

トリガ入門

DPO7000シリーズ、DPO/DSA70000Bシリーズ、MSO70000シリーズのPinpoint®トリガとイベント・サーチ／マーク機能について

目次

はじめに	3	アプリケーション固有のトリガ	16 - 17
トリガの基礎	4 - 6	コミュニケーション・トリガ	16
エッジ・トリガ	4	ビデオ・トリガ	16
トリガ・ソース	4	メモリ・バス・トリガ	16
独立したトリガ・レベル設定	5	ロー・スピード・シリアル・プロトコル・トリガ	17
トリガ・レベルとスロープ	5	Pinpointトリガを使用した、	
トリガ・ポジション	6	高速シリアル・バス設計の検証	17 - 20
両方のエッジでトリガ	6	シリアル・パターン・トリガ	17
拡張トリガの種類と操作方法	7 - 15	パターン・ロック・トリガ	17
グリッチ・トリガ	7	シリアル・レーン違反トリガ	18
パルス幅トリガ	8	ビーコン幅違反トリガ	19
ラント・トリガ	8	8B/10Bプロトコル・トリガとデコード	19
タイムアウト・トリガ	9	トリガ条件によるジッタ解析	20
トランジション時間トリガ	9	拡張サーチ／マーク	21 - 24
セットアップ／ホールド・トリガ	10	まとめ	25
ウィンドウ・トリガ	10		
ロジック・クオリフィケーション	11		
ロジック・パターン・トリガ	11		
ロジック・ステート・トリガ	11		
メイン・トリガ・イベント	12		
Aイベント	12		
遅延トリガ	12		
A→Bシーケンス・トリガ	12		
リセット・トリガ	13		
シーケンシャル・ロジック・トリガ	14		
広がるトリガの選択肢	15		

はじめに

オシロスコープは、電気信号の世界に向けて開かれた窓です。しかし、初期のオシロスコープは繰り返し信号や連続的な電気イベントしか表示できなかつたため、そのアプリケーションは限られていました。ハワード・ヴォラム率いるTektronixが初のトリガ掃引オシロスコープを発表したのは、1947年のことです。

この新しいトリガ掃引式オシロスコープとその校正された目盛り表示により、電気パルスの一般的な特徴を観測する定性的ツールに過ぎなかつたオシロスコープは、エレクトロニクス業界に大きな変革をもたらした定量的な計測器へと変貌を遂げました。エンジニアは初めて、あらゆる種類の信号のトランジェント・イベント（過渡現象）を取込み、電圧やタイミングを正確に測定できるようになったのです。以来、当社は革新的なトリガ技術でマーケットを牽引し続けています。

トリガ・イベントは、「ウィンドウ<取込み範囲>」が停止するポイントを特定できるので、何が回路内で起こっているか観測する（取込む）ことができます。たとえば、車で旅行するときのことを考えてみましょう。目的地に最短時間で到着することを優先しますが、途中、名所旧跡の写真も撮りたいものです。高性能車を使うので目的地にすぐに到着できることはわかっています。となれば、問題は撮影プランだけです。友人に運転してもらいながら、自分は気が向いたところで窓越しに撮影するというのも一つの方法ですが、写真の出来については祈るしかありません。確実性の面で大いに問題があります。

それより、あらかじめ撮りたい場所を決めておき、そこで車を止めてもらい、カメラを構えれば、確実によい写真が撮れるはず。実は、多くのオシロスコープ・アプリケーションの波形データは、旅行中の関心がない99.99%の景色と同じです。高速のデバッグ・アプリケーションでは、回路は99.999%（あるいはそれ以上）の時間は正常に動作しています。つまり、システムがクラッシュするのは0.001%の時間であり、詳細に観測すべき波形も全体の0.001%に過ぎません。カタログ仕様（周波数帯域、サンプル・レート、レコード長）がどんなに優秀なオシロスコープでも、測定したいデータを捕捉できないのであれば、デバッグ／解析ツールとしての用は果たしません。

当社のDP07000シリーズ、DP0/DSA70000Bシリーズ、MS070000シリーズが搭載しているPinpoint®トリガ・システムは、業界で最も包括的な高性能トリガ・システムです。通常のスレッシュホールドやタイミング関連のトリガ機能はもちろんのこと、A、B両方によるイベント・トリガ、ロジック・クオリフィケーション、ウィンドウ・トリガ、リセット・トリガを装備しており、トリガ・イベントをきわめて自由に定義することができます。

SiGe（シリコン・ゲルマニウム）半導体技術に基づくPinpointトリガでは、オシロスコープのアナログ帯域全体に渡ってすべてのトリガ機能を使用し、検出の難しい高速デジタル設計のイベントを“ピンポイント”で特定することができます。DP0/DSA70000Bシリーズ、MS070000シリーズの拡張サーチ／マーク機能は、波形固有のイベントを検出することができます。取込んだ波形から複数のイベントを検出し、それぞれのイベントにマークを付けます。サーチ／マーク機能はPinpointトリガ・システムと関連性があり、共に信号の特性を識別するために使用します。サーチ／マーク機能には、Pinpointトリガ・システムの持つ信号形状の識別機能があり、ライブ・チャンネルでも、保存された波形でも、演算波形でも利用できます。この入門書では、まずトリガ全般の基礎を押さえ、その後で、Pinpointトリガの革新的な世界について説明します。

トリガの基礎

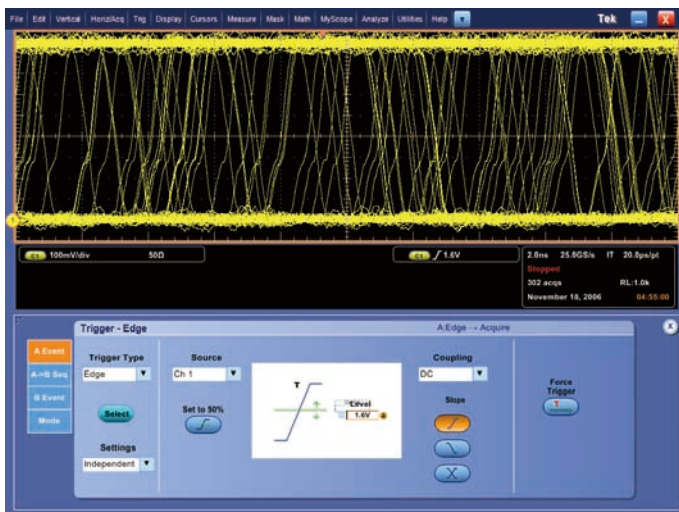


図1. トリガされていないオシロスコープ表示



図2. エッジ・トリガ・メニュー

オシロスコープのトリガ機能は、信号の適切なポイントにおいて水平掃引を同期させ、信号の正確な評価を可能にします。トリガの操作は、繰り返し波形を安定させたり、単発信号を取込むために行います。トリガは、入力信号の同じ部分を繰り返し表示することにより、オシロスコープ上に安定した繰り返し波形を表示します。掃引の開始ポイントが毎回異なると、表示される波形は乱雑なものになります（図1を参照）。トリガ掃引のオシロスコープが登場する前はこういった状態だったのです。

エッジ・トリガ

エッジ・トリガは、最初に考案されたトリガであり、最も基本的かつ一般的なトリガであり、すべてのオシロスコープがこの機能をサポートしています。エッジ・トリガは波形の基本特性である振幅やタイミングを観測するのに適しています。図2に、Pinpointトリガ・システムのエッジ・トリガのセットアップ・ウィンドウを示します。

トリガ・ソース

オシロスコープはほぼ常にトリガしている必要がありますが、その対象は表示中の信号とは限りません。トリガ掃引で一般的に使用される信号ソースには、以下のようなものがあります。

- 入力チャンネルに入力された信号
- 入力チャンネルに入力された信号以外の外部ソース
- 商用電源のライン信号
- 1つ、またはそれ以上のチャンネル入力信号を評価し、それに基づいてオシロスコープ内部で算出した信号

ほとんどの場合、表示中のチャンネルをトリガ対象とするのが普通です。しかし、表示する、しないにかかわらず、どのチャンネルの入力でも、またはトリガ入力端子に接続された信号でもトリガすることができます。当社のほとんどのオシロスコープには、トリガ信号をカウンタ、シグナル・ソースなどの外部機器に供給できる独立した出力機能が用意されています。

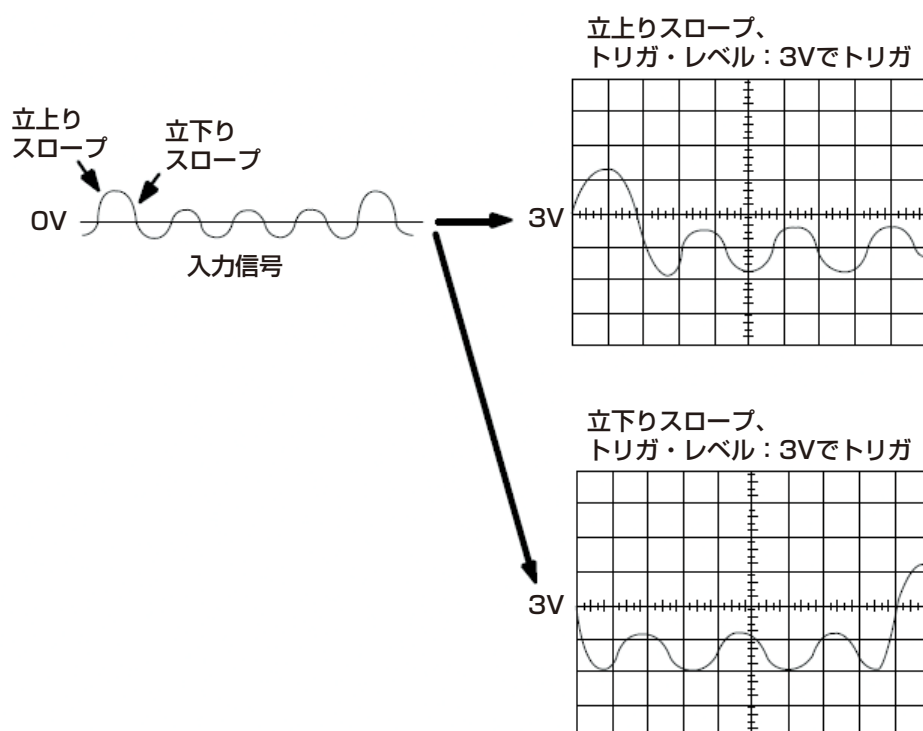


図3. トリガ・レベルとスロープ

独立したトリガ・レベル設定

多くの電子デバイスは、入力電圧要件の異なるさまざまなロジック・ファミリを使用しています。そのため、ロジック・ファミリごとにスレッシュホールド電圧を設定する必要があります。従来のオシロスコープでは、すべてのソース・チャンネルにおいてトリガ・レベル設定を共有していました。

