

Wave Inspector®による 優れた波形解析機能

はじめに

「ムーアの法則」が示すように、電子技術は急速に発展し、システム設計はこれまで以上に複雑化が進んでいます。これに伴って設計／試作／トラブルシュートはますます難しく、故障した場合の修理も困難になっています。これは、現代のオシロスコープにとってどのような意味があるのでしょうか。

回路設計が高速、複雑になると、オシロスコープではより長いレコード長、広い周波数帯域、高いサンプル・レートが求められるようになります。レコード長とは、オシロスコープが信号を取込んでデジタル化し、保存できるサンプル数です。レコード長が長いほど、高いタイミング分解能（高いサンプル・レート）で長い「時間ウィンドウ」を取込むことが可能になります。特定のアプリケーションで必要とするレコード長は、周波数帯域とサンプル・レートに直接影響を受けます。周波数帯域が広がると、高い周波数成分を正確に取込むためには、サンプリング・レートはおよそその5倍のスピードが必要になります。サンプル・レートが高速になると、同じ取込時間では、さらに多くのサンプル・ポイントが必要になります。

例えば、5GS/sで100MHzの信号を2ms取込むためには、10Mサンプル・ポイントが必要になります（ $2\text{ms} \div 200\text{ps}$ ）。低い周波数でも、ロング・メモリを必要とするアプリケーションは数多くあります。NTSCのビデオ信号を1フレーム（すべてのルミネンス情報を、100MS/sで1/30秒インターバルを2フィールド）取込むためには、3Mサンプル・ポイント以上必要になります（ $33\text{ms} \div 10\text{ns}$ ）。1MbpsのCANバスにおいて、電気・機械システムの診断のために数秒間のバス・トラフィックを適切な分解能で取込むためには、10Mポイントが必要になります。このような様々なアプリケーションにおいて、より長い時間ウィンドウを、より詳細に取込むという要求が高まっています。

すべてのデータの取込み

初期のデジタル・オシロスコープは短いレコード長しか装備していませんでした。当時オシロスコープで取込んだものすべては一画面上に表示できましたので、観測は容易でした。その後少しレコード長が長くなると、すべてのデータを見るために水平軸をスクロールさせることが必要となりました。しかし、波形データはわずか二画面分でした。その後4画面、8画面、20画面と大きくなりましたが、スクロールすることは大きな問題ではありませんでした。しかし、新しい世代のオシロスコープになり、ますますレコード長が長くなると、一回の取込みによる波形データすべてを見ようとすると、とても時間がかかるようになりました。

今では数Mポイントのレコード長が実現されており、これは数千画面分の波形データに相当します。わかりやすく比較するために、検索エンジン、ウェブ・ブラウザ、またブックマークを使わないで膨大なインターネット上の情報から何かを探することを考えてみてください。これは、ほとんど不可能なことです。しかし今までは、ロング・メモリをもったオシロスコープでデータを探すにはこのような方法しかなかったのです。もうおわかりのように、このような方法はもはや通用しなくなっています。

