



USB 2.0物理レイヤ・テスト

はじめに

USB 2.0対応のデバイス設計、特性評価および動作確認に携わっているエンジニアは、製品の市場投入のスピードアップを日々迫られています。当社の測定パッケージでは、USB-IF (USB Implements Forum, Inc.) 推奨のすべてのコンプライアンス・テストが、すばやく、正確に実行できます。

USB 2.0 (Universal Serial Bus 2.0) は、コンピュータと周辺機器を接続するインターフェースの規格で、デバイスを接続するためにいちいちコンピュータのケースを開いてカードをインストールする必要がありません。USB 2.0に適合したデバイスの使用により、接続性、拡張性およびスピードが大幅に改善できます。

USB 2.0ではデータ・レートが40倍にもなり、フルモーション・ビデオから小型ハードディスク・ドライブまで利用できるようになります。しかし、このように著しく高速化するデータ・レートのため、テストや測定において新しい次元の課題が発生しています。

USB 2.0の規格では、新たなコンプライアンス・テスト（認証試験）が義務付けられています。USB-IF認証のロゴを製品につけるためには、製品の特性を評価し、USB 2.0の規格に適合する必要があります。USB-IFのコンプライアンス・テストに合格するためには、ロー・スピード (LS)、フル・スピード (FS) およびハイ・スピード (HS) のデバイスおよびハブにおいて、アイ・ダイアグラムおよび各パラメータを正確に測定できる計測器の選定が非常に重要になります。

このアプリケーション・ノートでは、USB 2.0物理レイヤ特性測定と電気特性テストについて説明し、また、各テストに必要な計測器についても説明します。

USB 2.0の基礎

USB 2.0は、V_{BUS}、D⁻、D⁺およびグラウンドの4線を持ったシリアル・バスで、D⁻、D⁺はデータ・ライン、V_{BUS}はホストまたはハブから電源供給を受ける場合の電源ラインになります。

USB 2.0では、次のようなデータ・レート、立上り時間が規定されています。

	データ・レート	立上り時間
ロー・スピード (LS)	1.5Mbps	75~300ns
フル・スピード (FS)	12Mbps	4~20ns
ハイ・スピード (HS)	480Mbps	500ps

USB 2.0のデバイスには、セルフパワー（デバイス自身で電源を持っているもの）とバスパワー（ホストから電源をもらうもの）の2種類があります。セルフパワー・デバイスでは、電力を極力引き出さないように考慮する必要があり、テストについてはUSB2.0の仕様に規定されています。

USB 2.0電気テスト

USB 2.0の電気テストでは、Signal Quality（信号品質）、Inrush Current（突入電流）、Drop/Droop（ドロップ/ドループ）をテストします。

Signal Quality（信号品質）テスト

データ・レートが40倍になったことにより、USB 2.0のデバイス設計はよりむずかしいものになり、回路基板のレイアウト、ジッタ、立上り/立下り時間、EMI、ノイズ、グラウンド・バウンスなどによる信号品質が設計上の重要事項になってきました。デバイスをUSB2.0に対応させ、USB2.0の認証ロゴを取得するためには、信号品質を高く維持することが必要になります。

Signal Qualityテストには、以下の項目が含まれます。

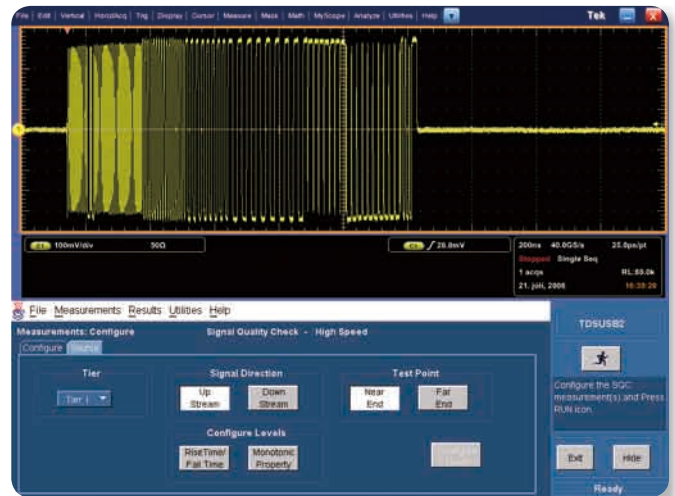
- ▶ アイ・ダイアグラム・テスト
- ▶ 信号レート
- ▶ EOP (End of Packet) 幅
- ▶ クロスオーバー電圧レンジ
- ▶ ペアードJKジッタ
- ▶ ペアードKJジッタ
- ▶ 連続ジッタ
- ▶ 立上り時間
- ▶ 立下り時間