別のチャンネルをトリガ・ソースとして選択する場合、そのたびにスレッシュホールドを変更しなければなりません。Pinpointトリガ・システムでは、入力ソースごとに異なるトリガ・レベルを設定することも、すべてのチャンネルで共通の設定を使用することもできます。

トリガ・レベルとスロープ

トリガ・ポイント定義の基本となるのが、トリガ・レベルとスロープです。この設定により、表示される波形が決まります（図3を参照）。エッジ・トリガではスロープ（立上りまたは立下り）とレベルを設定し、信号がこの条件を満たすとオシロスコープはトリガします。これをスレッシュホールド・クロスといいます。トリガ・レベルはディスプレイの右端に小さな矢印で示されます（図4a～4cを参照）。矢印の色は選択されたトリガ・ソース・チャンネルの色に対応します。トリガ・レベルは、ピーク・ツー・ピーク電圧の50%に設定するのが一般的ですが、必ずそうしなければならないというわけではありません。

トリガ・ポジション

オシロスコープ前面パネルの水平ポジション・ノブは、トリガ・イベントの表示位置を決めるために使用します。水平ポジションを変化させると、トリガ・イベント以前の状態（プリトリガ）を観測できます。つまり、水平ポジションを変えることで、トリガ・ポイント前後の観測時間を調整することができます。

デジタル・オシロスコープでは、連続的に入力信号を処理しているため、トリガの有無にかかわらずプリトリガを観測できます。オシロスコープのメモリにデータ・ストリームが常に流れ込んでいて、トリガが発生すると、その時点のデータがメモリに保存されます。これがトリガの基本的な仕組みです。プリトリガはトラブルシューティングで大いに役立ちます。間欠的に問題が発生する場合によく行うのが、問題にトリガしてレコード内をスクロールし、イベントの原因を解析するという方法ですが、問題の原因がトリガより前で見つかることもよくあります。

図4では、トリガ・ポジションは左から4番目の目盛位置に設定されており、これは水平掃引の40%の位置に相当します。トリガ・ポイントは、レコード内の0~100%の任意の位置に設定することができます。100%に設定すると、すべてのレコードにはトリガ・ポイント以前のデータが記録され、トリガ以前の観測時間が最大になります。0%に設定すると、すべてのレコードにはトリガ・ポイント以後のデータが記録され、トリガ以後の観測時間が最大になります。トリガ・イベント後のすべてのレコード長よりさらに後ろを観測する場合は、遅延トリガを使用します。遅延トリガについては、後ほど説明します。

両方のエッジでトリガ

トリガ・システムでは、立上りスロープと立下りスロープの設定（図4aと図4b）が長年使われてきました。Pinpointトリガ・システムでは、立上りスロープと立下りスロープの両方でトリガでき（図4c）、高速のクロック信号、データ信号のジッタ観測に適しています。図4a、4b、4cは、トリガ・スロープをそれぞれ立上りエッジ、立下りエッジ、その両方に設定した場合の様子を示しています。



図4a. 立上りスロープによるトリガ

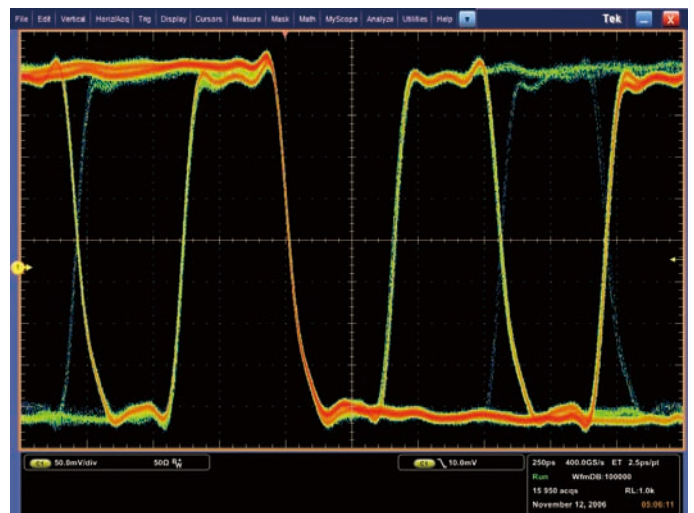


図4b. 立下りスロープによるトリガ

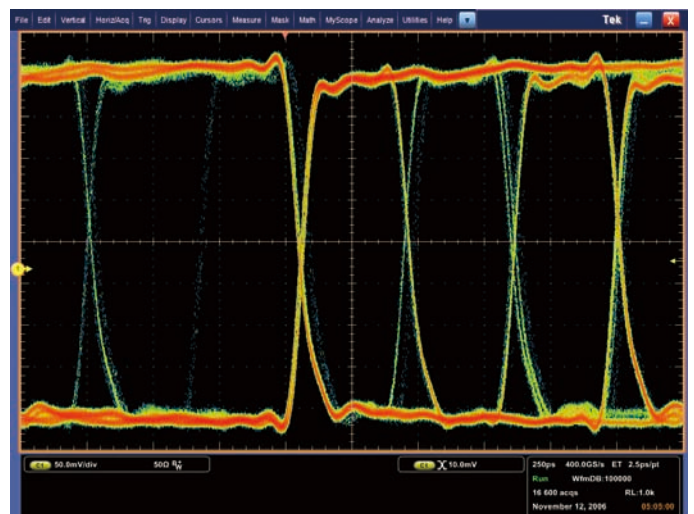


図4c. 立上り/立下りスロープによるトリガ

図4. 40%のトリガ・ポジションは、オレンジ色の三角矢印で示されている。10mVのトリガ・レベルは、黄色の矢印で示されている

拡張トリガの種類と操作方法

パラレル・バスやシリアル・バスのデジタル信号のように波形がますます複雑になると、従来のエッジ・トリガだけでは、波形を取込むことができないことも考えられます。冒頭のたとえ話（写真撮影）に戻りますが、エッジ・トリガだけでは、写真を撮るために「どこで止まればいいのか」という情報をオシロスコープに伝えることができません。

拡張トリガは、入力信号に対してより厳密に条件を指定し、本来の幅より狭いパルス波形であっても簡単に検出することができます。エッジ・トリガだけではこのような波形を検出することはできません。拡張トリガを操作することで、特定のイベントを分離することができるのです。

Pinpointトリガ・システムには、取込もうとしているイベントの種類に対して高度な選択機能を備えており、振幅（ラント・パルスなど）、時間指定（パルス幅、グリッチ、スルー・レート、セットアップ/ホールド、タイムアウト）、ウィンドウ・トリガを使用した振幅と時間の組合せ、あるいはロジック・ステートまたはパターン（ロジック・トリガ）などで定義したパルスにトリガすることができます。

直感的なユーザ・インタフェースにより、トリガ・パラメータをすばやく設定でき、柔軟性の高いテスト・セットアップで生産性を最大限に高めることができます。拡張トリガ・メニューは、マウスまたはオシロスコープのタッチ・スクリーンでトリガ設定メニュー項目を選択することで表示できます。あるいは、前面パネルのTRIGGERセクションのADVANCEDボタンを押しても表示されます。

多くのオシロスコープにはAトリガとBトリガが装備されています。通常、A（メイン）トリガにはすべての機能が組み込まれており、拡張トリガも含まれています。一方、2番目のBトリガは、エッジ検出のみに限定されています。AトリガはBトリガの前提となる条件を検出します。Aトリガが発生すると、Bトリガが指定された電圧スレッシュホールドを探すという仕組みです。

Pinpointトリガを装備した当社のDPO7000シリーズ、DPO/DSA70000Bシリーズ、MSO70000シリーズ・オシロスコープは違います。2つのトリガ回路はどちらも同等の機能を持ち、Aイベント、Bイベントの両方ですべての拡張トリガを使用できます。これをデュアルA-Bイベント・トリガといいます。



図5a. グリッチ・トリガ

Pinpointトリガで使用可能なデュアルA-Bイベント・トリガの種類には、エッジ、グリッチ、パルス幅、ラント、タイムアウト、トランジション時間、セットアップ/ホールド、パターン、ステート、ウィンドウ。

グリッチ・トリガ

グリッチ・トリガは、指定された幅よりも狭いパルスのイベントのみを検出（あるいは除外）します。負、正、または正負のいずれかの極性が選択できます。このトリガ操作により、発生頻度の低いグリッチでも、その原因と他の信号への影響を確認できます。Pinpointトリガ・システムのユーザ・インタフェースでは、最小リアーム時間1は300psで300ps未満のグリッチをサーチし、最小150psのグリッチまで検出することができます。図5aは、グリッチ・トリガを使用してクロストーク問題を調べた例です。Ch1は、システムのロジックが不安定になっている原因のグリッチにトリガし、Ch3は隣接したデータ・ラインから問題の信号を識別します。

1 トリガ・システムが前のイベントを検出した後で、次のトリガ・イベントを取込むための準備に要する時間です。

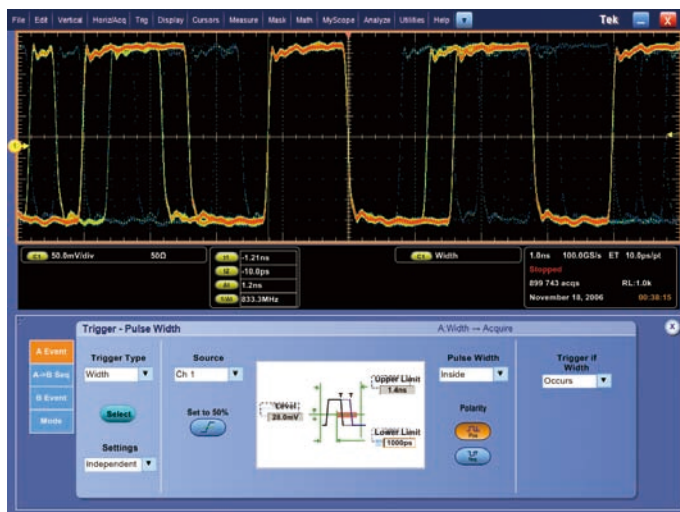


図5b. パルス幅トリガ

パルス幅トリガ

パルス幅トリガは、2つの指定時間範囲内のパルスのみを検出（あるいは除去）します。このトリガは、例えば長い“0”シーケンスの後の“1”の検出など、長いビット・シーケンスの後でステートが変化した場合に発生するISI（Inter-Symbol Interference、シンボル間干渉）の観測に適しています。8B/10Bエンコーディングのビット時間は1～5ビットですが、PRBS信号の幅はこの範囲を超えることがあります。