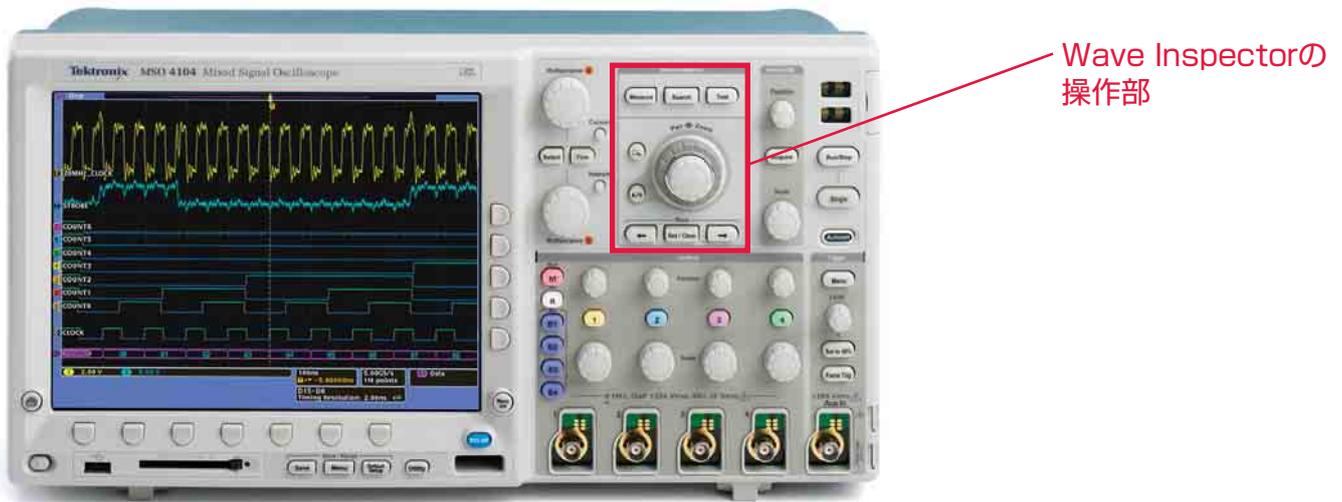


図1. 前面パネルのWave Inspector専用操作部により、効率的な波形解析が行える

Wave Inspectorによるナビゲーションとサーチ

MSO/DPO4000シリーズ、MSO/DPO3000シリーズ、MSO/DPO2000シリーズ・オシロスコープのWave Inspector機能の操作方法では、必要とするデータを長いレコード長から簡単に、効率よく見つけ出すことができます。

ズーム／パン

今日のほとんどのデジタル・オシロスコープには、ある種のズーム機能が装備されています。しかし、ズーム倍率やポジションなどの操作は、深いメニュー階層に埋もれていたり、他の前面パネルの操作を複雑に繰り返す必要があります。例えば、ズーム・ウィンドウのスクロールは、通常、前面パネルの水平ポジション・ノブを回して調整します。調べたいイベントをズームで拡大表示した後にズーム・ウィンドウを移動する場合、水平ポジション・ノブをひたすら回して、ゆっくりとウィンドウを別なポジションに移動するか、ズームを一度解除してウィンドウのポジションを決めた後、再度拡大表示します。シンプルなズーム操作をするだけなのに、深い階層のメニューをたどるなど、まったく効率的ではありません。

アプリケーション・ノート

図1Aに示すように、Wave Inspectorでは、前面パネル上に同軸に配置した2種類の専用ノブにより、波形を効率的にズーム／パンすることができます。内側のノブでズーム倍率を設定します。時計方向に大きく回すと、ズーム倍率も大きくなります。反時計方向に回すと倍率は小さくなり、最終的にはズームがオフになります。

外側のノブは、ノブを回す力とスピードに応じてパンの機能をコントロールできます。時計方向に回すと、ズーム・ウィンドウを波形の右側に移動でき、反時計方向に回すと左側に移動できます。大きく回すと、ズーム・ウィンドウは大きく移動します。図2の例では、外側のPanノブを回すだけで一つのポケットから次のポケットへと、すばやく移動できます。たとえ10Mポイントの波形取込みであっても、いちいちズーム倍率を変更することなく、ズーム・ウィンドウを次から次へとわずか数秒間で移動することができます。

図2は、PCバスにプロービングしたときの波形例です。上のウィンドウには取込まれた波形データのすべてが、下の大きなウィンドウには拡大された波形が表示されています。この例では、特定の2つのポケットにおけるデコードされたアドレスとデータを観測するためにズームしています。

