します。発生した側波帯は、スペクトラム・アナライザで直接測定することができます。ランダム・ジッタは、スペクトラムの位相ノイズ・フロアと等しいのに対し、周期ジッタは、スペクトラムの全てのスプリアスと等しくなります。シグナル・ソース測定/解析ソフトウェアのような優れたソフトウェア・ツールでは、必要なコンバージョンを自動で行うため、ランダム・ジッタと周期ジッタ両方の観測が可能です(図7参照)。1GHzキャリア(周波数帯域は1kHz~10MHz)で測定可能なランダム・ジッタの最小値は、0.2ps msという低レベルを実現しています。同じく1GHzの信号で測定可能な周期ジッタの最小値は通常、2ps(ピーク)で、非常に高い精度水準を実現しています。

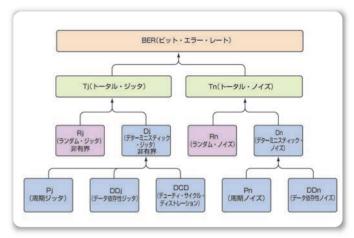
RTSAは、大きい信号と混在する小さな信号に発生するジッタを測定することができます。独自の周波数マスク機能により、信号のスペクトラムが正常値から逸脱した特定の瞬間を捕捉することで、ジッタ原因のトラブルシュートが可能です。さらに、RTSAは、複雑な変調やモバイル音声/データ通信に対応する機能を備えた理想的なツールです。RTSAのロング・メモリと可変サンプル・レートにより、数秒間にわたる信号を保存することができます。

RTSAは、クロックおよびローカル・オシレータのランダム・ジッタ/周期ジッタの測定や、PLLやDLLを内蔵したクロック・リカバリ・システムの評価に最適です。ただし、DDj(データ依存性ジッタ)を持った信号には、あまり適していません。

サンプリング・オシロスコープ

サンプリング・オシロスコープは、ジッタ測定において非常に広い帯域幅を提供します。このテクニカル・ブリーフで使用した70GHzのサンプリング・オシロスコープは、高周波帯域での時間領域測定において優れた信号忠実性を実現しています。観測する信号のデータ・レートが10Gbpsを超える場合は、当社DSA8200型などのサンプリング・オシロスコープが最も有効なソリューションとなります。さらに、サンプリング・オシロスコープは、高調波信号を取り込む必要がある場合に最適なツールです。例えば、NRZ信号の基本波が5GHzの10Gbpsの場合、第5高調波は25GHzとなり、現在のリアルタイムDSO/DPOで対応可能な範囲を大幅に超えています。

サンプリング・オシロスコープは、繰り返し発生する入力パターンを前提として、波形の取り込みを行います。波形は、多数のサイクルから抽出したサンプルから生成されます。多くのシリアル・デバイスは、繰り返し波形のストリームを生成できる診断ループを備えています。さらに、外部データ・ゼネレータをシリアル・デバイスの信号源として使用することも可能です。



■8: ジッタ、ノイズとBERの関係

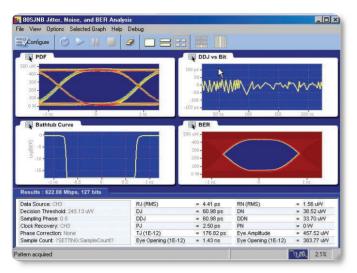
サンプリング・オシロスコープは、アプリケーションに特化したジッタ/ノイズ解析用ソフトウェア・パッケージを搭載しているため、ジッタ測定を強力にサポートします。当社80SJNBジッタ、ノイズ、BER解析ソフトウェア・パッケージは、単なるジッタ測定を超える多彩な機能を搭載した初めての総合的なツールです。80SJNBソフトウェアが市販のジッタ測定ツールと大きく異なる点は、優れたノイズ解析機能にあります。ジッタ分離、ノイズ分離、BERアイの推定など多彩な機能を搭載した当社サンプリング・オシロスコープの登場により、ジッタ解析に対する考え方が大きく変わりました。さらに、現在使用されている最高のシリアル・データ・レートに対応する広帯域幅を実現しています。

ノイズ解析とジッタ解析機能を統合した BER測定ソリューション

前述したように、設計者は、BERに対する影響を最小限に抑えるためにジッタの問題に取り組んでいます。しかし、ジッタは、BER問題を構成する一部にすぎません。ジッタは、水平成分(時間)としてBERに影響を与えます。水平成分に加え、垂直成分(ノイズ)が存在します。ノイズもBERに影響を与える要因となります。ジッタ解析については、リアルタイム・オシロスコープ、リアルタイム・スペクトラム・アナライザ(RTSA)、サンプリング・オシロスコープのいずれを使用しても高度のジッタ解析を行うことが可能です。しかし、現時点ではノイズがBERに及ぼす影響の解析には、サンプリング・オシロスコープのみが対応しています。