パルス幅トリガでは、パルスの極性は正または負が選択できます。パルス幅の範囲は150ps～1sで、ユーザ・インタフェースで最小300psまで設定できます。リアム時間は300psです。図5bでは、パルス幅トリガを使用して、高速シリアル・ビット・ストリーム（3.125Gbps以上）で4ビット長の正パルスだけにトリガしています。



図5c. ラント・トリガ

ラント・トリガ

デジタル信号のラント・パルスは、デジタル・システムの暴走の原因になるメタステーブル状態を表していることがよくあります。ラント・トリガは、設定された2つの振幅スレッシュド間をパルスが入り出す場合にのみトリガします。時間でも設定することができ、最小のパルス幅は200psです。リアム時間は300psです。極性は、負、正、またはそのいずれか、が選択できます。図5cでは、ラント・パルスのトリガ・レベルが、特定のロジック・ファミリの最小スレッシュド値に設定されており、設定値以下のパルスが取込まれています。

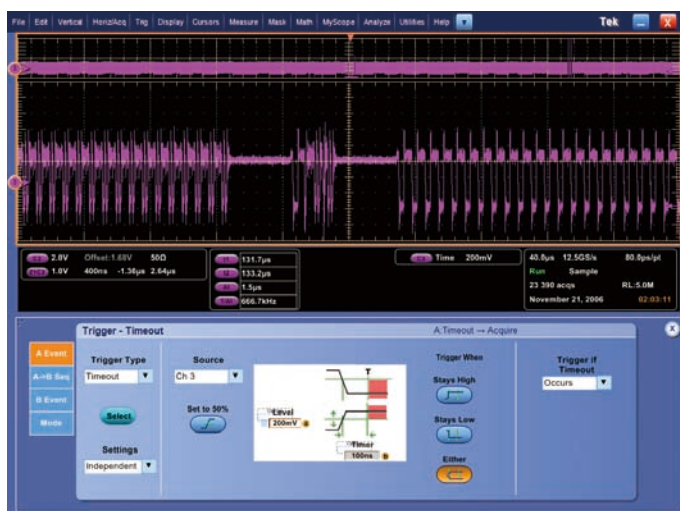


図5d. タイムアウト・トリガ

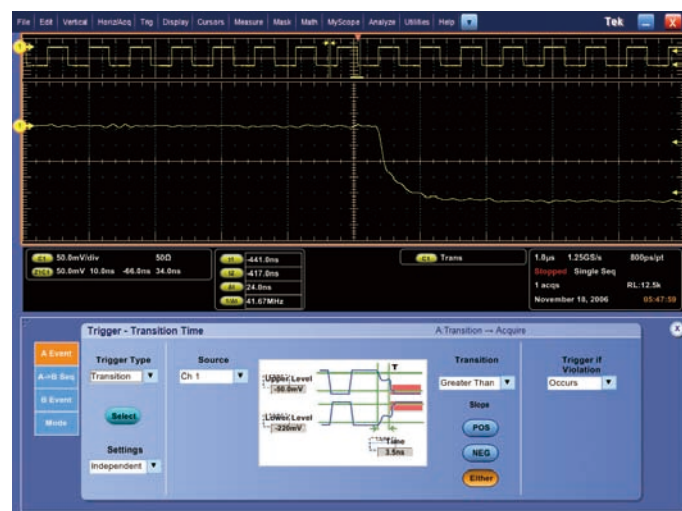


図5e. トランジション時間トリガ

タイムアウト・トリガ

システムによっては、クロックまたはデータ・シグナリングの“デッドタイム”が設計に組み入れられていることがあります。しかし、他のシステム・イベントとタイミングが合わないと、デッドタイムはシステム通信エラーの原因となります。デッドタイムにトリガすると、その有無を確認し、他の信号とのタイミングを調べることができます。タイムアウト・トリガでは、指定した時間に渡ってイベントがハイ、ロー、またはそのいずれかのみである場合にトリガすることができます。この時間は300ps~1sで設定できます。図5dは、双方向バスのデータ・ストリームからタイムアウト・トリガで検出したデッドタイムの例です。タイマは信号内のどのデータ長よりも確実に長い100nsに設定されています。デッドタイムは約340nsです。アキュジション・カウンタは、10秒間で45回のタイムアウト・イベントを検出しており、これは繰り返しビット・ストリームの時間のわずか0.0000015%でイベントが発生していることを示しています。

トランジション時間トリガ

動作環境において、エッジ（トランジション時間）が必要以上に高速である場合、やっかいなエネルギーを放射することがあります。逆に、クロックのトランジション時間が遅すぎると、回路が不安定になる原因となります。トランジション時間トリガでは、ローからハイ、またはハイからローのスレッシュホールドに変化する時間間隔が、設定した時間より遅い（大きい）または速い（小さい）場合にトリガします。極性は正、負、またはそのいずれか、を選択できます。図5eは、トランジション時間トリガを使用して、3.5nsよりも遅いクロック・エッジを検出した例です。

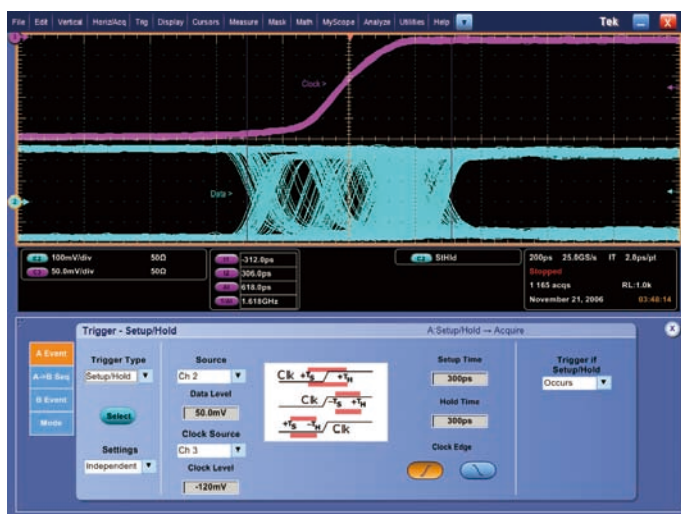


図5f. セットアップ/ホールド・トリガ

セットアップ/ホールド・トリガ

セットアップ/ホールド時間違反は、システム全体に影響するデータ・エラーの原因となります。セットアップ/ホールド・トリガでは、同期データ信号がセットアップ時間とホールド時間の設定を外れたときの、信号品質とタイミングの詳細を簡単に取込みます。このトリガは、正（または負）のクロック・エッジについて設定したセットアップ時間およびホールド時間ウィンドウ内で、正または負のデータ・エッジ（トランジション）が発生した場合にトリガします。他のトリガ・タイプでは見逃してしまう違反であっても、セットアップ/ホールド・トリガならば確実に捉えることができます。図5fは、セットアップ時間300ps未満、かつ、ホールド時間300ps未満の設定で捉えた1165の波形取込みの例です。

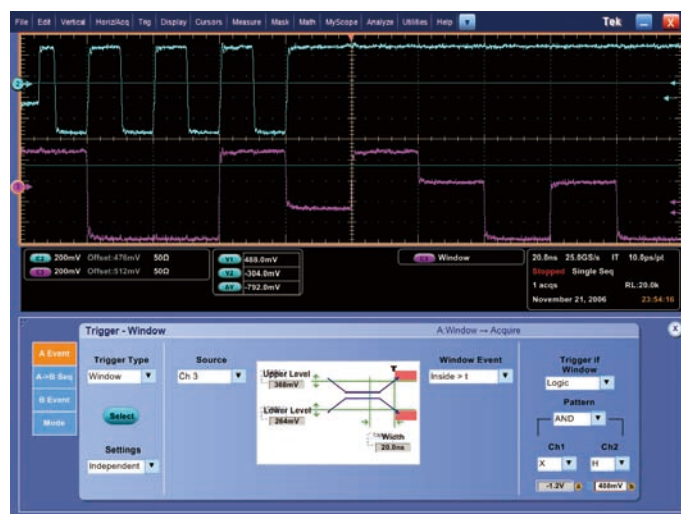


図5g. ウィンドウ・トリガ

ウィンドウ・トリガ

多くの高速設計では、複数の内部コンポーネントが回路基板上の同じバスを共有し、ハードウェア制御またはソフトウェア制御のバッファ・アレイによって、メイン・バスで適切なデータを多重化します。このような多重化のロジックでは、一度に1つのコンポーネントしかバスを使用することができません。しかし、設計エラーが原因で、2つのロジック・レベルを持つべきバスに、“1”でも“0”でもない“中間”のステートが現れるバスの衝突が発生します。ウィンドウ・トリガは、このバスの衝突を簡単に取込むことができます。ウィンドウ・トリガでは、ユーザが設定した2つのスレッシュホールドと時間軸によって定義されているウィンドウを、イベントが入り出したときにトリガします。さらに、ウィンドウ・トリガでは時間も設定でき、四角形の時間ウィンドウを構成し、信号の出入りでオシロスコープをトリガすることもできます。最小ウィンドウ幅は150psで、最小リアム時間は500psです。図5gは、バスの衝突イベントを取込んだ例です。トリガ・レベルは、適切なロジック・ファミリのハイとローのスレッシュホールド電圧に設定されています。