アイ・ダイアグラム・テストは、シリアル・データ・アプリケーション向けの独自のテストです。

Signal Qualityテストにおける設定は、アップストリーム、ダウンストリームによって異なります。アップストリーム・テストでは、デバイスからホストに向かう信号が測定されます。ダウンストリーム・テストでは、ホストからデバイスに向かう信号が測定されます。ダウンストリーム・テストは、通常、ハブのポートで実行されます。



▶ 図1：DP07254型で実行されるTDSUSB2コンプライアンス・テスト・パッケージ



▶ 図2：DP07254型で実行されるTDSUSB2コンプライアンス・テスト・パッケージ

コンプライアンス・テストでは、十分なテスト・マージンを確保するためにワーストケースのシナリオを想定する必要があります。具体的には、被測定デバイスは6段目の接続ポイントでテストし、HUT（被測定ハブ）では5段目の接続ポイントでテストします。

テスト機器

Signal Qualityテストでは、当社DP07254型などの周波数帯域2.5GHz以上のリアルタイム・オシロスコープが必要です。プローブとしては、P6245型^{*1}またはTAP1500型シングルエンド・プローブ（ロー・スピード、フル・スピード）、P6248型^{*1}またはTDP1500型差動プローブ（ハイ・スピード）が必要になります。さらに、TDSUSB2コンプライアンス・テスト・ソフトウェアおよびテスト・フィクスチャが必要になります。

図1は、DP07254型デジタル・フォスファ・オシロスコープで実行したTDSUSB2コンプライアンス・テスト・パッケージの表示例です。TDSUSB2は、Signal Qualityテストを全自動で実行できるため、エンジニアは設計した回路をすばやく評価することができます。

まず、信号スピード（Low、FullまたはHigh Speed）を選択します。次に、Tier（DUTを接続する階層）、テスト・ポイント（DUTのテスト・ポイント、NearまたはFar）およびトラフィックの方向（アップストリームまたはダウンストリーム）を設定します（図2を参照）。以上の設定で実行ボタンを押すと、テストが開始されます。

*1 DP07000シリーズで使用する場合は、TPA-BNC型アダプタが必要です。



▶ 図3：TDSUSB2コンプライアンス・テスト・パッケージでは、測定結果が自動的に表示されます。

テストは自動で実行されるため、複雑なオシロスコープの設定は必要ありません。また、測定結果をUSB 2.0の規格と比較する必要もありません。結果は、自動的に表示されます（図3を参照）。



▶ 図4：DP07254型で測定したInrush電流

Inrush Current (突入電流) テスト

USB 2.0はホットプラグ技術を採用しているため、デバイスによって引き出される電流が仕様値を超えないように注意する必要があります。引き出される電流が仕様値を超えると、バスに接続されたデバイスの動作が不安定になります。Inrush Currentテストは、セルフパワー・デバイス、バスパワー・デバイスの両方で実施し、DUT (Device Under Test) がハブのポートに接続されたときに、過大電流を引き出さないことを確認します。

Inrush Currentは、通常、デバイスを接続したときにスパイク状の波形として表示されます。デバイスがリセットされるタイミングによっては、小さなコブ状の波形や波形のみだけが観測されることもあります (図4参照)。

