Agilent
TDRオシロスコープとVNAで作成したタイム・ドメイン波形の相関

Application Note

はじめに

タイム・ドメイン解析 (TDA) は、伝送ラインを評価するための一般的な方法として、タイム・ドメイン・リフレクトメータ (TDR) オシロスコープを使用して行われてきました。一方、タイム・ドメイン解析に代わる方法として、ベクトル・ネットワーク・アナライザ (VNA) をベースにしたTDR測定が注目を集めています。E5071CオプションTDRは、VNAをベースにしたTDR測定用のワンボックス・ソリューションです。また、従来のTDRオシロスコープにはないユニークな機能を備えています。このアプリケーション・ノートでは、E5071CとAgilent 86100C TDRオシロスコープを使用して測定したデータを比較することにより、E5071CオプションTDRの測定手法を検証します。

Agilent Technologies

TDRオシロスコープとVNAの基礎

タイム・ドメイン解析には、従来からTDRオシロスコープが用いられてきました。TDRオシロスコープは、急峻なエッジを被試験デバイス (DUT) に印加し、電圧を直接サンプリングして、波形をタイム・ドメインで表示します。このエコー測定手法は簡単ですが、測定確度は高くありません。

VNAは一般に、ネットワークの特性評価に使用されます。VNAは、正弦波を印加し、入射電圧と反射電圧のベクトル比を測定します。正弦波の周波数を掃引して、DUTの応答を周波数の関数として表示します。VNAはTDRオシロスコープに比べてダイナミック・レンジが広いので、より確度の高い測定が行えます。VNAベースのTDR測定では、高速逆フーリエ変換を行って、測定された周波数応答を時間応答に変換します。

測定データと比較

測定にはE5071Cと86100Cを使用し、TDR/TDT測定のデータと各測定器で作成されたアイ・ダイアグラムを比較しました。

A. TDR/TDT測定

図1に示すように、ボード上の差動トレースを各測定器で測定しました。測定する前に、E5071Cでフル4ポート校正を、86100CでTDR/TDT校正を行いました。2台の測定器の測定データを図2に示します。TDR波形とTDT波形がそれぞれインピーダンスと電圧で表示されています。この比較では、測定値を安定させるために、86100Cで捕捉された波形を16回アベレージングしています。2つの方法の結果が非常に似ていることがわかります。例えば、TDR波形の振幅の差は0.7 ～ 1.0 nsの範囲で0.4 Ω以内、TDT波形の振幅の差は2.0 ～ 3.0 nsの範囲で3 mV以内です。

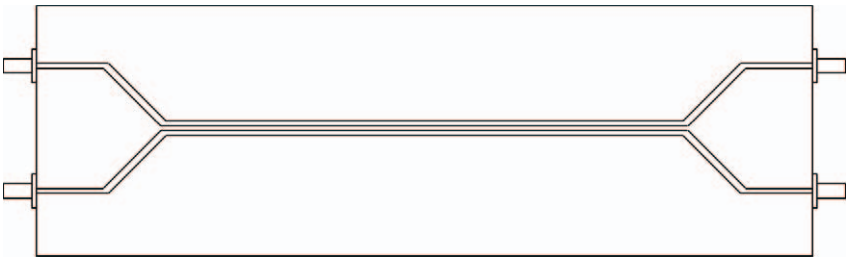
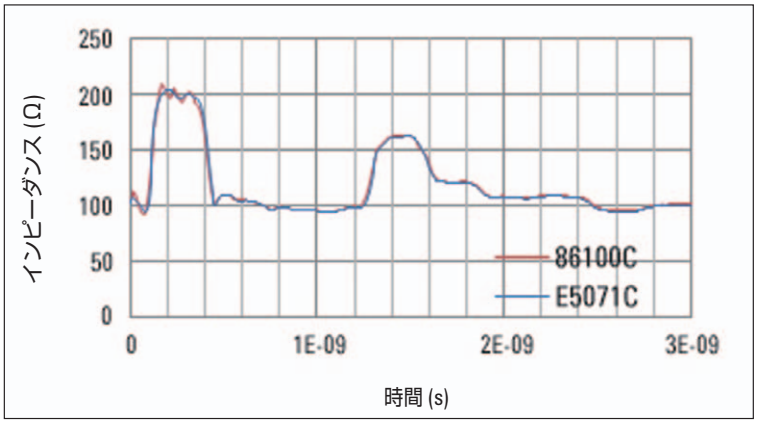