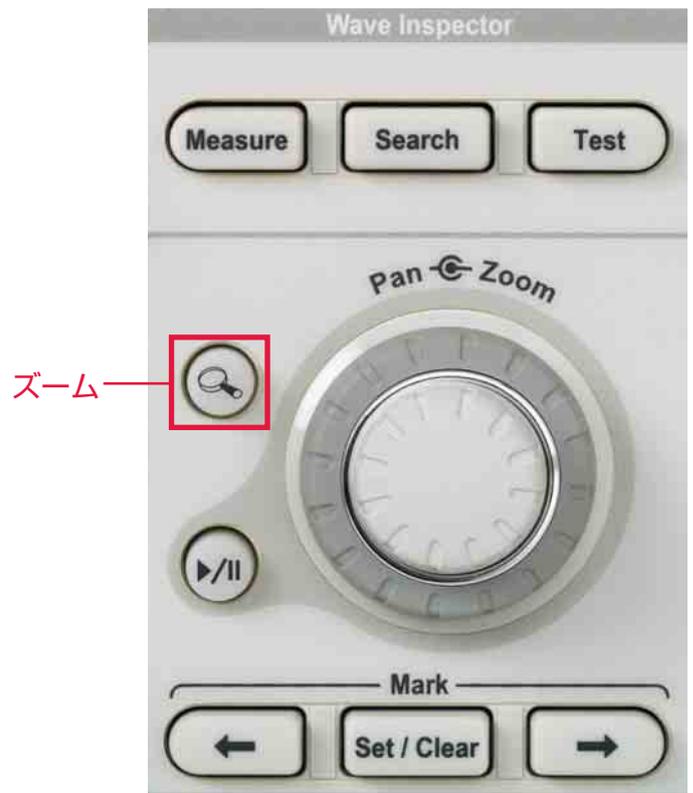


図1A. ズーム／パンのための専用操作部



図2. I²Cバスの長いアキュイジションを簡単に観測できる

再生／停止

デバッグでは、原因がわからないために、取込んだ波形から何を探せばよいのかわからないことがあります。しかし、問題を含んだ時間ウィンドウを取込んでいることはわかっていますので、取込んだデータを端から端まで見て疑わしい波形を探さなければなりません。多くのオシロスコープでは、水平ポジション・ノブを何回も回して探すことになります。Wave Inspectorでは、前面パネルの再生ボタンを押すだけで、ズーム・ウィンドウを自動的に移動することができます。再生スピードと方向は、Panノブで設定します。Panノブを大きく回すと、波形が高速に移動できます。これにより、ハンズフリーの波形再生が可能になりますので、波形の観測に集中できます。図2のI²Cバスを例にとると、デコードされたアドレスとデータで当たりを付け、バスの動きをモニタできます。探していたイベントを発見した場合は、再生／停止ボタンを押すだけで波形を止めることができます。

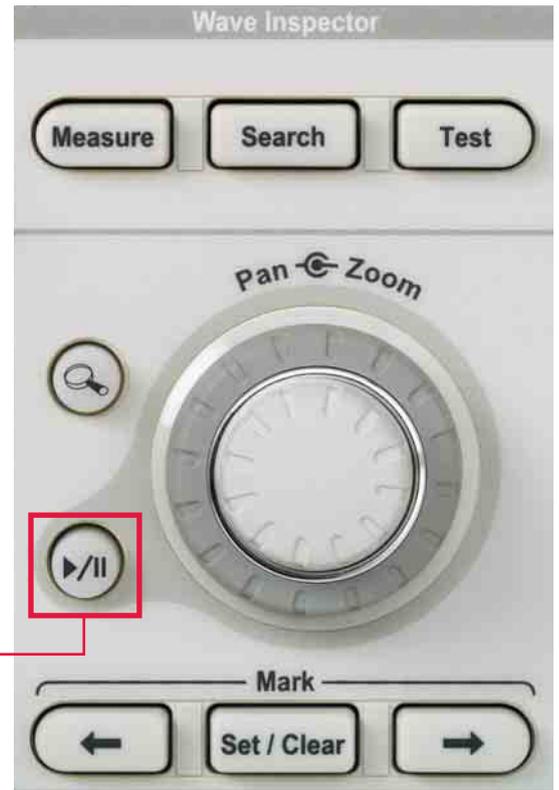


図2A. 専用ボタンによる波形の自動再生／停止

再生／停止

マーカ

問題となった原因を探する場合、さらに詳しく調べる必要がある波形を見つけることがあります。あるいは、DUT（被測定回路）で何かが起こっている目印として、残りの解析の中で基準ポイントとしたい波形を見つけることがあります。例えば、運転席のドア・スイッチで、助手席の窓を降ろすスイッチを押してから、実際に窓が動き出すまでの待ち時間を測定するケースを考えてみます。最初に見つけるのは、いつスイッチが押されたかです。次に、運転席ドア・スイッチのCANモジュールが、いつ助手席ドアのCANモジュールにコマンドを発行するかです。最後は、いつモータが動いて窓が降りるかです。これらのポイントで波形にマーカが付けられれば、タイミング測定のために各ポイント間をすばやく移動できます。Wave Inspectorを使うと、これが簡単に実行できます。

図3Iにおいて、Ch1は運転席ドアのスイッチ波形、Ch2はCANバス波形、Ch3は助手席ドアのモータ駆動波形です。



図2B. 専用ボタンによるマーカのセット/クリア、マーカ間の移動

マーカのセット/クリア



図3. CANバスにおいて待ち時間測定のためにマーカを設定した例

オシロスコープは、適切な識別子とデータにより、測定しようとするパケットにトリガするよう設定してあります。次に、前面パネルのSet/Clearボタンを押して波形の対象部分にマーカを設定します。マーカは、各波形ウィンドウの上部に、白い三角矢印で表示されます。Ch1の立上りエッジは、スイッチが押されたことを示します。運転席ドアのCANモジュールからのコマンド発行にトリガし、

ウィンドウが動き出すトランジションがCh3に表示されています。前面パネルの左右の矢印ボタンでマーカ間を前後にジャンプでき、カーソルを使ってすばやく簡単に待ち時間が測定できます。図3の例では、スイッチを押してからウィンドウが動き出すまでの待ち時間は58.8msと測定されています。これは、十分に許容できる時間です。