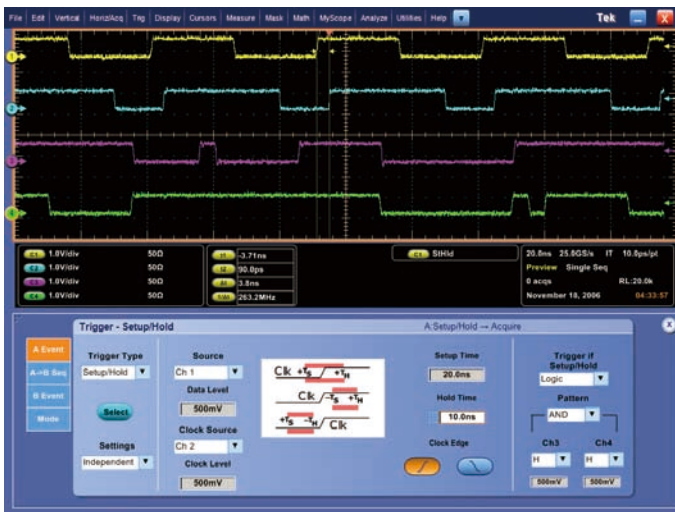


図6. ロジック・クオリフィケーションによるセットアップ/ホールド・トリガ



図7a. ロジック・パターン・トリガ

ロジック・クオリフィケーション

Pinpointトリガは、ここまで説明した拡張トリガ（グリッチ、パルス幅、ラント、タイムアウト、トランジション時間、セットアップ/ホールド、ウィンドウ）に、ロジックによる設定も組み合わせることができ、イベントを特定するためのさらに強力なツールとなります。図6は、ロジック・クオリフィケーションを使用してセットアップ/ホールド違反を取込んだ例です。Ch1（黄色）がデータ、Ch2（青）がクロックです。トリガ・イベントはCh3（マゼンタ）とCh4（緑）が共にハイで設定されています。ロジック条件が満たされた場合にのみセットアップ/ホールド違反でトリガします。デジタル回路では、観測する信号のロジック・ステートに基づいてトリガ条件を設定するのが望ましいことがあります。4チャンネルのオシロスコープでは、最大4入力のロジック・ステートでトリガすることができます。

Pinpointトリガ・システムには、次の2種類のロジック・トリガが用意されています。

ロジック・パターン・トリガ

ロジック・トリガ（図7a）では、任意の入力チャンネルのロジックの組合せでトリガでき、特にデジタル・ロジックの動作検証に適しています。オシロスコープは、入力チャンネルのロジック・パターン（AND、OR、NAND、NOR）が満たされた場合にトリガします。従来のロジック・ファミリ（TTLとECL）用には、あらかじめ定義されたスレッショルド・レベルが用意されています。高速CMOSなどのロジック・ファミリについては、任意にスレッショルドを設定することもできます。MSO70000シリーズでは、トリガ条件として20ビットまでのロジック・パターンを設定することができます。これは、タイミング検証が重要なメモリ・バスにおいて、複雑な設計の特定のシステム状態を検出するのに適しています。



図7b. ロジック・ステート・トリガ

ロジック・ステート・トリガ

ロジック・パターン・トリガ同様、ロジック・ステート・トリガでは、Ch1、Ch2、Ch3（MSO70000シリーズではチャンネルD0～D15）の任意のロジック・パターンの定義に対して、Ch4（MSO70000シリーズではClk/Qual）の立上りまたは立下りクロック・エッジでトリガします（図7b）。このタイプのトリガは、フリップフロップやシフト・レジスタを持った回路の伝播遅延やメタスタビリティ問題のデバッグに最適です。また、独立したクロック・ラインと多くのデータ信号があるパラレル・バスのトラブルシューティングにも適しています。一方、シリアル・トリガ（後述）は、シリアル・バスのエンベデッド・クロックのトリガに適しています。

メイン・トリガ・イベント

■ Aイベント

ここまでは、オシロスコープで波形を取込んで表示するための条件を設定する、10種類のトリガ・タイプについて説明しました。最新の高性能オシロスコープでは2種類のトリガを定義できます。当社のオシロスコープではこれをAおよびBイベントと呼んでいます。Aイベントについては、メイン・トリガ・イベントと呼ぶこともあります。多くのアプリケーションでは、検出すべきイベントは1つだけであり、Aイベント・トリガだけでも十分です。

■ 遅延トリガ

検出したいイベントが、Aイベントから全波形レコード長より離れたところにある場合は、遅延トリガを使用するとスクリーン上にイベントを表示することができます。Aイベントからの遅延は、時間 (3.2ns~3Ms) またはイベント数 (1~20億イベント) で設定できます。

■ A→Bシーケンス・トリガ

最も要求の厳しいアプリケーションでは、観測が必要な回路の振る舞いを完全に特定するには1つのトリガでは不十分です。冒頭のたとえ話に戻ります。写真を撮ろうとして車を止めたところ、より興味の湧く光景を見つけました。一羽のワシが止まり木の上で羽を休めているのです。カメラの機能(ズーム、シャッタ速度など)を使って、これを撮影します。このシーンと同様に、高速のロジック回路では、イベントのシーケンスに基づいてトリガした方が望ましい場合がよくあります。そして、このような場合に、第2イベントまたはBイベントを定義します。

Bトリガ回路は、設定された時間(Delay by Time)またはイベント数(Delay by Events)の後に発生するイベントを検出するように設定します。時間またはイベント数の条件を満たすと、Bイベント回路は次に起こるイベントを取込むために待機します。従来のトリガ・システムでは、Bイベント・トリガはエッジによるトリガのみに限定されており、Aイベントの条件が満たされた後、スレッシュホールドを横切るのがBイベントの唯一の条件でした。

先にも説明したように、Pinpointトリガではより汎用性の高いデュアル・トリガ・システムを装備しており、Bイベントについても豊富なトリガ・タイプを使用することができます。Aイベント/Bイベントはメニューが似ており、指定できる条件の範囲も同じです。

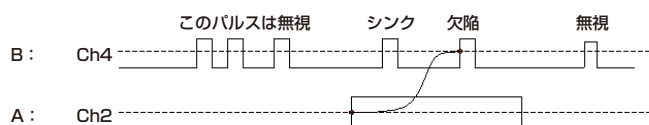


図8. ディスク・ドライブのリード・ゲート・シーケンス

リセット・トリガ

A→Bシーケンスを使用すると、複雑なシステムの一連のパルス・イベントの中で、目的のイベントに行き着くことができます。たとえば、SOF (Start Of Frame) パルスをAイベントで使用し、クロック・パルスをBイベントで使用すると、n番目のBイベントを選択することで、SOFからnクロック・サイクル後のシステム動作を観測することができます。Delay by Timeトリガは、シンク・パルス後の特定の時間、たとえば1 μ sの動作は無視したい場合に使用します。

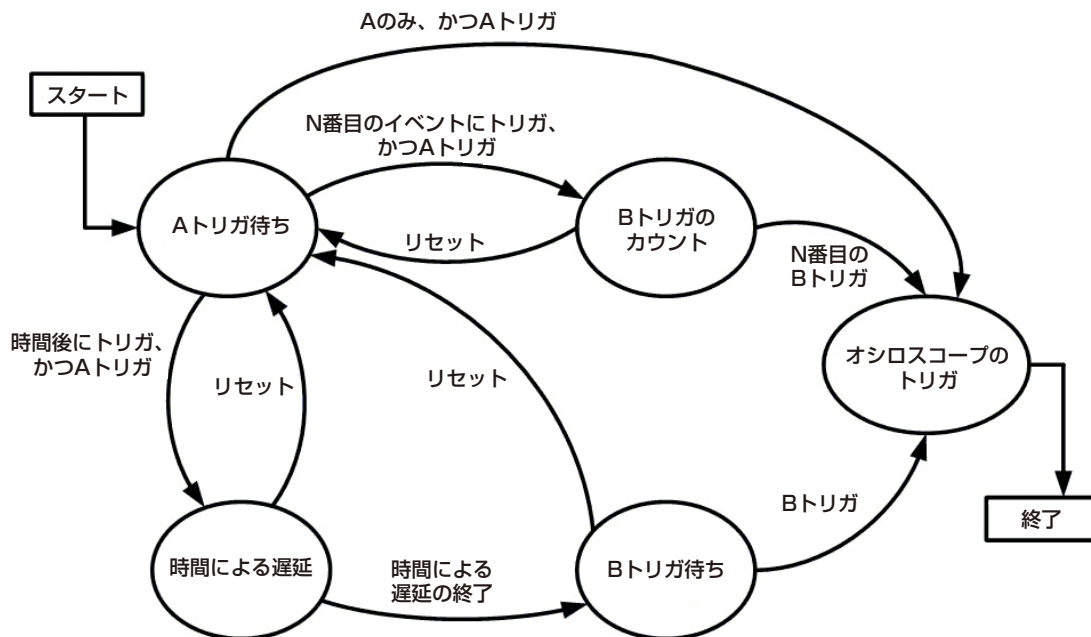
図8のタイミング・ダイアグラムは、ディスク・ドライブの一般的なアプリケーションの例ですが、これに限らず、波形のある部分を無視する必要があるその他のデバッグ・アプリケーションにも使用できます。図8の例では、デバイスのリード・ゲート・チャンネル信号が高い場合の欠陥データのみを識別する必要があります。この場合、Ch2はリード・ゲート・チャンネル信号に接続し、Ch4は読み取られるデータを観測します。したがって、Ch2がローの間はデータ信号を無視し、データに大量のパルスがある場合はCh4にトリガすることが必要です。従来のトリガ・システムでは、Bイベントの観測を中止することはできません。次に来るBイベントをトリガするだけです。Bイベントが来なければ、来るまでいつまでも待ち続けます。Pinpointトリガでは、A→Bシーケンス・システムにTrigger Reset機能を追加し、特定のリセット条件を満たした場合はBイベントを待つことを中止することができます。



図9. ドライブの欠陥でトリガ

リセット・トリガにより、シーケンス設定に次の3つの選択肢が追加されます。それは、指定した時間経過後にAトリガをリセットすること (Reset by Timeout)、指定した立上り/立下りトランジション後にAトリガをリセットすること (Reset by Transition)、および、ロジック・ステートが合致した場合にAトリガをリセットすること (Reset by State) です。

図9は、Reset by Stateを使用して、データ信号のシンク・パルス後の3番目のパルス (欠陥) にトリガした例です。Aイベントは、データ信号のゲート信号 (Ch2、青の波形) のエッジ・トリガです。A→B Sequence By Eventsを使用して欠陥パルスにトリガします。ゲート信号がローの状態に戻るロジック条件を満たすと、トリガ・シーケンスはリセットされます。トリガ・シーケンス全体としては、欠陥が検出された場合にのみ確実にトリガします。