図1. 測定されたDUT



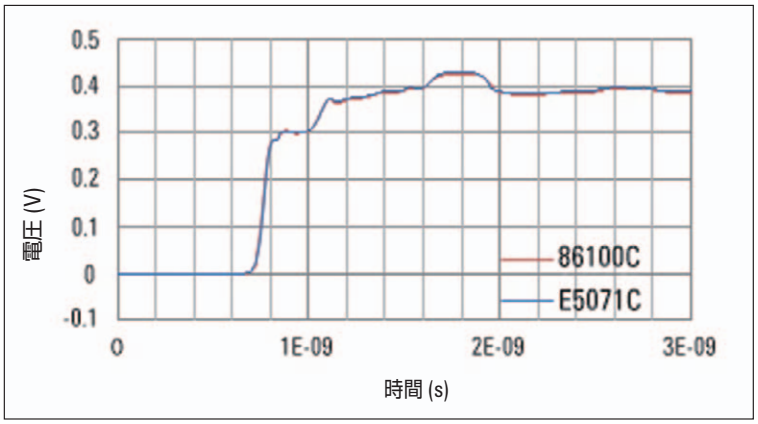


図2.　86100CとE5071Cにより捕捉された、TDR波形（上側）とTDT波形（下側）[1]

1. 校正手法の違いによるタイミング・オフセットをなくすために、E5071CのTDR波形とTDT波形でそれぞれ＋20 psと－70 psずつシフトしています。

B.　アイ・ダイアグラム

アイ・ダイアグラムの作成には、標準的なビット・エラー・レート・テスタであるAgilent N4903Bと86100Cを組み合わせて使用しました。一方、E5071CオプションTDRでは、内部で生成したビット・パターンに基づいたシミュレーティッド・アイ・ダイアグラムを作成しました。どちらの測定システムにも同じ長さのケーブルを使用し、ケーブルの挿入損失は補正しませんでした[1]。図3は、86100CとE5071CオプションTDRで作成したアイ・ダイアグラムを示しています。アイ・ダイアグラムの形状はよく似ています。

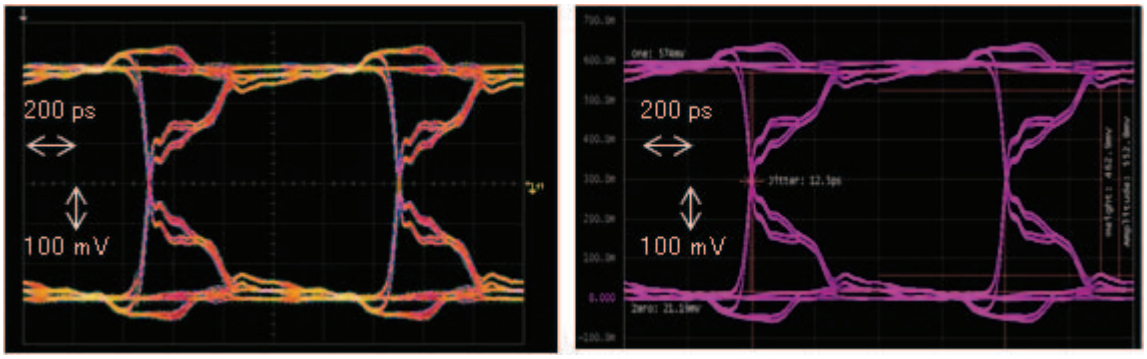


図3.　86100Cで作成されたアイ・ダイアグラム（左側）とE5071Cで作成されたアイ・ダイアグラム（右側）

まとめ

このアプリケーション・ノートでは、E5071CオプションTDRを使用したタイム・ドメイン解析について紹介し、それらの解析結果を86100C TDRオシロスコープの解析結果と比較しました。各測定器のTDR/TDT波形とアイ・ダイアグラムは非常に似ています。このことから、タイム・ドメイン解析におけるE5071CオプションTDRの信頼性が確認できます。

付録：テスト手順

機器

- Agilent E5071C-4K5ベクトル・ネットワーク・アナライザ（TDRオプション搭載）
- Agilent 86100C DCA-J広帯域オシロスコープ・メインフレーム
  - 左側モジュール：54754A差動およびシングルエンドTDR/TDTモジュール
  - 右側モジュール：86112Aデュアル・チャネル電気モジュール
- Agilent N4903B J-BERTビット・エラー・レート・テスタ