サーチとマーカ

Wave Inspectorでは、波形に手動でマーカを設定できるだけでなく、取込んだ波形すべてをサーチして、ユーザが設定したすべての条件に合致したイベントに対して自動的にマーカを付けることができます。例えば、レーザ・パルスを取込むケースを考えてみます。レーザ・パルスは約 $20\mu\text{s}$ おきに発生します。パルス幅は 15ns しかありません。レーザ・パルスの形状を評価し、パルス間隔を測定したいのですが、パルスから次のパルスに移動するためには $20\mu\text{s}$ ほどのデッドタイムをやり過ごす必要があります。これをすべてのパルスで繰り返す必要があります。おわかりのように、ポジション・ノブを繰り返し回すことなく、パルスからパルスに簡単に移動できることが望ましい方法です。



図3A. Wave Inspectorの強力なサーチ機能により、ユーザが定義したすべての条件に合致したイベントを検出できる

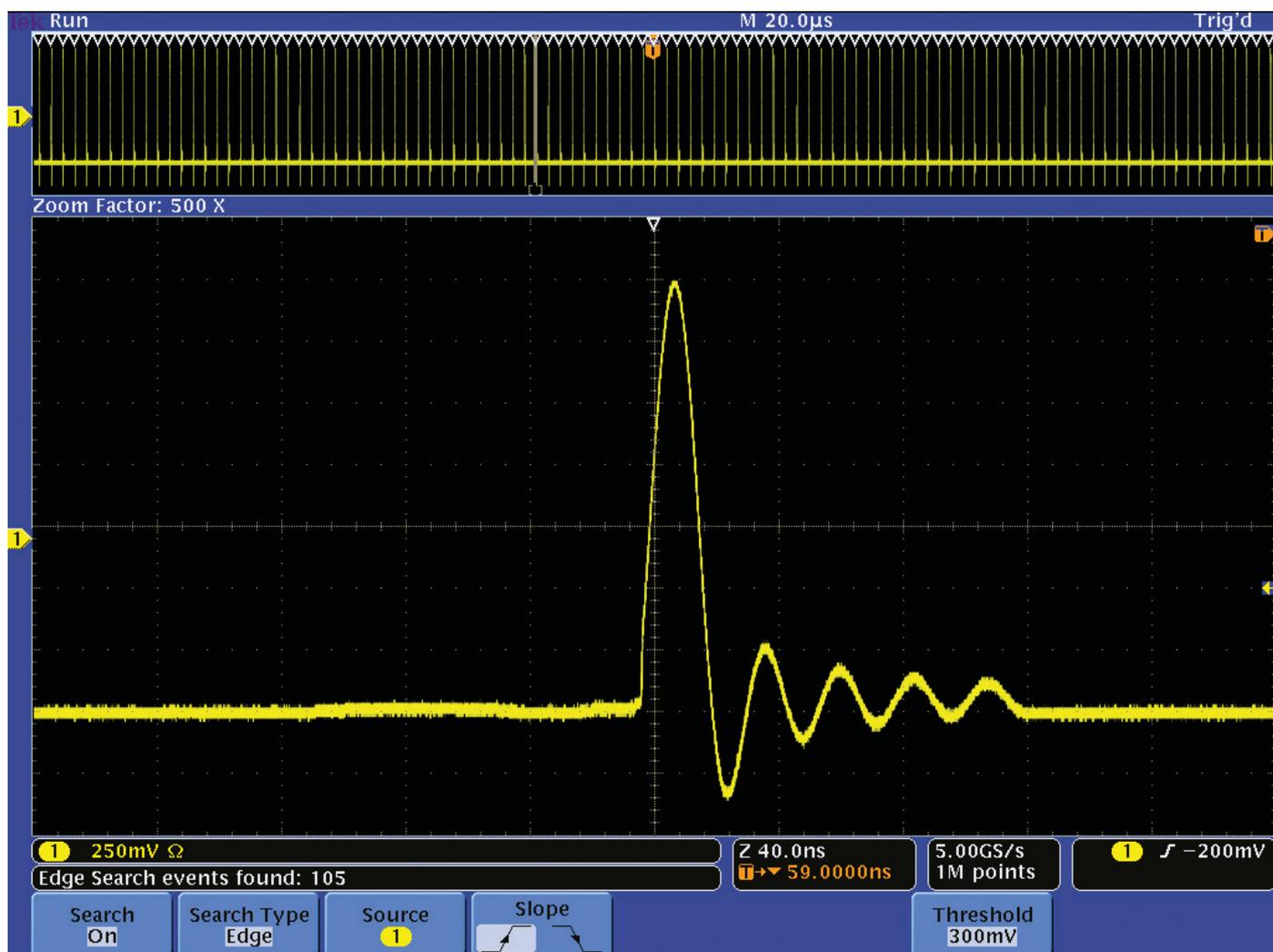


図4. 300mVのスレッシュホールド・レベルを横切るすべてのパルスにマーカを付けている

図4は、300mVのスレッシュホールドを横切る立上りエッジをサーチするという、簡単な設定の例です。サーチによって設定されたマーカは、各波形ウィンドウの上部に、白枠の三角矢印で表示されます。このサーチ例では、105個のマーカが付いています。これにより、