Inrush Currentは、理論的には、オシロスコープ上のある期間 (2本の垂直カーソルで囲まれた範囲) における電流波形の積分値として計算されます。

USB 2.0では、デバイスによって引き出される電流の蓄積が、 $5.15V_{BUS}$ において $5.15\mu C$ 以下と規定しています。

テスト機器

Inrush Currentテストでは、当社DP07254型などのリアルタイム・オシロスコープと、TCP0030型などの電流プローブが必要になります。さらに、TDSUSB2コンプライアンス・テスト・パッケージなどのテスト・ソフトウェア/テスト・フィクスチャが必要になります。このテスト・パッケージでは、Inrush Currentをチェックするためのオシロスコープの設定が自動的に実行され、電荷 (μC)、キャパシタンス (μF) がオシロスコープ上で直読でき、合否判定も表示されます。

Drop (ドロップ) テスト

USB 2.0では、セルフパワー・デバイスのUSBポートで V_{BUS} の電圧が $4.75\sim 5.25V$ であること、バスパワーのハブでは $4.4V$ 以上であることが規定されています。Dropテストでは、無負荷時、最大負荷時 ($100mA$ または $500mA$) における V_{BUS} 電圧をチェックします。

$$V_{drop} = V_{アップストリーム} - V_{ダウンストリーム}$$

$$V_{アップストリーム} = V_{BUSアップストリーム} \cdot \text{ハブ接続}$$

$$V_{ダウンストリーム} = V_{BUSハブのダウンストリーム} \cdot \text{ポート}$$

バスパワー・ハブでは、ダウンストリーム・ポートで $100mA$ の負荷がある場合、アップストリーム・ポートとダウンストリーム・ポート間での電圧降下 (V_{drop}) が $100mV$ 以下であることが必要です。電圧降下が $100mV$ 以下であることは、ダウンストリーム・デバイスに対して $4.4V$ 以上が供給できることを意味します。バスパワー・ケーブル・デバイスでは、アップストリーム・コネクタとダウンストリーム・ポート間で、ケーブルの電圧降下を含めて V_{drop} が $350mV$ 以下である必要があります。

テスト機器

Dropテストでは、マルチメータが必要です。TDSUSB2コンプライアンス・テスト・パッケージでは、マルチメータの出力を取り込んで結果を表示させることができます。

Droop (ドループ) テスト

PUT (Port Under Test) の、無負荷時の電圧と100mA負荷(すべてのポート)時の電圧の差を V_{droop} とします。USB 2.0では、この V_{droop} が330mV以下であることと規定しています。Droopテストでは、PUTのポートに、無負荷と100mA負荷を交互に与えた場合(他のポートはすべて100%負荷)の電圧降下のワーストケースを想定しています。すべての V_{BUS} 測定は、ローカル・グラウンドに対して行います。

テスト機器

Droopテストでは、当社DPO7254型などのリアルタイム・オシロスコープ、TAP1500型、P6243型^{*2}、P6245型^{*2}などのシングルエンド・プローブが必要です。さらに、TDSUSB2コンプライアンス・テスト・ソフトウェアおよびテスト・フィクスチャが必要です。TDSUSB2は、テストに必要なオシロスコープの設定を自動的に設定し、信号を取込み、 V_{droop} を測定します。測定結果は、合否判定とともに表示されます。

*2 DPO7000シリーズで使用する場合は、TPA-BNC型アダプタが必要です。

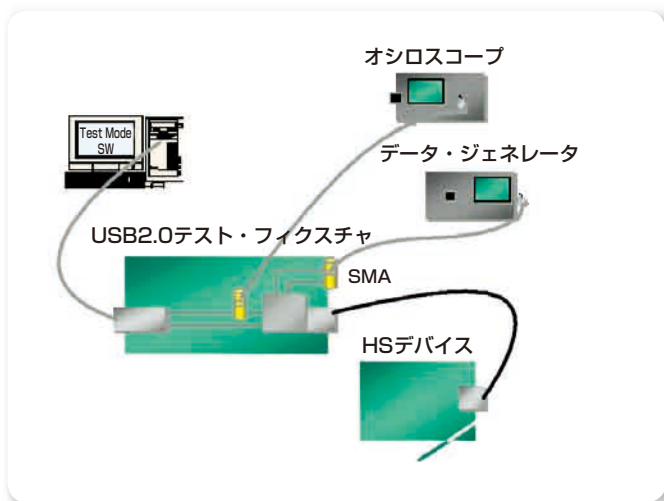
USB 2.0 High-speed (ハイ・スピード) テスト

USB 2.0コンプライアンス・テストは、基本的にはUSB 1.1にしたがっています。これに、USB 2.0のHigh-speedモードが追加になっています。High-speedテストでは、Receiver Sensitivity (レシーバ感度)、CHIRP (チャープ)、Monotonicity (モノトニシティ) およびImpedance (インピーダンス) 測定テストが追加されます。