Aトリガ	遅延	リセット	Bトリガ
エッジ グリッチ* パルス幅* タイムアウト* ラント* トランジション* ウィンドウ* セットアップ/ホールド* パターン ステート	時間または n番目のBイベント 4.8ns~3Msで 時間遅延 1から 2×10^9 回の イベントで遅延	タイムアウトで、 ステートで、 トランジションで、 またはなし Ch1~Ch4 またはAUXで、 個別のスレッシュホールドと 条件でリセット	エッジ グリッチ* パルス幅* タイムアウト* ラント* トランジション* ウィンドウ* セットアップ/ホールド* パターン ステート

*このトリガ・タイプは、2つのロジック信号でさらに条件付けが可能。

図10. Pinpointトリガ・ステート・マシン

シーケンシャル・ロジック・トリガ

上記で説明したように、デュアルA/Bイベント・トリガとリセット・トリガを組み合わせると、トリガする（またはトリガしない）

イベントのシーケンスを設定することができます。シーケンシャル・ロジック・トリガ・イベントを表すステート・マシンを図10に示します。

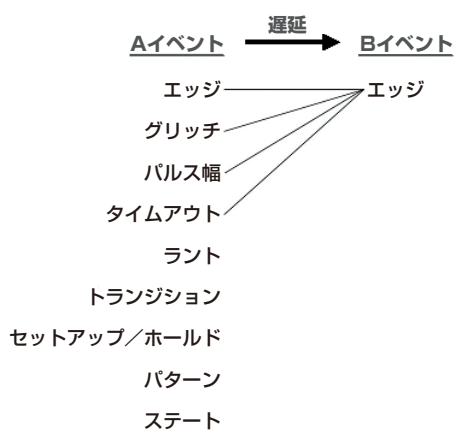


図11a. 従来のトリガ - 17通りの組合せ

広がるトリガの選択肢

Pinpointトリガ・アーキテクチャは、オシロスコープの効率と有効性に関する新基準を確立しました。リセット・トリガとデュアルA/Bイベント・トリガを追加することで、従来最大でも約17

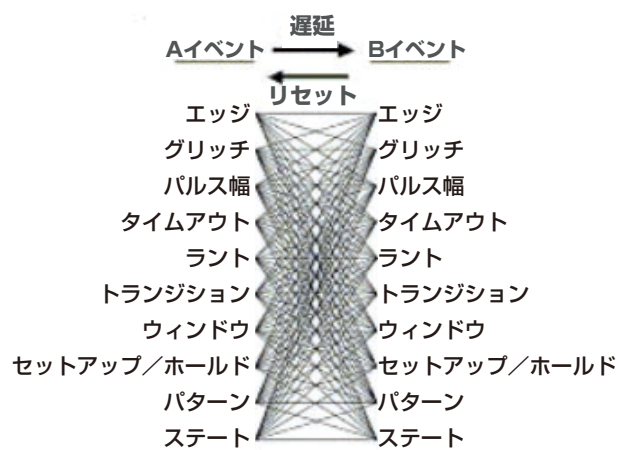


図11b. Pinpointトリガ - 1445通りの組合せ

通りの組合せだった標準トリガの選択肢（図11a）が、図11bに示すように1400通り以上に増えています。これらの組合せにより、疑わしいエラー条件をより高い精度で定義することができ、迅速に原因を特定することが可能になります。

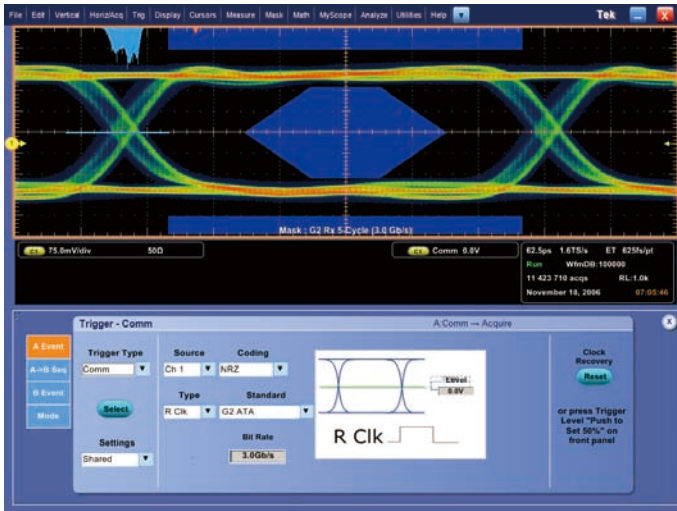


図12. コミュニケーション・トリガ

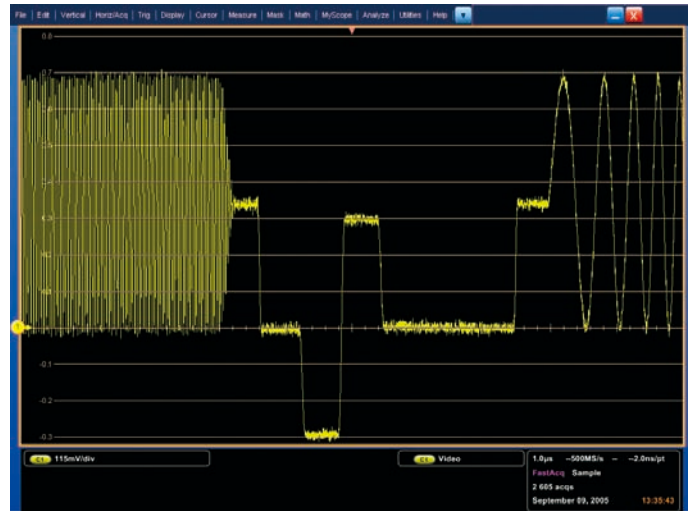


図13. ビデオ・トリガ

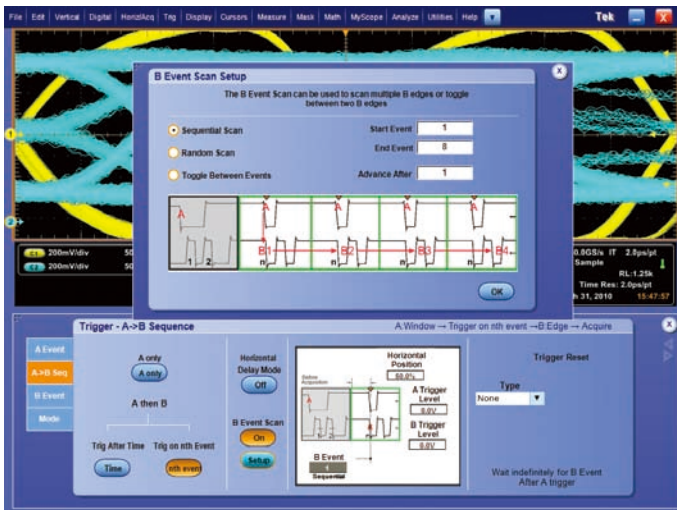


図14. DDR3のBイベント・スキャン・トリガの設定

アプリケーション固有のトリガ

Pinpointトリガ・システムのAイベント・メニューには、コンピュータ・プラットフォーム、通信、ネットワーク、ビデオなどで使用される複雑なフォーマットの信号を扱う作業を簡単にするためのトリガ・タイプが追加されています。

コミュニケーション・トリガ

コミュニケーション (Comm) トリガは、Pinpointトリガ・システムのAイベント・メニューにあります。マスク・テストには、波形をトリガして標準規格のマスク・テンプレートと比較することも含まれています。選択できるのは、1.5GbpsまでのAMI、

HDB3、BnZS、CMI、MLT3、NRZのエンコード通信信号と、6.25Gbpsまでの8B/10Bエンコード・シリアル・データです。図12は、Serial ATA検証用の3Gbpsアイ・ダイアグラムの例です。波形は、細色のマスク領域（違反領域）には触れていません。マスクのほか、ヒストグラム（エッジが互いに交差するポイントの上部に表示される薄い青のイメージ）が表示されていますが、これは信号に含まれる複合ジッタを表しています。

ビデオ・トリガ

ビデオ・トリガ機能は、DPO7000シリーズ・オシロスコープに標準で装備されています。ソリューション・レンジとしては、NTSC、SECAM、PALビデオ信号における、フィールドの任意のライン、全ライン、全フィールド、奇数または偶数フィールドの標準ビデオ・トリガが第一に挙げられます。表示目盛は、IREまたはmVスケールで表示できます。1080i、1080p、720p、480pなどのアナログHDTV/EDTVトリガが内蔵されており、高品位ビデオが急速に普及している分野で役に立つことが期待されます。図13は、HDTVトリガ設定にて取込んだ波形です。

メモリ・システムのトリガ

DDR3信号の検証では、特定のリードまたはライト・バーストを長時間（数時間）にわたって確実に取込むことが必要です。Pinpointトリガ・システムのBイベント・スキャン・トリガとエンハンスド・トリガ・モードを使用すると、オシロスコープのトリガ・ジッタを最小にできるため、数多くの波形取込みにおけるバーストの各ビットの真のアイ開口を表示することができます。図14に示すように、DDR3などのハイスピード・メモリ・システムで必要となる、正確で効率的なタイミング検証が可能になります。



図15. ロー・スピード・シリアル・プロトコル・トリガ



図16. シリアル・パターン・トリガ

ロー・スピード・シリアル・プロトコル・トリガ

DPO7000シリーズには、もう1つのシリアル・トリガが装備されています。それが、ロー・スピード・シリアル・プロトコル・トリガです。シリアル・プロトコル・トリガは、I²C、RS-232、SPI、CANという4種類の一般的なロー・スピード・シリアル・バスに特化した機能です。利用できるトリガ条件は規格によって異なりますが、どの規格についても、最も一般的なシーケンスを使用できるようになっています。たとえば、I²Cトリガ設定には、スタート・コンディション、ミッシング・アクノレッジ、データなどが含まれています。CAN設定には、データ、リモート、オーバーロード・フレーム・タイプ、アイデンティファイヤ、データ、ミッシング・アクノレッジ、ビット・スタッフィング・エラーなどが含まれています。

図15は、アドレス01でトリガして表示したI²Cの取込み画面の例です。MSO70000シリーズでは、I²C、SPIのシリアル・バスにおいてロースピード・シリアル・プロトコル・デコードとバス・トリガが利用できます。このトリガ機能により代表的なシリアル・バスをモニタすることができ、MSO70000シリーズの20GHzアナログ・チャンネル帯域でよりハイスピードな設計にも集中することができます。バス・トリガは、I²CまたはSPI規格に関連したプロトコル・ワードにトリガするように設定できます。