図8は、BERに影響を与える各種の要因を示しています。これらの要因すべてについて詳細に説明することは、このテクニカル・ブリーフの目的ではありません。しかし、ジッタを構成する成分の多くには、ノイズが関与することを知っておくことは重要です。これらの要因はすべて、システム内で周期的またはランダムに起こる原因に起因する成分で構成されています。

▶ テクニカル・ブリーフ



▶ 図9: 当社80SJNBソフトウェアのジッタ解析画面

ノイズは、アイ測定時に発生する振幅への影響です。ノイズが発 生すると、アイの開口部が上下方向に閉じます。また、アイ開口 部に対する影響ほど顕著ではありませんが、ジッタ測定について もノイズの影響を受けることがあります。特に、任意のエッジと 交差するスレッショルドで取り込んだサンプルに基づいて行った ジッタ測定では、ノイズの影響を受けます。これらの影響の程度 は、ノイズ振幅、信号のスロープ、さらにシステムの立上り特性 に依存します。

場合によっては、ノイズがBERの低下に影響を及ぼす中心的な要 因となることもあります。しかし、通常は、水平/垂直成分の両 方がBERに影響を与えます。ノイズによる寄与か純粋にジッタの 寄与かを正しく区別することにより、問題の根本原因に対する解 析に要する時間の短縮化が可能です。

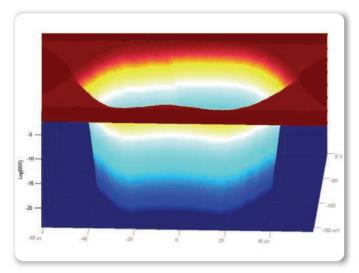
図9に示すように、サンプリング・オシロスコープは、ノイズの 影響など、ジッタに関する豊富な情報を表示することができます。 これらの多彩な表示機能を利用するには、当社80SJNBソフト ウェアなどの優れたジッタ/ノイズ解析ソフトウェア・アプリケ ーションが必要です。図の左上にあるPDF (Probability Density Function:確率密度関数)アイ・ダイアグラムは、アイ開口率 の劣化に関する統計的確率を表示しています。水平/垂直情報 (相関/無相関)の組み合わせにより画面表示を行います。

従来のアイ・ダイアグラムの形状と類似していますが、PDFアイ は、単にサンプル・ヒットをプロットしたものではなく、信号の 取り込み時間が増加しても閉じません。アイは、信号を水平、垂 直両方向にデジタル化して高分解能プロットしたUIの表示ですが、 3次元プロットは、特定のポイントをヒットするアクイジション の発生確率の計算値を示しています。確率軸は、カラー表示され ています。PDFアイはBER結果を推定する際に、「総当たり式」 (大量のデータの取り込む方法) で行うのではなく、基礎となる 分布形状の評価を目的として焦点を絞ったアクイジションに基づ き実施します。ジッタとノイズの成分がすべて測定され、PDFが 高確度になるまで分布は累積されます。10⁻¹⁸の優れたBERの推 定がアイ・ダイアグラム全体にわたり可能となります。このプロ セスにより、従来のビット・エラー・レート・テスタ(BERT) では1年かかる観測を迅速に行うことができるようになりました。

2D BERアイ(図の右下)は、単にPDFアイを再計算したもの にすぎません。PDFを積分することで、CDF(Cumulative Distribution Function: 累積分布関数)が得られます。この機能 は、BERTデータ・レシーバが生成する「アイ輪郭」と同じです が、重要な違いがいくつかあります。

サンプリング・オシロスコープでの取り込みは、200fs ms未満の ジッタ測定確度を実現しています。従来のBERTでは、これと同 じ性能は期待できません。アイ輪郭は、データ・レシーバ(測定 器自体)の水平、垂直両方向の不確かさにより不明瞭になってし まいます。この結果、測定したアイ・ダイアグラムに大きな影響 を及ぼす要因となる可能性があります。

他の表示機能には、優れた3D BERアイ (図10参照)、DDJ vs ビット・プロット、バスタブ曲線などがあります。バスタブ 曲線の表示機能は、特にノイズの寄与を解析する場合に便利です。 さらに、測定結果の一覧表示も可能です。



