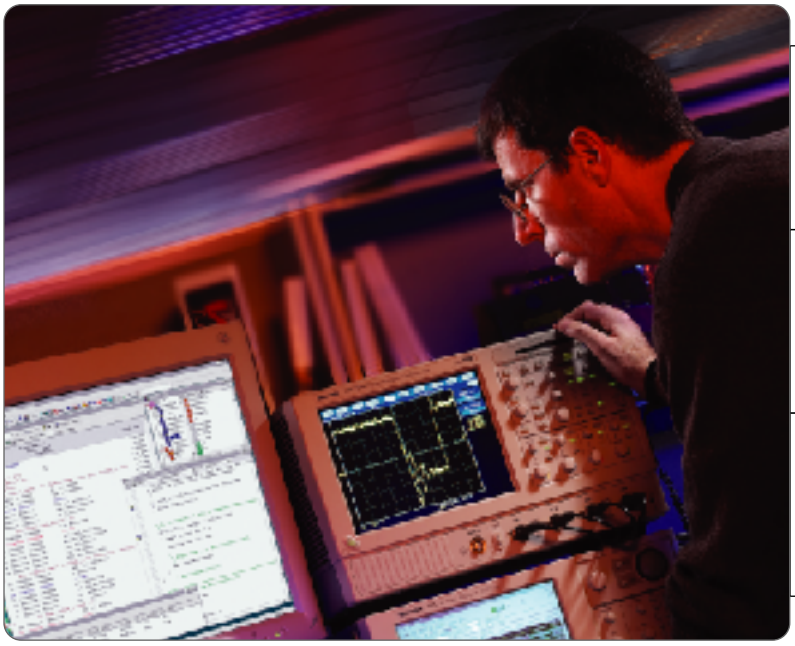
ロジック・アナライザとオシロスコープの統合によるシグナル・インテグリティの迅速なトラブルシューティング



▶ 高速エッジのシグナル・インテグリティを実現するには

製品開発を速めるには、シグナル・インテグリティ問題の迅速で効率的なトラブルシューティングが必要となります。シグナル・インテグリティ問題の一部は、高速のクロック・レートと高速のデジタル・エッジ・レートによって引き起こされます。たとえば、コンピュータ、通信、デジタル・ビデオ機器が大容量データを高速伝送する場合などは、こうした高速の伝送レートと共に、高速なエッジ・レートが必要となります。また、ECL (Emitter Coupled Logic)、PECL (Positive Emitter Coupled Logic)、LVPECL (Low Voltage Positive Emitter Coupled Logic)、HSTL (High Speed Transistor Logic)、その他の高速トランジション・ロジック・ファミリなどを使用したデザインでは、回路のクロック・レートとは別に、速いデジタル・エッジが発生します。こうした速いデジタル・エッジ・レートでは、もっと遅いロジック・ファミリを使用していた以前のデジタル回路では発生しなかった、新しいシグナル・インテグリティ問題が発生しています。

高速エッジには、高周波成分が含まれているため回路基板配線の適切なターミネーションが今まで以上に求められます。また、デジタル・システム内のクロストークを増加させる原因にもなります。以前は一括して回路配線として扱われていた回路基板配線は、現在では、適切なターミネーションを必要とするトランスミッション・ラインとなっています。また、エッジが速くなれば、過度電流が大きくなり、ダイナミック電流が増大します。この結果、電力分配でグランド・バウンス、グリッチなどの問題が発生する可能性があります。

また、高速エッジは、シグナル・インテグリティのグリッチ問題を引き起こす可能性があります。これらのグリッチは、一般的に非常にパルス幅が狭く、予期できないうえに、まれに発生して、カウンタ回路、トリガ回路などのステート・マシン・ロジックにエラーを発生させることがあります。シグナル・インテグリティのグリッチ問題は、様々な種類のエラーに起因しており、デバッグが困難な場合があります。iLink™ツール・セットは、このように問題を迅速に特定し解析することを可能にします。

iLinkツール・セットは、TLA700シリーズ・ロジック・アナライザ、およびTDS5000/6000/7000シリーズとCSA7000シリーズ・オシロスコープを統合する強力なツールで、シグナル・インテグリティのグリッチ問題を素早くトラブルシューティングします。iLinkツール・セットによりシームレスに統合されたロジック・アナライザとオシロスコープは、デジタル波形とアナログ波形が瞬時に観察できるようになり、多くのデジタル信号のデバッグ作業を高速化し、設計品質を確認するのに役立ちます。iLinkツール・セットには、次のツールが含まれています。