Pinpointトリガを使用した、高速シリアル・バス設計の検証

高速の信号伝送では、シリアル・バスが一般的になりました。PCI Express、XAUI、InfiniBand、Serial ATAなど、多くの規格では、差動技術を使用してデータやクロック信号を伝送しています。クロックはデータに埋め込まれていて、信頼性の高いクロック抽出のために8B/10Bエンコーディングがしばしば使用されます。そ

して、マルチレーンのシリアル構成の登場が、さらに事態を複雑なものにしています。4、8またはそれ以上のシリアル“レーン”は、信号成分をトランスミッタからレシーバまで高データ・スループット（周波数帯域）で送ります。Pinpointトリガは、マルチレーン・タイプを含むシリアル・バスの性能検証とコンプライアンス測定に適しています。

シリアル・パターン・トリガ

当社DSAシリーズに標準で装備されているシリアル・パターン・トリガは、6.25Gbpsまでのレートのシリアル・バス、または1.5Gbpsの平行・データ・バスのデータ取込みに適しています。シリアル・パターン・トリガは、64ビット長、8B/10Bエンコード・シリアル・データでは40ビット長までのパターンにトリガすることができ、今日の多くのバスをサポートする非常に強力なデバッグ・ツールです。図16は、8B/10BエンコードによるPCI Express 5Gbpsの1111111のビット・ストリームを示しています。

パターン・ロック・トリガ

この機能は、優れた時間軸精度で長いシリアル・テスト・パターンを同期しながら取込むことができます。

ジッタ/タイミング解析を実行するとパターン・ロック・トリガが使用され、長いシリアル・パターンからランダム・ジッタを検出して除去します。データ・レートは6.25Gbpsまでサポートされており、パターン・ロック・トリガを使うことで特定のビット・トランジションを検出し、マスク・テストにおいてデータをアベレーシングすることができます。この機能は、DSA70000Bシリーズでは標準で、DPO70000Bシリーズ、MSO70000シリーズではOpt. PTHで装備されます。

シリアル・レーン違反トリガ

マルチレーンの高速シリアル通信リンクは、各レーンのタイミングのずれが一定の誤差内にとどまっている場合にのみ効果的に機能します。そこで一部で用いられているのが、オシロスコープを使用してレーン間の時間スキューを測定するという方法です（1つのデータ・ストリームの1つのキャラクタにトリガし、レーン間のスキュー時間を観測します）。しかし、このような単純な方法では、長い時間間隔において各レーンが時間的に相関がとれていることを確認することはできません。

シリアル・レーン・スキュー違反トリガでは、任意の2レーン間のトレランスを外れた時間スキューにトリガすることで、この問題を解決します。レーン・スキュー違反のパス/フェイル・テストは、Pinpointトリガ・システムのデュアルA&Bトリガとリセット・トリガを使用することで実行します。オシロスコープは指定期間(分、時間、日、またはそれ以上)に渡って、トレランスを外れたレーン間の時間スキューを待機し、トリガします。スキュー時間で違反したイベントは取込まれて表示され、アキュジション・カウンタでカウントされます。

レーン0の最初のトリガ・イベント (Aイベント) はコンマ・キャラクタで、パルス幅トリガで取込み、レーン1の2番目のトリガ・イベント (Bイベント) はコンマ・キャラクタで、同様にパルス幅トリガに設定します。仕様では、レーン0のイベントの後24.8ns以内にレーン1の同じイベントが発生しなければなりません。最小時間で遅延を設定してイベントBを待ち、リセット・トリガをトレランス仕様の24.8nsに設定します。図17は、オシロスコープを使用してレーン・スキュー違反でトリガした例です。

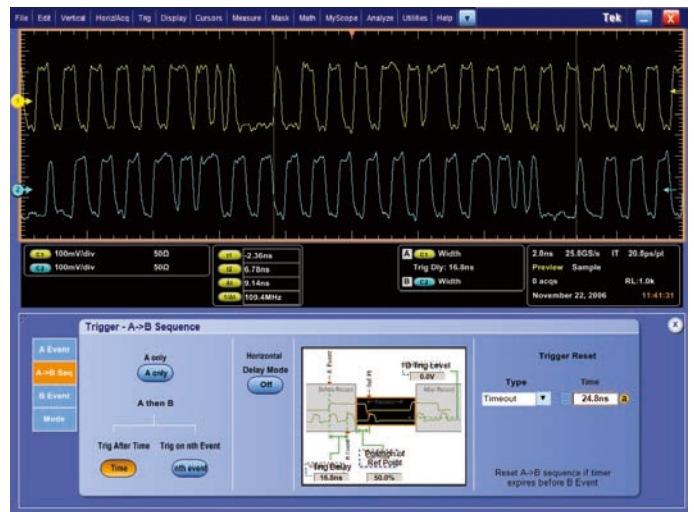


図17. シリアル・レーン違反トリガ



図18. ビーコン幅違反トリガ

ビーコン幅違反トリガ

規格に準拠しているシリアル通信デバイスの中には、電源が投入されると、特殊なパケット・ヘッダと可変長データ・ブロックから成る“ビーコン”信号を発行して、通信チャンネル内における自らの存在を通知するものがあります。この電源投入時にエラーが発生すると、ビーコン信号に余計な追加情報が含まれ、その状態が長く続くことがあります。従来、このような可変長ビーコン信号が規定幅に対して違反した場合、トリガできませんでした。

Pinpointトリガと強力なA、Bイベントの設定により、この問題を解決することができます。Aイベントは、K28.5キャラクタで5つの“1”または5つの“0”のパルス幅でトリガすることにより、ビーコン信号のヘッダ・パケットのK28.5コマ・キャラクタを検出します。ビーコン信号幅よりも長くなるようにトリガ・ホールドオフを設定することで、Aトリガはビーコン信号の最初のみが発生します。

Bイベントは、タイムアウト・トリガを使用してビーコン信号の終わりを認知し、信号のアイドル状態を検出します。ビーコン幅の違反時間ウィンドウの始まりは、ビーコン幅の仕様のトリガ遅延時間の終わりによって定義されます。ビーコン幅の違反時間ウィンドウの終わりは、リセット・タイム・アウトによって定義されます。このトリガ設定により、オシロスコープは違反時間ウィンドウ内でビーコン信号の終わりが発生した場合にのみトリガします。図18は、最小3.0msの仕様に対して違反したビーコン信号の例です。



図19. プロトコル・トリガとデコード

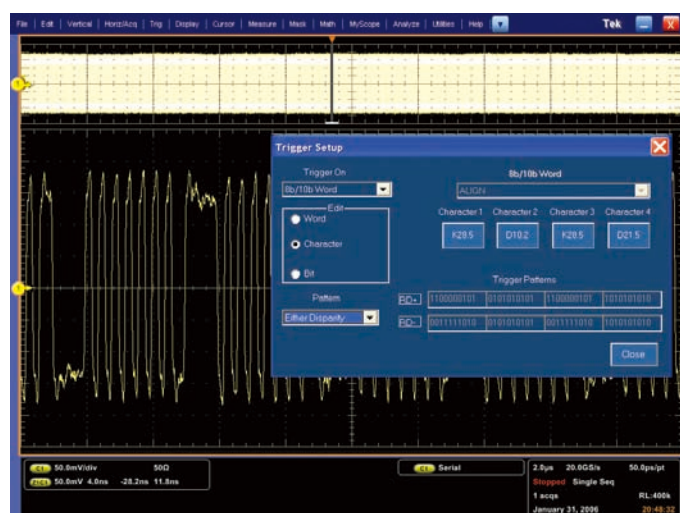


図20. プロトコル・トリガの設定メニュー

8B/10Bプロトコル・トリガとデコード

PTD (Protocol Trigger and Decode) ソフトウェアを使用すると、取込み波形（高速シリアル信号）から8B/10Bデータを自動的にデコードすることができます（図19の下部を参照）。同じ画面にシンボル・リストが表示されるため、デジタル・データを容易に検証することができます。PTDでサポートされるハイスピード・シリアル規格のプロトコルには、PCI Express、Serial ATA、Serial Attached SCSI (SAS)、Gigabit Ethernet、Infinibandなどがあります。

図20は、PTDソフトウェアのトリガ設定メニューです。このメニューから、8B/10Bデータの任意の4つのシンボル（40ビット）にトリガするよう設定することができます。これは、シリアルライザ/デシリアルライザ（SerDes）ベースのトリガであり、ディスパリティとキャラクタ・エラーに対してリアルタイムに対応することもできます。

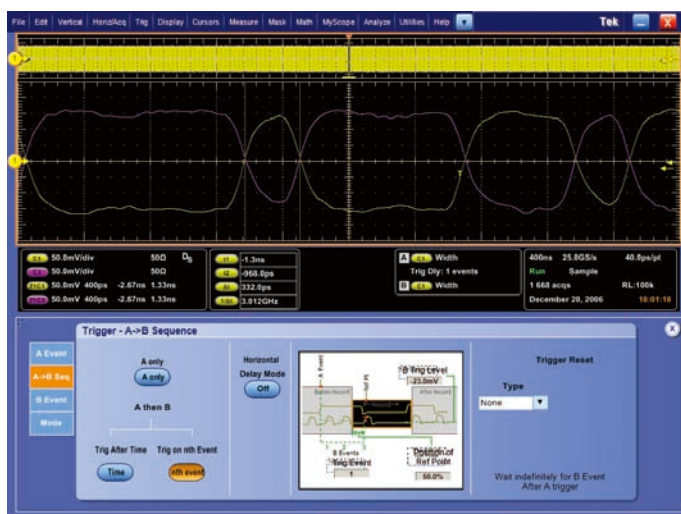


図21. 孤立ビット・パターンのトリガ設定

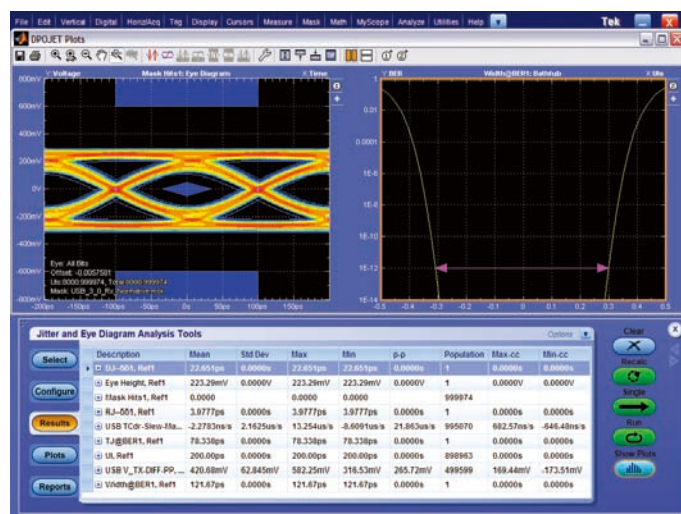


図22. DPOJETによる孤立ビット・パターン

トリガ条件によるジッタ解析

ほとんどのシリアル伝送規格では、一兆分の一あるいはそれ以下のBER（ビット・エラー・レシオ）、いわゆる 10^{-12} BERが要求されています。シリアル検証におけるタイミング、振幅、ジッタの振る舞いは、DPOJETジッタ/アイ・ダイアグラム解析ソフトウェアを使用して測定することができます。このツールセットはDSA70000Bシリーズに標準で、DPO70000Bシリーズ、MSO70000シリーズではオプションで装備されており、Analysisメニューからアクセスすることができます。DPOJETソフトウェアは、“スペクトラム”手法を使って 10^{-12} BERにおけるトータル・ジッタを予測します。