1. N4903Bのケーブル損失を補正する方法はありません。

E5071Cオプション TDR

A. TDR/TDT測定

1. すべてのテスト・ポートに3.5 mm SMAケーブルを接続します。

2. **Setup**メニューを開いて、**Default Setup**ボタンをクリックします。

3. **セットアップ・ウィザード**を使用して、測定条件を設定します。

   - **Setup**メニューを開いて、**Setup Wizard**ボタンをクリックします。
   - オーバビュー：**Use ECal**モジュール・チェック・ボックスにチェックを入れます。

     Step 1/5: Differential DUT 2-Portボタンを選択します。

     Step 2/5: ECalモジュールをケーブルに接続し、Calibrateボタンをクリックします。

     Step 3/5: フィクスチャは使用していないので、このステップはスキップします。

     Step 4/5: DUTを接続し、Measureボタンをクリックします。

     Step 5/5: Rise Timeを "35 ps"[1]に設定し、Definitionドロップダウン・リストから"10-90%" を選択します。

4. **Trace**をクリックし、"3" を選択してトレース3をオンにします。

5. **TDR/TDT**メニューを開いて、Formatドロップダウン・リストから "Volt" を選択します。トレース1はTDR測定をインピーダンスで表し、トレース3はTDT測定を電圧で表しています。

B. シミュレーティッド・アイ・ダイアグラム

1. セットアップ・ウィザードを使用して、測定条件を設定します。

   - **Setup**メニューを開いて、**Setup Wizard**ボタンをクリックします。
   - オーバビュー：**Use ECal**モジュール・チェック・ボックスのチェックを外します。

     Step 1/4: Differential DUT 2-Portボタンを選択します。

     Step 2/4: DUTを外し、Deskewボタンをクリックします。

     Step 3/4: DUTを接続し、Measureボタンをクリックします。

     Step 4/4: Rise Timeを "22 ps" に設定し、Definitionドロップダウン・リストから"10-90%" を選択します。

2. **Trace**をクリックし、"5" を選択してトレース5をオンにします。

3. **Eye/Mask**メニューを開いて、ビット・パターンを設定します。

   Type = PRBS　　Length (bits) = 2^7-1
   Amplitude = 200 mV　　Data Rate = 1 Gb/s

4. **Draw Eye**をクリックします。

1. 厳密に比較するには、ステップの立ち上がりをモニタ値に基づいて調整する必要があります。付録の「ステップの立ち上がりの調整」を参照してください。

86100CとN4903B

A. TDR/TDT測定

86100C

1. フロント・パネルの**[Default Setup]**ハードキーを押します。

2. モジュールを校正します（参考資料[1] [2]を参照）。

   - **Calibrate**メニューを開き、**All Calibrate**をクリックして、All Calibrationダイアログ・ボックスを開きます。
   - **モジュール校正ウィザード**を使用して、左側と右側の両方のモジュールで校正を実行します。

3. **[TDR/TDT mode]**ハードキーを押して、TDR/TDTモードに入ります。

4. 測定条件を設定します。

   - ツールバー上のSetupタブで**TDR Setup**をクリックして、**TDR/TDT Setup**ダイアログ・ボックスを開きます。
   - **Stimulus Mode**を "Differential" に設定し、2ポート平衡を表すタブをクリックします。
   - 両方のモジュールでスキュー補正を実行します（参考資料[2]を参照）。
   - ウィザードを使用して、TDR/TDT校正を実行します（参考資料[2]を参照）。
   - **Effective Rise Time**を "35 ps" に設定します。
   - **Measurement Results**パネルの "Diff TDR" および "Diff TDT" チェック・ボックスにチェックを入れます。
   - **TDR/TDT Setup**ダイアログ・ボックスを閉じます。