- iConnect™– ロジック・アナライザの1本のプローブで、ロジック・アナライザとオシロスコープに同時に信号を導きます。
- iView™– 1つのディスプレイ上に、統合されたロジック・アナライザとオシロスコープによる時間相関をとった波形を表示します。
- iVerify™– オシロスコープで生成された強力なアイ・ダイアグラム・データを使用して、マルチ・チャンネル・バス解析と検証を行います。

シグナル・インテグリティに起因したグリッチ問題のあるバスのデバッグ方法

次に、4ビットと8ビットのバスを使用して、シグナル・インテグリティ問題の検証例を示します。次の例に示すデバッグ技法を使用すると、非同期回路、同期回路、プロセッサ・アドレス・バス、データ・バス、制御バス、またいわゆるデジタル回路におけるシグナル・インテグリティ問題を解決できます。この技法は、コンピュータ回路、航空電子工学、通信、デジタル電子部品を含むその他大半の分野に応用することができます。

Tektronix
Enabling Innovation

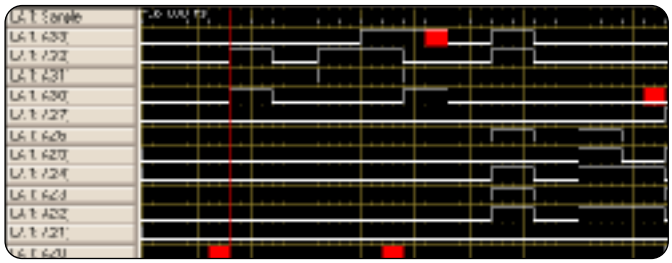
ロジック・アナライザとオシロスコープの統合による シグナル・インテグリティの迅速なトラブルシューティング

▶ アプリケーションの概要

ロジック・アナライザは、デジタル・バス信号を取込み、これらのバスで発生するグリッチにフラグを立てられる優れた機器です。たとえば、4ビットのA3バスと8ビットのA2バスのデバッグは、iLinkツール・セットを使用するとすぐに実現できます。図1に、赤色で識別されたグリッチ表示が付いたA3バスとA2バスの波形の例を示します。赤色の4つのグリッチデータは、バス波形上のそれらの位置でサンプル・ポイント間に複数回スレッショルド・レベルを横切ったことを示しています。各バスは2箇所のグリッチを含んでいます。次のステップは、各バス上のどの信号にグリッチがあるかを判別することです。

▶ ***図1.** 赤色で識別されたグリッチ表示が付いたA3バスとA2バスの波形。*

図2に示すように、A3バスを4本の個別信号ラインに、A2バスを8本の個別信号ラインに展開することで、A3 (3) 信号とA3 (0) 信号に1つずつのグリッチがあり、A2 (0) 信号ラインに2つのグリッチがあることが容易にわかります。



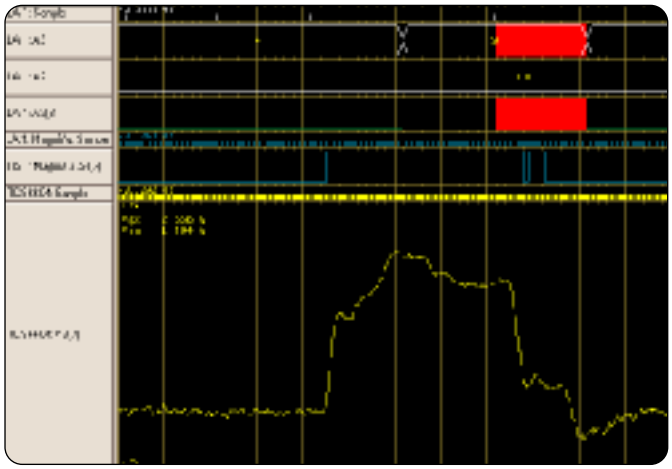
▶ ***図2.** 4本の個別信号ラインに展開されたA3バスと、8本の個別信号ラインに展開されたA2バス。*

次の2つのセクションでは、iLinkツール・セットを使用して、これらの信号を素早くデバッグする方法を示します。このツール・セットは、グリッチを持つ信号のデジタル波形とアナログ波形を即座に表示できるものです。次のセクションでは、A3 (3) グリッチのデバッグ方法について説明します。

ターミネーションの影響によるグリッチ

iLinkツール・セットは、回路のデジタルとアナログの特性を同時に取込み、デジタル波形とアナログ波形の迅速な観測および解析を可能にします。展開されたバス波形から、A3 (3) 信号にグリッチがあることがすぐにわかります。ロジック・アナライザのトリガ機能は、任意のグリッチのトリガ機能からA3 (3) 信号上のグリッチ専用のトリガに変更されます。展開されたバス波形は、表示領域を節約するために元の2つの波形に縮小され、デバッグの焦点はA3 (3) 信号に移ります。