DPOJETソフトウェアは、任意のパターンまたは繰り返しパターンで解析を行うことができます。シグナル・インテグリティ測定用のテスト・パターンは、業界団体によって規定されています。これにより、被測定デバイスにワーストケースのストレスを加えて測定するよう、統一が図られています。波形の特定のセクションでジッタを測定しなければならないこともよくあります。その場合に役に立つのがトリガ条件です。

例として、Serial ATA IIデバイスのLBP（Lone Bit Pattern）を考えてみましょう。LBPは、周囲のビットとは異なる、孤立ビットを含んだ一連のワード（00001000など）です。ビット間隔を333psとすると、00001000という孤立ビットの表現は、1.33nsの負のパルスの後に333psの正のパルス、次いで999nsの負のパルスが続いていることとなります。トリガ条件によるジッタ解析を行うには、孤立ビット・パターンをデータ・ストリーム内のユニークな存在として区別する必要があります。

3Gbpsで8B/10Bトリガを使えば、LBPを検出してオシロスコープをトリガできると思われるかもしれませんが、残念ながらできません。これは、8B/10Bトリガはコマ・キャラクタによってトリガ・システムと同期しているためです。このケースでは、トリガ・システムでビットごとに精査して孤立ビットを特定しなければなりません。正解は、A-Bシーケンス・トリガを使用し、Aイベントは孤立ビットの前の0000シーケンスでトリガするように設定し、Bイベントは孤立ビットより後の000シーケンスでトリガするように設定するという方法です。図20に、この手順のトリガ設定を示します。

LBPに安定してトリガすることで、連続した数多くのトリガが必要なジッタやアイの解析を実行することができます。図22に、LBPパターンをDPOJETで解析した結果を示します。

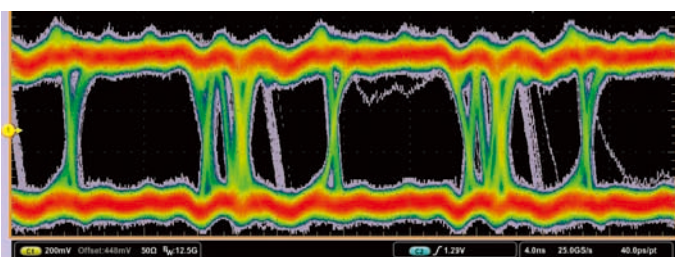


図23. FastAcqにより明らかになる問題点 (グレイの表示)

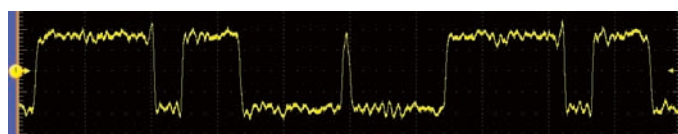


図24. Pinpointトリガで検出されたグリッチ



図25. Pinpointトリガのトリガ・タイプ設定

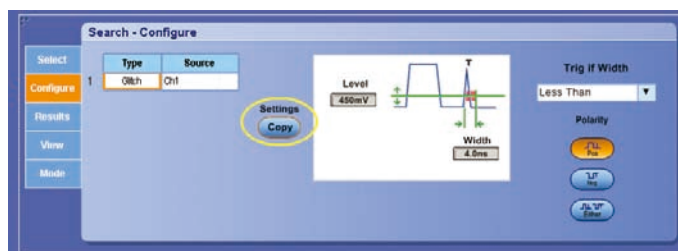


図26. グリッチの検出方法を設定し、拡張サーチ/マークへコピー

拡張サーチ/マーク

拡張サーチ/マーク機能はPinpointトリガ・システムを強化する機能であり、シグナル・インテグリティ、タイミング問題の解決に適しています。Pinpointトリガと拡張サーチ/マーク機能を併用することで、特定の信号の特定のポイントを正確に検出することができます。これにより、効率的なデバッグが可能になり、より詳細な波形解析が行えます。

拡張サーチ/マーク (ASM) では、Pinpointトリガ・システムとほぼ同じトリガ・タイプが使用でき、取込んだ波形をスキャンし、特定のイベントを検出することができます。ハードウェアによるトリガでは一度に1つのイベントしか見ることはできませんが、サーチ/マーク機能では複数のイベントを同時に観測することができます。例えば、複数のチャンネルのセットアップ/ホールド時間違反を観測することができます。また、DDRメモリのデータ波形のリードまたはライト・バーストの開始、終了を同時に観測することができます。高速なサンプル・レートとも相まって、ASMは高速信号においてハードウェアベースのトリガよりも高い分解能でスキャンすることができます。また、フィルタリングなどの関数、またはスペクトラム解析などを施した演算波形にトリガすることもできます。

図23は、ASMの機能と利点を代表的なデバッグ例で示しています。FastAcqで取込んだ波形を示しており、信号に含まれる問題点が表示されています。間欠的に発生するイベントがグレイで表示されており、正しくないエッジがところどころに見られます。

グリッチや不正なトランジションが疑われる場合は、Pinpointトリガを使用し、設定した幅よりも狭いパルスを検出します。このようにして検出されたグリッチの例を図24に示します。

さらにASMを使用すると、何が起こりつつあるか、また原因は何かを理解できます。図25に示すように、Pinpointと関連したトリガ・タイプが選択でき、取込んだ波形をスキャンすることができます。検出方法のパレットには、セットアップ/ホールド違反など、シグナル・インテグリティ問題などを検出するための数多くの選択肢が用意されています。図26では、サーチ・メニューでグリッチが選択され、さらにパラメータが設定されています。

PinpointトリガはASMと統合されており、一方のトリガ設定はもう一方のトリガ設定にもすばやく適用できます。この例では、Setting Copy機能により、ボタン操作でPinpointトリガのグリッチ・トリガをASMのグリッチ・サーチにコピーします。この機能により、リアルタイムのトリガ・システムと後処理によるサーチ機能の間での間違いを防ぐことができ、時間の短縮にもなります。

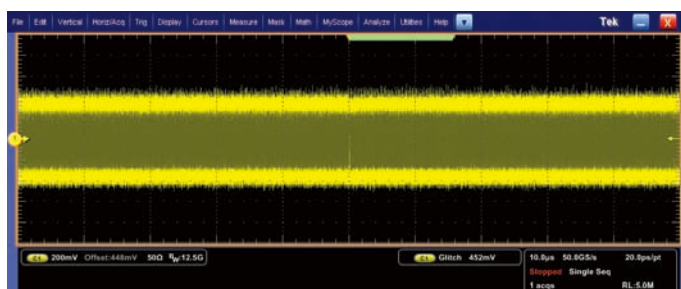


図27. 5Mポイント波形のサーチ結果

ここでは、グリッチ・トリガでサーチと設定されており、その条件に合致した位置が示されます。図27は5Mポイントの波形での結果を示しており、4ns未満の正のパルスが検出されています。

図27のディスプレイ上部の緑色のマークは、ASMのサーチ条件で実際に検出したイベントの集まりを示しています。同じような波形に見えますが、ASMはグリッチの条件に合った数多くのイベントを検出しています。

図28は、一つ一つのマークを詳細に観測するためにズーム表示しています。画面右のPrev、Nextを選択することで、さまざまなマーク・ポイントを詳細に観測することができます。上の波形は、5Mポイントで100 μ sの時間になっています。

図28の下段では、2番目のマーク・ポイントの周りの波形をズーム表示しています。画面全体で1 μ sとなっており、2番目のマーク周辺を詳細に観測しています。ズーム倍率は任意に変更でき、より詳細に観測したり、倍率を下げて全体を観測することもできます。この例では、マーク1~4を比較しています。信号の不具合は、この繰り返しイベントが原因ではないかと推定されます。

従来のハードウェア・トリガ・システムは、一度に一つの信号特性しか対応できないため、他の条件を無視することになり、数多くの障害を検出するためにはさまざまなトリガ・タイプのシーケンスが必要になります。テクトロニクス社のサーチ／マーク機能はPinpointトリガ・システムを補完しており、複数の波形において複数の条件で同時に効率良くサーチすることができます。

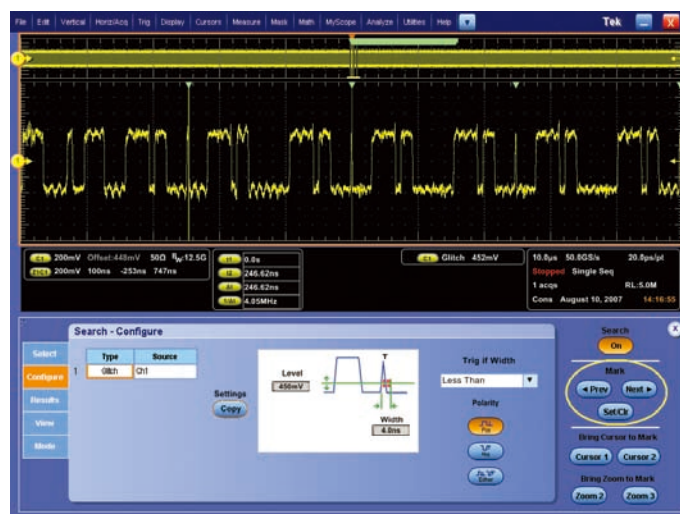


図28. ズーム表示

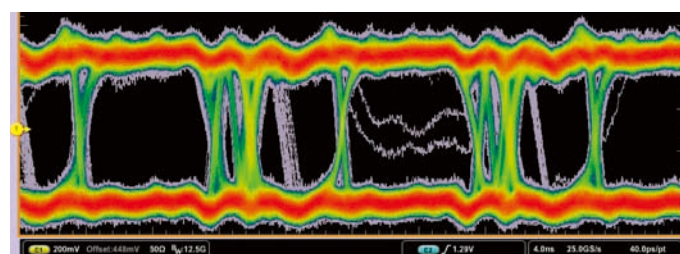


図29. 拡張サーチ／マークによる複数のサーチ方法

ASMの複数サーチで同時に障害を検出している例を図29に示しています。ASMでは同時に最大8種類のサーチが行えるため、一つまたは複数の波形で数多くのイベントを検出することができます。FastAcqにより、不適切なエッジや、スレッシュホールド間の長いトランザクション、完了しないトランザクションなども検出することができます。