前面パネルのWave Inspector操作部の矢印ボタンを押すだけで、各パルスに次々にジャンプすることができます。ズーム倍率やポジションの調整は不用です。

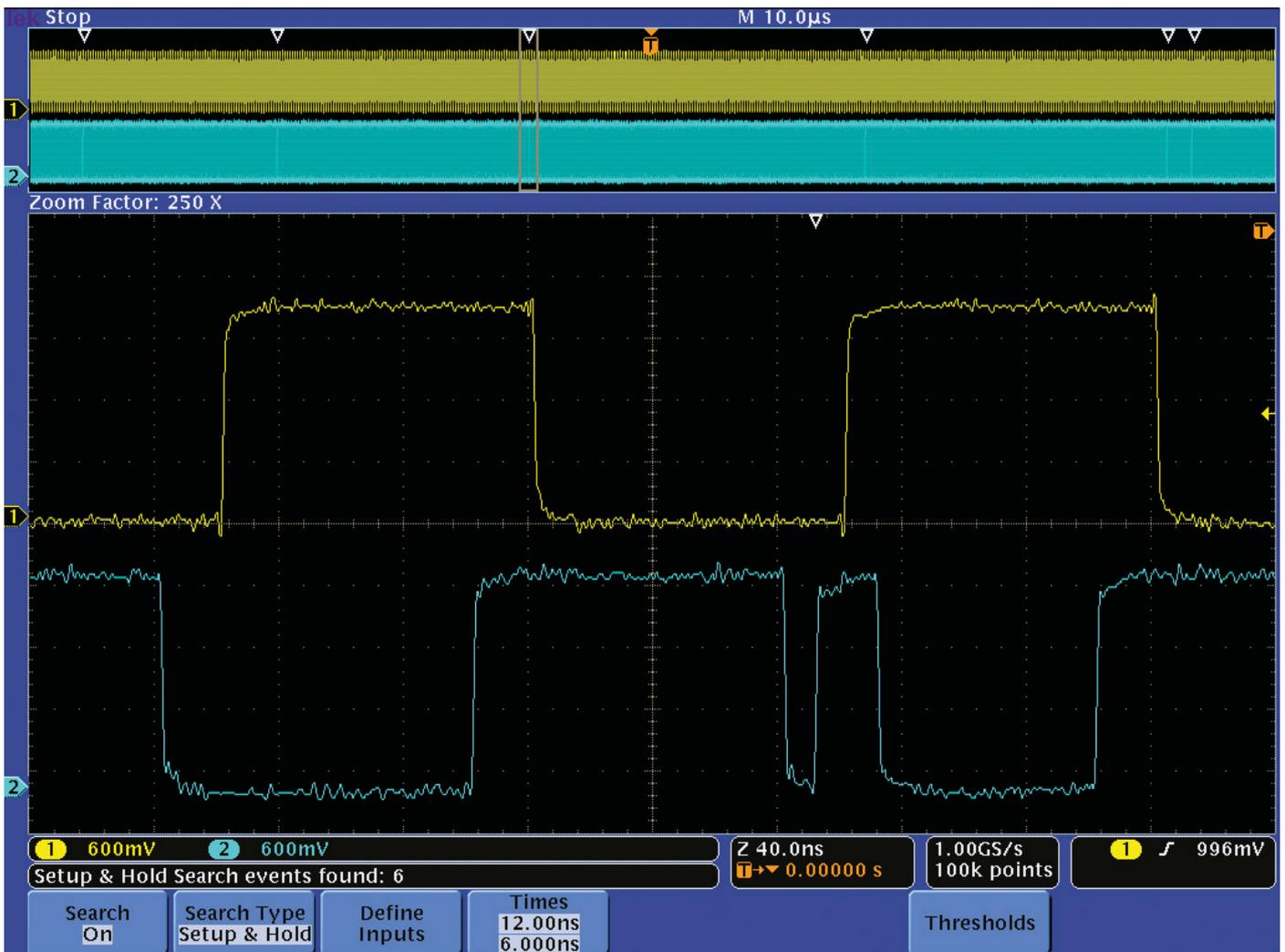


図5. セットアップ/ホールド時間の違反が6ヶ所検出されている

Wave Inspectorのサーチ機能は、単純なエッジ検出だけではありません。ここでは、開発しているチップの予測できない出力により、全体のシステムが動作しなくなるケースを考えてみます。セットアップ/ホールド時間の違反による異常波形が原因ではないかと推測したとします。ただちに、設定したセットアップ/ホールド時間でオシロスコープのサーチ条件を設定し、取込んだ波形をサーチします。この例では、公表されているセットアップ時間とホールド時間は、それぞれ12ns、6nsです。Ch1をクロックに、Ch2をデータに、スレッシュホールドと望ましいセットアップ時間とホールド