図3に、A3バスとグリッチを持つA3 (3) 信号のデジタル波形とアナログ波形を両方表示した、ロジック・アナライザの画面を示します。完全なバスと信号を表示するために、iLinkツール・セットには、A3バスとそのA3 (3) 信号を解析するための4つの異なる表示が用意されています。



▶ ***図3.** A3 (3) 波形表示。ロジック・アナライザの画面には、グリッチを持つA3 (3) 信号のデジタル波形とアナログ波形の両方が表示されます。*

1. ロジック・アナライザのタイミング・バス波形 (最大長32M) には、バスの全信号ラインが測定値とトランジション領域により表示されます。バス波形上の赤色のグリッチ識別表示は、1本以上の信号ラインのレコード長が4nsのタイミング・サンプル・ポイント間に、複数のトランジションがあったことを示します。
2. ロジック・アナライザのタイミング信号波形 (最大長32M) には、グリッチ付きの信号ラインが表示されます。A3 (3) 波形には赤色のグリッチ識別表示が付いており、4nsのタイミング・サンプル・ポイント間に複数のトランジションがあった波形の位置を示しています。
3. ロジック・アナライザのMagniVu 125ps高分解能タイミング波形には、グリッチ付きのA3 (3) 信号ラインが表示されます。グリッチの高分解能による詳細表示は、125psの高分解能で測定、解析されたものです。グリッチがデジタル・パルスの終了点にあることがすぐにわかります。グリッチはパルスの開始点にはなく、それ自身が分離されているわけでもありません。MagniVuの125ps高分解能タイミング解析により、2台めのロジック・アナライザが常時、同じプローブを通じて全チャンネルでメモリ長16Kビット、125psの分解能で動作しているような効果が得られます。
4. オシロスコープのアナログ波形 (サンプル・レートが20GS/sの2GHzアナログ帯域) には、グリッチ付きのA3 (3) 信号ラインが表示されます。ロジック・アナライザは、iViewにより、グリッチ取込みに合わせてオシロスコープをトリガします。iViewは、オシロスコープのアナログ波形をロジック・アナライザのディスプレイに転送します。ロジック・アナライザのディスプレイには、オシロスコープのアナログ波形とロジック・アナライザのデジタル波形の両方が表示されます。自動的に時間相関がとられたアナログ波形とデジタル波形を同時に観察することで、グリッチを生成しているA3 (3) の立下りに複数のロジック・トランジションがあることを、すぐに見極められます。

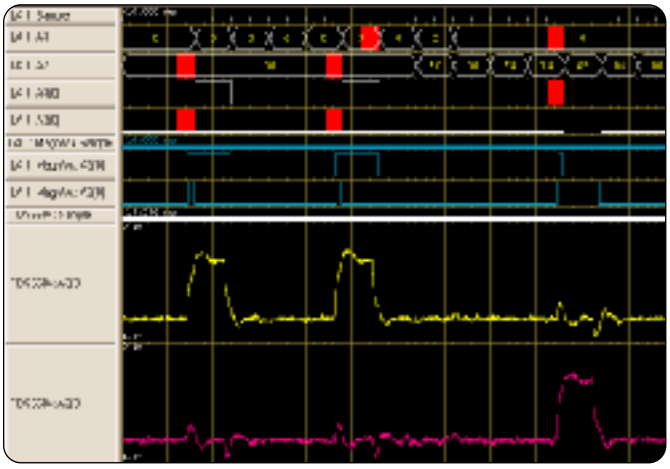
A3 (3) のデバッグは、ロジック・アナライザのiConnectプロービングを使用すると、より速く実現できます。ロジック・アナライザのiConnectプロービングでは、ロジック・アナライザとオシロスコープの両方に信号を導けます。ロジック・アナライザでプロービングしているA3とA2のバス信号のうち、任意の4信号をオシロスコープにも接続できます。iConnectプロービングでは、ロジック・アナライザとオシロスコープを使用して、同じ信号を測定する際に一般的に必要な、物理的なダブルプロービングとダブル・プローブによる負荷を排除できます。

試作基板の検査では、A3 (3) 回路配線の終端が不適切であったことがわかりました。LVPECLの速いエッジ・レートと回路基板配線のターミネーション・エラーにより、A3 (3) 信号ラインの立ち上がりと立下りが乱れています。影響を受けている立ち上がり部分は、ロジック・スレショルドより上にあり、立ち上がりに問題は生じません。しかし、立下りは、ロジック・スレショルド周辺でバウンスしており、一部の立下りでグリッチが発生します。