Receiver Sensitivity テスト

ノイズ環境下での安定した動作を確保するため、USB 2.0 High-speed デバイスは、信号レベルが特定の値以上でIN*パケットに対して、NAK*が反応する必要があります。まずDUTをTest_SEO_NAKモードにし、ホストとシグナル・ジェネレータを置き換えてINパケットを送信します。信号振幅は、DUTにおいて150mV以上にします。このレベルでは、DUTはINパケットに反応してNAKを出力する必要があります。次に、振幅を100mV未満に下げます。この状態で、DUTはINパケットに対して反応しないことが必要です。

* INパケット、NAKについては、USB 2.0の仕様書を参照してください。



▶ 図5 : DPO7254型とDTG5000シリーズ・データ・ジェネレータを使用した、Receiver Sensitivityテストのセットアップ例



▶ 図6 : CHIRPテストにおけるテスト・パラメータ例

テスト機器

Receiver Sensitivityテストでは、当社DPO7254型などのリアルタイム・オシロスコープが必要です。また、振幅を変化させながらINパケットを出力できる、AWG5000Bシリーズ、AWG7000BシリーズまたはDTG5000シリーズが必要です。さらに、TDP1500型またはP6248型*3などの差動プローブ、TDSUSB2コンプライアンス・テスト・ソフトウェアおよびテスト・フィクスチャが必要になります。

図5は、DPO7254型とデータ・ジェネレータを使用したセットアップ例を示しています。DPO7254型Opt. USBには、Receiver Sensitivityテストに必要なセットアップ・ファイルやテスト・パターンなどが含まれています。

CHIRPテスト

CHIRPテストでは、速度検出プロトコルにおけるアップストリーム/ダウンストリームのタイミングをテストします。ハブでは、アップストリームとダウンストリームの両方のポートでテストします。

CHIRPテストでは、DUTをホットプラグにし、シングルエンド・プローブで両方のデータ・ラインを測定します。データとしては、CHIRP K duration (期間), CHIRP Reset Time、High Speedターミネーション前のKJペア数およびデバイス・ターミネーション前、KJKJKJ後の遅延時間を解析します。

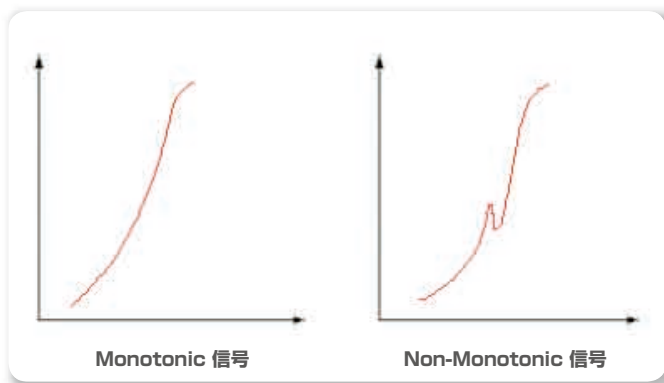
図6に、DPO7254型を使用したCHIRPテストのパラメータ例を示します。

テスト機器

CHIRPテストでは、当社DPO7254型など、2.5GHz以上の帯域のリアルタイム・オシロスコープ、TAP1500型、P6243型*3、P6245型*3などのシングルエンド・プローブが必要です。さらに、TDSUSB2コンプライアンス・テスト・ソフトウェアおよびテスト・フィクスチャが必要です。