時間を設定し、これらの値に対して違反する場合、自動的に違反として検出します。オシロスコープは、すべてのアクイジションごとに各クロック・エッジに対するタイミングをチェックし、設定されたセットアップ/ホールド時間に違反する場合にマーカを付けます。図5の例では、6カ所の違反が検出されています。上のウィンドウにおいて、6カ所のイベントには白枠の三角矢印でマーキングされています。下のウィンドウでは、その中の一つの違反箇所が拡大表示されています。データ・ラインの幅の狭い負のパルスが、12nsのセットアップ時間に対して違反していることがわかります。

アプリケーション・ノート

波形を手動でスクロールしたり、カーソルで測定することなく、異常な箇所を見つけることができます。セットアップ/ホールド時間を設定してワースト・ケースのチェックもでき、何箇所が検出されるか知ることもできます。例えば、ホールド時間をゼロに設定し、最初の異常イベントが発生するまでセットアップ時間を徐々に短くする方法がとれます。¹

もう一つのWave Inspectorの強力なサーチ機能がバス・サーチです。前面パネルのB1、B2ボタンにより、I²C、SPI、USB、CAN、LIN、FlexRay、RS-232/422/485/UART、I²S/LJ/RJ/TDMまたはパラレル・バスを定義することができます。一度設定すると、パケット・レベルの内容にデコードし、アキュジションのすべてのパケットをわかりやすい情報で表示できます。パケット内のデータでトリガしたり、サーチしたりすることもできます（オプションのアプリケーション・モジュールが必要）。

¹ MSO4000シリーズ、MSO3000シリーズ、MSO2000シリーズ、DPO2000シリーズでは、すべてのチャンネルにおいてセットアップ/ホールド時間違反をサーチすることができます。DPO4000シリーズとDPO3000シリーズでは、一度に違反をサーチするのは1つのチャンネルだけです。