クロストーク・グリッチ

次のステップは、A3 (0) とA2 (0) 信号ラインのデバッグです。図4に、iLinkツール・セットによる、赤色で識別されたグリッチを含んでいるタイミング・バス波形、上記のチャンネル別のタイミング波形、MagniVu 125ps高分解能タイミング波形とアナログ波形のデジタルとアナログ表示を示します。

A3 (0) とA2 (0) のデジタル波形とアナログ波形の時間相関がとられた表示を解析すると、A3 (0) とA2 (0) にクロストークがあることがすぐにわかります。すべてのA3 (0)立ち上がりに、A2 (0) に対応する小さな正電圧パルスがあります。すべてのA3 (0) 立下りに、A2 (0) に対応する小さな負電圧パルスがあります。同じことが、A3 (3) 信号に影響を与えるA2 (0) についても言えます。

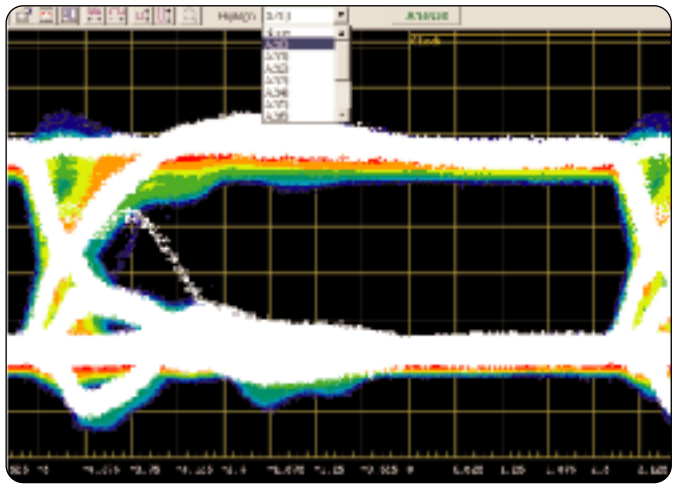


▶ ***図4.*** *A3 (0)とA2 (0)の波形表示。赤色で識別されたグリッチ・フラグのタイミング・バス波形と個々のタイミング波形、MagniVu高分解能タイミング波形とアナログ波形を時間相関表示。*

バス・アイ・ダイアグラム

iLinkツール・セットには、オシロスコープで生成された強力なアイ・ダイアグラム・データを使用して、すべてのバス信号のアイ・ダイアグラムを測定するiVerifyが含まれています。アイ・ダイアグラムとは、クロック制御されたバス上のデータ有効ウィンドウとシグナル・インテグリティを測定する方法の１つです。全信号ラインは、クロック・エッジに対してまとめて解析されます。アイ開口は、クロック・エッジに対してセットアップ/ホールド時間（データ有効ウィンドウ）の時間と電圧を測定したものです。アイ開口が閉じて使用中のロジック・デバイスに必要なセットアップ/ホールド時間よりも狭まると、データ転送上の問題が発生し始めます。オシロスコープだけを使用した場合は、通常、アイ・ダイアグラムは最大4チャンネルまで測定できます。データ・バス・クロックが速くなるにつれ、アイの開口が必要なセットアップ/ホールド時間（データ有効ウィンドウ）を満たしているかが重要な検証項目となります。ロジック・アナライザとオシロスコープを統合させiVerify 機能を使用することにより、デジタル・バス信号A3とA2の12本の全信号ラインのバス・アイ・ダイアグラムを素早く取込み、測定できるので、デジタル・バス上のシグナル・インテグリティ問題を素早く特定し、分離可能にします。

図5のA2 (0) 信号の白色でハイライトされたアイ・ダイアグラムは、アイ開口部の右側へのトランジションで示されるクロストーク問題を示しています。



▶ ***図5.*** *オシロスコープで生成されたアイ・ダイアグラム。白色でハイライトされた部分は、A2 (0)信号で生じたクロストーク問題を示しています。*

まとめ：強力なiLinkツール・セットで、シグナル・インテグリティ問題をデバッグできます。

ロジック・アナライザとオシロスコープを統合するiLinkツール・セットを使用すると、次の手順によりシグナル・インテグリティのグリッチ問題をデバッグできます。

1. ロジック・アナライザでバス信号を監視し、グリッチでトリガをかける。
2. バス信号を個々の信号に展開し、グリッチの位置を表示させる。
3. グリッチを持つ個々の信号ラインでトリガし表示させる。
4. MagniVu 125ps高分解能タイミング解析を使用して、グリッチの詳細を測定する。
5. 外部オシロスコープをiConnectとiView機能を使用して統合し、グリッチのアナログ特性を測定する。
6. 時間相関がとられたデジタル波形とアナログ波形を解析し、グリッチの原因を判別する。
7. iVerifyでバス・アイ・ダイアグラム全体を解析し、疑わしい信号ラインを特定する。