図30. サーチ条件でグリッチとウィンドウを選択

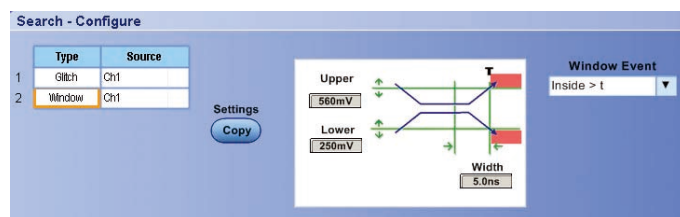


図31. ウィンドウ・サーチの条件設定

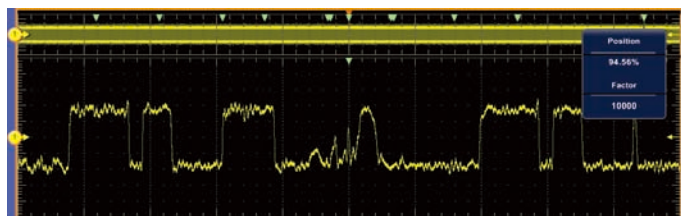


図32. グリッチとウィンドウによるサーチ結果

図30は、サーチ・パレットからグリッチとウィンドウが選択され、右の一覧表に表示されている様子を示しています。あと6つのサーチ条件が、Ch1またはその他のチャンネルで設定できます。こうすることで、設定しなおすことなく複数のチャンネルで複数の障害条件を設定することができます。それぞれのサーチは独立して設定できるため、Ch1で異なったスレッシュホールドまたは異なったパルス幅で別のグリッチを設定することもできます。

ウィンドウ・サーチは、グリッチ・サーチと同様の方法で設定できます。図31の例では、上下のスレッシュホールド電圧内、または5ns以内のグリッチ幅の信号をそれぞれのサーチで取込むように設定しています。ウィンドウ・サーチでは、設定した領域を外れた信号、例えば設定範囲を逸脱したオーバーシュートやアンダーシュートなどを検出することもできます。

この2種類のサーチを実行した結果を図32に示しています。画面上部の緑の▼は、いずれかのサーチ条件に合致したポイントであることを示しています。この例では、最後のマークに移動してズーム表示しています。図33は、このサーチ結果を一覧表で表示しています。ウィンドウ・イベントとグリッチ・イベントが混在して検出されており、時間的な位置と条件なども表示されています。



図33. 結果一覧

設定をPinpointトリガと共有するだけでなく、長い波形取込みから繰り返し性のイベント、複雑なイベントを効率的に検出できるため、拡張サーチ/マーク機能は非常に優れた機能であるといえます。

入門書

図34はASMの結果一覧表です。イベントを一覧したり、長いレコード長でイベント間を瞬時に移動したり、長い時間間隔における正確なタイミング測定を計算することもできます。

ASMでは、イベント検出後に波形取込みを停止することもできます。これは擬似トリガ・モードとしても使え、波形データを取込み、さまざまなサーチ方法でスキャンできます。一つでもサーチ条件が一致した場合、波形取込みは停止し、一致したポイントにマークが付きます。条件が一致しない場合は再度取込みが実行され (Run Continuousモードの場合)、この操作を繰り返します。

このように、ASMはライブ波形または演算波形のスキャンとして使用したり、擬似トリガとしても利用できます。この動作モードはソフトウェアベースの後処理ですので、ハードウェアベースのトリガ検出に比べて時間がかかり、ハードウェア・トリガの代わりにはなりません。しかし、ASMのサーチ方法は頻繁に発生するイベントに対して使いやすく、正確です。

Index	Type	Src	Location	Time Delta					Description
				sec	ms	us	ns	ps	
3	Glitch	C1	494.36ns	000	000	000	247	740	+Glitch: width=1.88ns
4	Glitch	C1	742.16ns	000	000	000	247	800	+Glitch: width=1.78ns
5	Glitch	C1	889.96ns	000	000	000	247	800	+Glitch: width=1.8ns
6	Glitch	C1	1.238us	000	000	000	247	820	+Glitch: width=1.8ns
7	Glitch	C1	1.486us	000	000	000	247	900	+Glitch: width=1.88ns
8	Glitch	C1	1.734us	000	000	000	247	840	+Glitch: width=1.82ns

Total Marks: 64
AZ1.Z2
AZ2.Z3
AZ1.Z3

Search Marks: Save Save All Clear Digits >> << Digits All Marks Export Clear

図34. 結果一覧

まとめ

オシロスコープは電気の挙動を定量的に計測できるデバイスに変貌しました。これは、当社がトリガ技術に関して成し遂げた飛躍的革新の第一歩です。今日では、オシロスコープの用途は、わずか数psのランダム・イベントの取込みから、長時間の監視、解析まで広範囲に渡っています。そして、これらすべての用途で必要とされるのが、強力で汎用性のあるトリガ機能です。

最新のコンピュータ、シリアル・データ伝送システム、通信システムでは複雑な信号が使用されているため、トリガ機能については今後もさらなる改良が必要です。これに応える形で、当社はデュアルA-Bイベント・トリガ、ウィンドウ・トリガ、ロジック・クオリフィケーション、リセット・トリガなどの革新的なトリガ機能を備えたPinpointトリガ・システムを提供し、複雑な高速信号に対応します。

拡張サーチ／マーク機能はPinpointトリガ・システムを強化する、DPO7000シリーズ、DPO/DSA70000Bシリーズ、MSO70000シリーズの強力な機能です。Pinpointトリガ、高速なサンプル・レート、ロング・メモリとともに使用することで、シグナル・インテグリティ解析、システム・デバッグにおいて、数ある高性能オシロスコープの中でも最も強力で効率的なソリューションを提供することができます。

トリガ機能/仕様	DPO7000 シリーズ	DPO/DSA70000Bシリーズ/MSO7000シリーズ
トリガ感度	1.2div未満 (2.5GHz)	1.5div (6GHz)、2div (8GHz)、5div (11GHz)
トリガ・ジッタ	1.5ps _{rms} (代表値)	1ps _{rms} (代表値)
最小トリガ・パルス幅 (グリッチ)	170ps	150ps
Aイベント・トリガ・タイプ (アプリケーション特有の トリガについては下記に示します)	エッジ グリッチ* ラント* パルス幅* トランジション時間* タイムアウト* パターン ステート セットアップ/ホールド* ウィンドウ* (* 選択可能なロジック・クオリフィケーションを含む)	エッジ グリッチ*、ロジック・パターン (MSO70000シリーズでは最大20ビット長) ラント* パルス幅* トランジション時間* タイムアウト* パターン ステート セットアップ/ホールド* ウィンドウ* (* 選択可能なロジック・クオリフィケーションを含む)
Bイベント・トリガ・タイプ	Aイベント・トリガ・タイプと同じ	Aイベント・トリガ・タイプと同じ
トリガ・シーケンス	メイン Delayed by Time Delayed by Events Reset by Time, State, Transition	メイン Delayed by Time Delayed by Events Reset by Time, State, Transition
通信規格トリガ	2.5GbpsまでのAMI、HDB3、BnZS、 CMI、MLT3、NRZエンコード通信信号に対応	3.125GbpsまでのAMI、HDB3、BnZS、CMI、 MLT3、NRZエンコード通信信号に対応
ビデオ・トリガ	NTSC、SECAM、PAL：フィールドの任意のライン、 全ライン、全フィールド、奇数または偶数フィールド アナログHDTV/EDTV：1080i、1080p、720p、480p	— —
シリアル・パターン・トリガ	64ビット・シリアル・ワード・レコグナイザにより、 1.25GbpsまでのNRZエンコード・データにトリガ	64ビット・シリアル・ワード・レコグナイザにより 1.25GbpsまでのNRZエンコード・データにトリガ、 さらに40ビット・ワード・レコグナイザにより 6.25Gbpsまでの8B/10Bエンコード・データにトリガ
ロー・スピード・シリアル・プロトコル・ トリガ	SPI、I ² C、CAN、RS-232	SPI、I ² C* (* MSO70000シリーズのみ)
8B/10Bシリアル・プロトコル・トリガ	Serial ATA Serial Attached SCSI (SAS) FibreChannel Gigabit Ethernet Rapid IO	PCI Express Serial ATA Serial Attached SCSI (SAS) FibreChannel InfiniBand Gigabit Ethernet XAUI Rapid IO
サーチ/マーク・イベント (ベーシック)	任意のイベントと波形。任意のチャンネルの正/負のスロープをサーチ。検出されたすべてのイベントは表形式で一覧。 すべてのイベントは、トリガ・ポジションからのタイム・スタンプが付く。イベント検出時に取込みを停止することも可能。	
サーチ/マーク・イベント (アドバンス)	グリッチまたはラント、さらにトランジション・レート、パルス幅、セットアップ/ホールド、 タイムアウト、ウィンドウ違反をサーチ、または任意のチャンネルのロジックまたはステート・パターンを検出。 Opt. DDRAではDDRのリードまたはライト・バーストをサーチ。	



www.tek.com/ja

テクトロニクス／ケースレイインストルメンツ

各種お問い合わせ先：<https://www.tek.com/ja/contact-tek>

技術的な質問、製品の購入、価格・納期、営業への連絡、修理・校正依頼

〒108-6106 東京都港区港南2-15-2 品川インターシティB棟6階

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。

Copyright © 2022, Tektronix. All rights reserved. TEKTRONIX およびTEK はTektronix, Inc. の登録商標です。
記載された製品名はすべて各社の商標あるいは登録商標です。

06/10 55Z-17291-3