▶ 図10:3D BER表示は、BERTと比べ格段に短時間で、アイ・ダイアグ ラム全体にわたるBER推定が可能。

サンプリング・オシロスコープは、ジッタが引き起こすさまざま な現象を総合的に表示することが可能です。高速データ・レート で、かつ、測定器にテスト信号を安定して繰り返し送ることが可 能な場合は、サンプリング・オシロスコープが最適なソリュー ションとなります。しかし、サンプリング・オシロスコープは、 多数の連続したサイクルから抽出したサンプルから波形レコード を生成するため、"単発"のイベントは取り込むことができませ ん。"単発"イベントを取り込むことが必要な場合は、リアルタ イムDSO/DPOやリアルタイム・スペクトラム・アナライザ (RTSA)を使用することが適切です。

まとめ

ジッタ測定は、システムの高性能化やデータ・レートの高速化に ともない、その重要性が益々高まっています。ジッタ測定には各 種のアプローチがあり、各アプリケーションに適したツールを選 択することが重要です。基本的なジッタ試験には、リアルタイ ム・オシロスコープと、統計的な情報や波形情報表示が可能な解 析ソフトウェア・アプリケーションを併用して使用することがで きます。高ダイナミック・レンジを必要とする用途には、リアル タイム・スペクトラム・アナライザ (RTSA) が最適です。リア ルタイム・スペクトラム・アナライザ(RTSA)を使うと、位相 ノイズに基づくジッタ解析が行えるほか、他の信号が混在する環 境下でのジッタ測定が可能です。

さらに、測定信号成分が20GHzを超える場合は、サンプリング・ オシロスコープがジッタ測定の唯一のツールとなります。サンプ リング・オシロスコープは、非常に広い周波数帯域に対応してい ることに加え、BERに対するノイズの寄与を解析する機能を備え ているため、独自のBER解析とジッタ測定を行うことができます。

ジッタ測定に関する参考資料

1.55W-16146-1「タイミング・ジッタの理解と評価」

ジッタ測定に最適なプラットフォームの選択 ▶ テクニカル・ブリーフ Memo –

ジッタ測定に最適なプラットフォームの選択▶ テクニカル・ブリーフ

/ Memo -			
)
\			

Tektronix お問い合わせ先:

アメリカ 1 (800) 426-2200

イタリア +39 (02) 25086 1

インド (91) 80-22275577

イギリスおよびアイルランド +44 (0) 1344 392400

オーストリア +41 52 675 3777

オランダ 090 02 021797

カナダ 1 (800) 661-5625

スイス +41 52 675 3777

スウェーデン 020 08 80371

スペイン (+34) 901 988 054

大韓民国 82 (2) 528-5299

台湾 886 (2) 2722-9622

中央ヨーロッパおよびギリシャ +41 52 675 3777

中華人民共和国 86 (10) 6235 1230

中東アジア/北アフリカ +41 52 675 3777

中東ヨーロッパ/ウクライナおよびバルト海諸国 +41 52 675 3777

デンマーク +45 80 88 1401

ドイツ +49 (221) 94 77 400

東南アジア諸国/オーストラリア (65) 6356 3900

南アフリカ +27 11 254 8360

日本 81 (3) 6714-3010

ノルウェー 800 16098

バルカン半島/イスラエル/アフリカ南部諸国およびISE諸国

+41 52 675 3777

フィンランド +41 52 675 3777

ブラジルおよび南米 (11) 4066-9400

フランス +33 (0) 1 69 86 81 81

ベルギー 07 81 60166

ポーランド +41 52 675 3777

ポルトガル 80 08 12370 香港 (852) 2585-6688

メキシコ、中米およびカリブ海諸国 52 (55) 5424700

ルクセンブルグ +44 (0) 1344 392400

ロシアおよびCIS諸国 +7 (495) 7484900

その他の地域からのお問い合わせ 1 (503) 627-7111

Updated 15 September 2006

詳細について

当社は、最先端テクノロジに携わるエンジニアのために、資料を 用意しています。当社ホームページ(www.tektronix.co.jp またはwww.tektronix.com)をご参照ください。



TEKTRONIXおよびTEKは、Tektronix、Inc.の登録商標です。記載された商品名はすべて各社の商標をおいは各録商標です。

04/07 JS/WOW 37Z-19858-0

Tektronix

Enabling Innovation

日本テクトロニクス株式会社

東京都港区港南2-15-2 品川インターシティB棟6階 〒108-6106 製品についてのご質問・ご相談は、お客様コールセンターまでお問い合わせください。

TEL 03-6714-3010 FAX 0120-046-011

電話受付時間/9:00~12:00・13:00~18:00 月曜~金曜(休祝日は除く)

当社ホームページをご覧ください。www.tektronix.co.jp お客様コールセンター ccc.jp@tektronix.com

●記載内容は予告なく変更することがありますので、あらかじめご了承ください。



2007年4月発行 © Tektronix