シグナル・インテグリティによるグリッチ問題のトラブルシューティングでは、ロジック・アナライザが、バス上のグリッチでトリガ、取込みし、識別表示を持ったタイミング波形を長いレコード長を利用し解析しながら、同時にMagniVu 125ps高分解能タイミングで個々のチャンネル上のグリッチを取込み、表示します。また、オシロスコープは、iViewトリガ機能とiConnectプロービングを使用して、グリッチのアナログ特性を高分解能（最高20GS/s）で測定します。

ロジック・アナライザは、iViewを使用して、時間相関がとられた次の4つの表示を提供します。赤色で識別されたグリッチ・マーカが付いた長いレコード長を持つタイミングバス波形、同様の個々のチャンネルに展開されたタイミング波形、グリッチの詳細を測定するためのMagniVu 125ps高分解能タイミング波形、およびオシロスコープによるグリッチの高分解能（20GS/s）アナログ波形。また、疑わしい信号を特定し、デバッグ・プロセスを高速化するには、iVerifyを使用します。

iLinkツール・セットでは、時間相関がとられたデジタル波形とアナログ波形を同時観察できるため、シグナル・インテグリティのグリッチ問題を迅速に検証できます。iView、iConnect、iVerifyを搭載したiLinkツール・セットによって統合されたロジック・アナライザとオシロスコープを使用すると、シグナル・インテグリティに起因する特定しにくいグリッチの発生源を、効果的に、素早くデバッグすることができます。

Tektronix お問い合せ先:

アメリカ 1 (800) 426-2200
アメリカ（輸出販売） 1 (503) 627-1916
イタリア +39 (02) 25086 1
インド (91) 80-2275577
英国およびアイルランド +44 (0) 1344 392400
オーストリア +43 2236 8092 262
中央ヨーロッパおよびギリシャ +43 2236 8092 301
オランダ +31 (0) 23 569 5555
カナダ 1 (800) 661 5625
スウェーデン +46 8 477 6503/4
スペイン +34 91 372 6055
大韓民国 82 (2) 528-5299
台湾 886 (2) 2722-9622
中華人民共和国 86 (10) 6235-1230
デンマーク +45 44 850 700
ドイツ +49 (221) 94 77 400
東南アジア諸国/オーストラリア/パキスタン (65) 6356-3900
日本 81 (3) 3448-3010
ノルウェー +47 22 07 07 00
フィンランド +358 (9) 4783 400
ブラジルおよび南米 55 (11) 3741 8360
フランスおよび北アフリカ +33 (0) 1 69 86 80 34
ベルギー +32 (2) 715 89 70
ポーランド +48 (0) 22 521 53 40
香港 (852) 2585-6688
南アフリカ +27 11 254 8360
メキシコ、中米およびカリブ海諸国 52 (55) 56666-333
ロシア、その他の旧ソ連共和国およびバルト海諸国 +358 (9) 4783 400
その他の地域からのお問い合わせ：Tektronix, Inc., USA 1 (503) 627-7111

Updated 20 September 2002

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、数多くのアプリケーション・ノートやテクニカル・ブリーフ等を用意しています。詳しくは当社ホームページ（**www.tektronix.com** または **http://www.tektronix.co.jp/**）をご参照ください。

Copyright © 2003, Tektronix, Inc. All rights reserved. Tektronix製品は、認定済みおよび申請中の米国およびその他の国の特許により保護されています。本書の内容は、すでに発行されている他の資料の内容に代わるものです。また、製品の仕様は予告なく変更させていただく場合がありますので、あらかじめご了承ください。TEKTRONIXおよびTEKは、Tektronix, Inc.の登録商標です。参照されているその他のすべての商品名は、該当する各会社が保有するサービス・マーク、商標、または登録商標です。

12/03 DM/SFI 58Z-17254-0

Tektronix
Enabling Innovation

日本テクトロニクス株式会社
東京都品川区北品川5-6-31 〒141-0001
●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合せください。
TEL 03-3448-3010 FAX 0120-046-011
電話受付時間／9:00～12:00・13:00～19:00 月曜～金曜（休祝日を除く）
ホームページ http://www.tektronix.co.jp/
E-mail coc.jp@tektronix.com