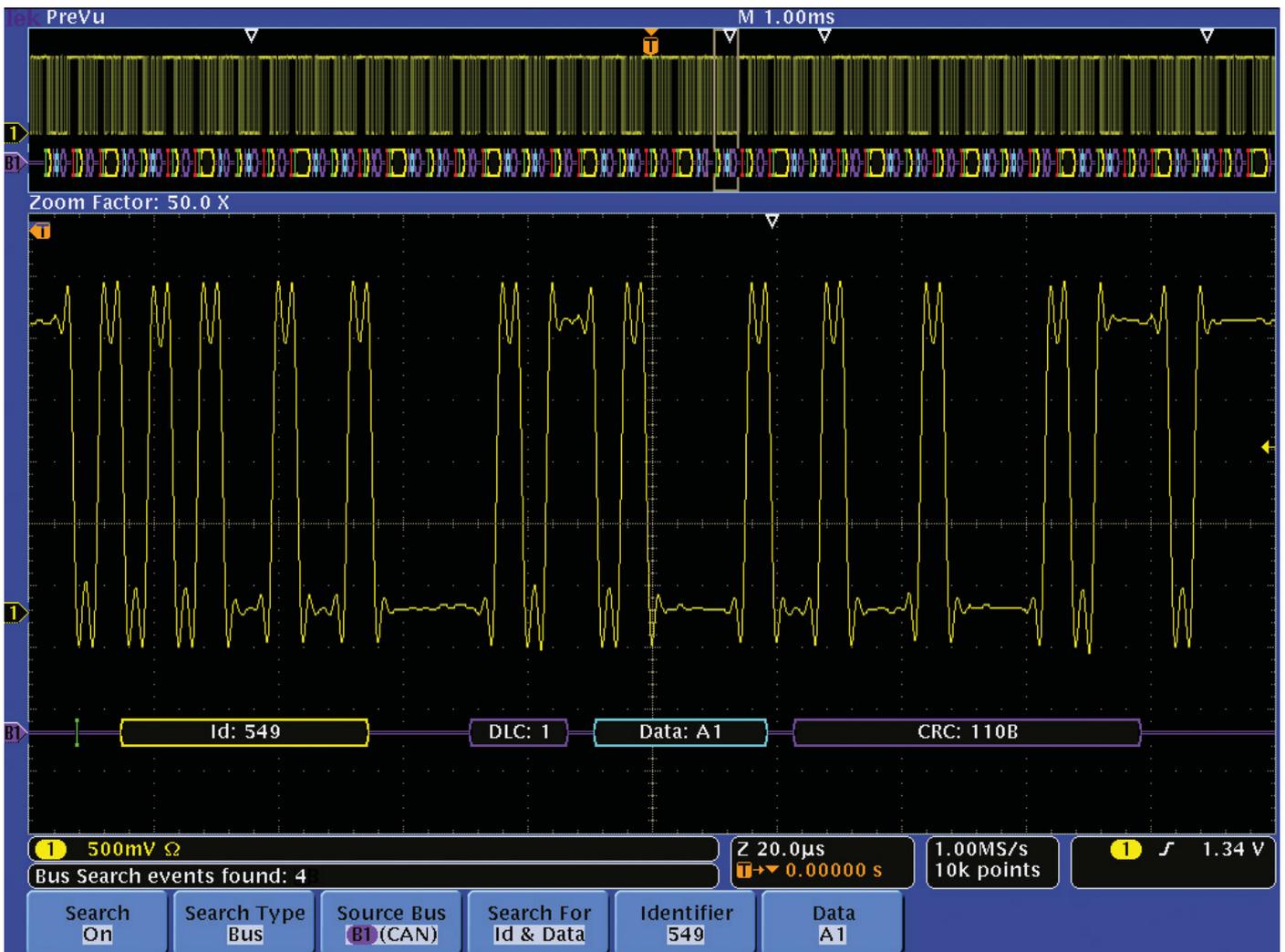


図6. CANメッセージから特定の識別子とデータをサーチ

問題を含んだ時間ウィンドウをトリガし分離することが重要であると同時に、システム・レベルで何が起きているのか知るためには、数多くのパケットにおいてバスの動きを観測する必要があります。バス・サーチ機能では、パケット・レベルでの条件が指定でき、条件を満たしたイベントすべてにマーカを付けてすばやく観測、操作、解析が可能になります。図6の例では、長いCANバス・データから、すべての識別子 (549) とデータ (A1) をサーチして表示しています。

条件に合った4つのメッセージが見つかりました。アキュイジション内でイベントから次のイベントへズーム・ウィンドウを移動するには、前面パネルの矢印ボタンを押すだけです。また、パケットをデコードしていますので、アナログ波形から手作業でデコードする必要もなく、すべての情報がすぐに確認できます。

いくつかの例でサーチ機能を説明しましたが、Wave Inspectorには、この他にも表1に示すような豊富なイベント・サーチ機能があります。

アプリケーション・ノート

サーチの種類	説明
エッジ	スレッシュホールド・レベルを指定した立上りまたは立下りエッジをサーチします。
パルス幅	>、<、=、#を指定したパルス幅をサーチします。
ラント	2つのスレッシュホールドを設定し、一つ目のスレッシュホールドを横切った後、二つ目のスレッシュホールドを横切ることなく、再び一つ目のスレッシュホールドを横切る正または負のパルスをサーチします。すべてのラント・パルスまたは>、<、=、#でパルス幅を指定したラント・パルスをサーチします。
ロジック	High、LowまたはDon't Careを設定した各入力の論理パターン（AND、OR、NAND、NOR）をサーチします。真、偽、または>、<、=、#で指定した時間条件のイベントをサーチします。さらに、同期（ステート）サーチのために一つの入力をクロックとして定義することもできます。
セットアップ/ホールド時間	指定したセットアップ時間、ホールド時間の違反をサーチします。
立上り/立下り時間	>、<、=、#を指定した立上り時間、立下り時間をサーチします。
バス	<p>I²C：開始、繰り返し開始、停止、アクノレッジなし、アドレス、データまたはアドレス&データでサーチ</p> <p>SPI：SSアクティブ、MOSI、MISOまたはMOSI&MISOでサーチ</p> <p>USB（MSO/DPO4000シリーズのみ）：シンク、リセット、サスペンド、レジウム、エンドオブパケット（EOP）、トークン（アドレス）パケット、データ・パケット、ハンドシェイク・パケット、スペシャル・パケット、またはエラーでサーチ</p> <p>RS-232/422/485/UART：Txのスタート・ビット、Rxのスタート・ビット、Txのパケットの最後、Rxのパケットの最後、Txのデータ、Rxのデータ、Txのパリティ・エラー、Rxのパリティ・エラーでサーチ</p> <p>パラレル：パラレル・バスのデータ値でサーチ</p> <p>CAN：フレーム開始、フレーム・タイプ（データ、リモート、エラー、オーバーロード）、識別子（標準または拡張）、データ、識別子&データ、フレーム終了、アクノレッジなしでサーチ</p> <p>LIN：同期、識別子、データ、IDとデータ、ウェイクアップ・フレーム、スリープ・フレーム、シンク・パリティやチェックサムなどのエラーでサーチ</p> <p>FlexRay（MSO/DPO4000シリーズのみ）：フレームの開始、フレームのタイプ（ノーマル、ペイロード、ヌル、同期、スタートアップ）、識別子、サイクル・カウント、ヘッダ・フィールド、データ、識別子とデータ、フレームの終了、またはエラー（ヘッダCRC、トレーラCRC、ヌル・フレーム、同期フレーム、スタートアップ）でサーチ</p> <p>I²S/LJ/RJ/TDM（MSO/DPO4000シリーズ、MSO/DPO3000シリーズのみ）：ワード・セレクト、フレーム・シンク、またはデータでサーチ</p> <p>パラレル：データの値でサーチ</p>