5. TDR波形の測定単位を変更します。

   - チャネル1の垂直軸ボタンをクリックします。
   - **Advanced**ボタンをクリックして、Unitを "Ohm" に設定します。

B. アイ・ダイアグラム

1. **N4903B**から**86100C**にトリガ・クロックを入力します。

2. N4903Bのフロント・パネルの DTAT OUTとOUTをそれぞれ、86100Cのチャネル3と4に接続します。

N4903B

3. フロント・パネルの**[Preset]**ハードキーを押します。

4. Selectタブで**Select Pattern**ボタンをクリックして、Select Patternダイアログ・ボックスを開きます。

   - "2^n-1 PRBS" を選択し、**Pattern Size**を "2^7-1" に設定します。

5. **PG Setup**タブで**Bit Rate Setup**ボタンをクリックします。

6. Values and Unitsテキスト・ボックスに "1 GHz" と入力します。

86100C

7. TDR/TDT測定と同様の方法で、モジュールを校正します。

8. フロント・パネルの**[Source]**ボタンを押して、トリガ・ソースを "Front Panel" に設定します。

9. **Setup**メニューを開き、**Trigger**をクリックして、Triggerダイアログ・ボックスを開きます。

   - **Trigger Bandwidth**をStandard (DC −3.2 GHz) に設定します。

10. **Measure**メニューを開き、**Math...**をクリックして、Mathダイアログ・ボックスを開きます。

    - **Operators**を "Subtract" に設定し、ソース1と2に "Channel 3" と "Channel 4" を選択します。
    - **Function 1 Display On**にチェックを入れます。

11. フロント・パネルの**[Auto Scale]**ハードキーを押します。

ステップの立ち上がりの調整

TDT波形のステップの立ち上がりを調整する必要があります。

E5071CオプションTDR

1. **Trace**をクリックし、"5" を選択してトレース5をオンにします。

2. **Marker Search**、**Rise Time** (10-90%) と順にクリックすると、測定値が画面の左上に表示されます。

86100C

1. **Measure**メニューを開いて、**TDR/TDT**、**Risetime**と順にクリックします。

2. **Source**を**Response 3**に設定してOKをクリックすると、測定結果が画面の下側に表示されます。

両方の測定器のモニタ値が同じになるように、立ち上がり時間を微調整します。

参考資料

1. Agilent 86100C Infiniium DCA-J広帯域オシロスコープ
   クイック・スタート・ガイド。マニュアル番号86100-90102。

2. Agilent 86100A/B/C Infiniium DCAオンライン・ヘルプ。

電子計測UPDATE

www.agilent.co.jp/find/emailupdates-Japan
Agilent からの最新情報を記載した電子メールを無料でお送りします。

www.lxistandard.org
LXIは、GPIBのLANベースの後継インタフェースで、さらに高速かつ効率的なコネクティビティを提供します。Agilentは、LXIコンソーシアムの設立メンバです。

契約販売店

www.agilent.co.jp/find/channelpartners
アジレント契約販売店からもご購入頂けます。お気軽にお問い合わせください。

Remove all doubt

アジレント・テクノロジーでは、柔軟性の高い高品質な校正サービスと、お客様のニーズに応じた修理サービスを提供することで、お使いの測定機器を最高標準に保つお手伝いをしています。お預かりした機器をお約束どおりのパフォーマンスにすることはもちろん、そのサービスをお約束した期日までに確実にお届けします。熟練した技術者、最新の校正試験プログラム、自動化された故障診断、純正部品によるサポートなど、アジレント・テクノロジーの校正・修理サービスは、いつも安心で信頼できる測定結果をお客様に提供します。

また、お客様それぞれの技術的なご要望やビジネスのご要望に応じて、

- アプリケーション・サポート
- システム・インテグレーション
- 導入時のスタート・アップ・サービス
- 教育サービス

など、専門的なテストおよび測定サービスも提供しております。

世界各地の経験豊富なアジレント・テクノロジーのエンジニアが、お客様の生産性の向上、設備投資の回収率の最大化、測定器のメインテナンスをサポートいたします。詳しくは：

www.agilent.co.jp/find/removealldoubt

アジレント・テクノロジー株式会社

本社〒192-8510 東京都八王子市高倉町 9-1

計測お客様窓口

受付時間 9:00-18:00（土・日・祭日を除く）

TEL ■■ 0120-421-345
(042-656-7832)
FAX■■ 0120-421-678
(042-656-7840)
Email contact_japan@agilent.com
電子計測ホームページ
www.agilent.co.jp

● 記載事項は変更になる場合があります。
ご発注の際はご確認ください。

© Agilent Technologies, Inc.2010

Published in Japan, March 29, 2010
5990-5238JAJP
0000-00DEP

Agilent Technologies