表1. サーチ・イベント



図7. サーチ・メニュー

複数のサーチ

「次のサーチを行いたいのだが、最初のサーチで設定されたマーカは消したくない。」という要求があります。この場合、サーチ・メニューからSave All Marksを選択することでマーカは白抜き三角矢印になり、前面パネルのSet Markボタンを押したときと同じように見えます。これで、最初のサーチで設定されたマーカは波形上に保存され、次のサーチを実行できます。これは何回でも実行できますので、回数に制限なくサーチすることができます。もちろん、過去のサーチ結果を消去して、サーチしなおすこともできます。サーチ・メニューからClear Allを選択すると、波形からすべてのマーカを消去することができます。また、前面パネルのSet/Clear Markボタンを押して、一つ一つのマーカを個別に消去することもできます。

トリガとサーチの相互関係

サーチ・メニューには、さらに2つの強力な、また時間短縮に貢献する機能があります。「Copy Search Settings to Trigger (サーチ条件をコピーすることによりトリガの条件とする)」機能と、「Copy Trigger Settings To Search (トリガ条件をコピーすることにより、サーチの条件とする)」機能です。「Copy Trigger Settings to Search」機能は、トリガ・イベントにより一度取込んだ波形の中に、他にもトリガ・イベントがないか確認するのに便利です。また、「Copy Search Settings To Trigger」機能は、取込んだデータの中にイベントを見つけた場合、その条件で再度データを取直す場合に便利です。

まとめ

最新のデジタル・オシロスコープでは、膨大なデータを取込むことができます。膨大なデータの中から望む波形を探し出すことは、非常に時間のかかる作業であり、フラストレーションのたまる作業でもありました。Wave Inspectorにより、従来のオシロスコープでは実現できなかった、非常に効率の良い作業が可能になります。

Wave Inspectorが利用可能なオシロスコープ一覧

	MSO/DPO4000シリーズ	MSO/DPO3000シリーズ	MSO/DPO2000シリーズ
周波数帯域	1GHz、500MHz、350MHz	500MHz、300MHz、100MHz	200MHz、100MHz
アナログ・チャンネル数	4	2または4	2または4
デジタル・チャンネル数	16 (MSOシリーズ)	16 (MSOシリーズ)	16 (MSOシリーズ)
レコード長 (全チャンネル)	10Mポイント	5Mポイント	1Mポイント
サンプル・レート	5GS/s*、2.5GS/s	2.5GS/s	1GS/s
ディスプレイ	10.4型XGA	9型WVGA	7型WQVGA
シリアル・バス・トリガ/解析	I ² C、SPI、USB、FlexRay、CAN、LIN、RS-232/422/485/UART、I ² S/LJ/RJ/TDM	I ² C、SPI、CAN、LIN、RS-232/422/485/UART、I ² S/LJ/RJ/TDM	I ² C、SPI、CAN、LIN、RS-232/422/485/UART

* 1GHz機種

Tektronix お問い合わせ先：

日本
お客様コールセンター
0120-441-046

地域拠点

米 国 1-800-426-2200
中 南 米 52-55-54247900
東 南 ア ジ ア 諸 国 / 豪 州 65-6356-3900
中 国 86-10-6235-1230
イ ン ド 91-80-42922600
欧 州 / 中 近 東 / 北 ア フ リ カ 41-52-675-3777
他30カ国

Updated 9 October 2009

詳細について

当社は、最先端テクノロジー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.com/ja) 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あるいは登録商標です。

01/10

48Z-19039-5



日本テクトロニクス株式会社

www.tektronix.com/ja

〒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
お客様コールセンター TEL:0120-441-046
ヨッ!良い オシロ
電話受付時間 / 9:00~12:00・13:00~19:00 (土・日・祝・弊社休業日を除く)

■ 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。
© Tektronix