マニュアル（手動）でのCHIRPテストは、非常に手間がかかります。TDSUSB2コンプライアンス・テスト・パッケージを使用することでテスト手順が自動化でき、結果も表示できます。

*3 DPO7000シリーズで使用する場合は、TPA-BNC型アダプタが必要です。



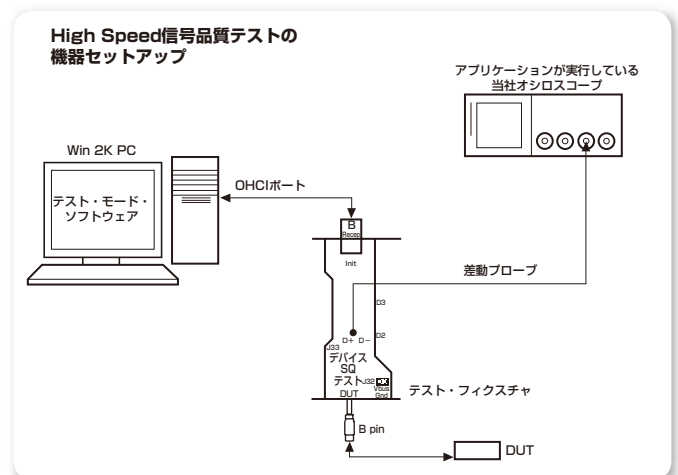
▶ 図7：立上り時間500psの信号でのMonotonicとNon-monotonicの様子



▶ 図8：TDSUSB2コンプライアンス・テスト・パッケージで取込んだテスト・パッケージから、各立上り／立下りエッジをチェックしたMonotonicityテストの例。

Monotonicity (モノトニシティ) テスト

USB 2.0 High-speedコンプライアンス・テストでは、Monotonicityテストが必要になります。Monotonicityテストでは、送信された信号の立上り／立下りエッジが、逆方向に向かうことなく、スムーズに変化する必要があります。立上り／立下りエッジがスムーズに変化しない原因としては、回路内のメタスタビリティ、高周波ノイズ、ジッタなどが考えられます。図7では、立上り時間500psのUSB 2.0 High-speed信号の立上りエッジを比較しています。

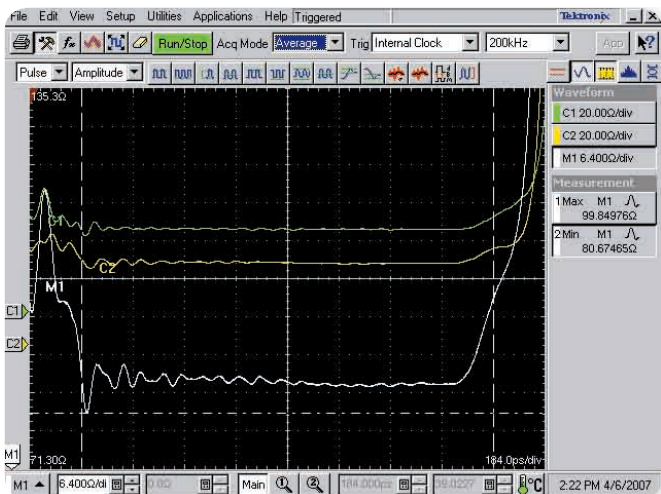


▶ 図9：Monotonicityテストでは、高速信号品質測定用のセットアップが必要になります。

テスト機器

信号の立上り／立下りエッジ部分を数多くのサンプルで取込むためには、可能な限り高速なサンプリング・レートを持ったオシロスコープが必要になります。また、スムーズに変化していない高周波部分を減衰させることなく取込むためには、オシロスコープの周波数帯域も十分に広いことが必要です。サンプル・レートは10GS/s、周波数帯域は2.5~4GHzが必要で、DP07254型が適しています。

Monotonicityテストでは、TDSUSB2コンプライアンス・テスト・ソフトウェアおよびテスト・フィクスチャも必要になります。USB 2.0のMonotonicityテストは、テスト・パッケージ観測時に評価されます。TDSUSB2はテスト・パッケージを取込んで立上り／立下りエッジを測定します（図8、9を参照）。TDSUSB2と高性能オシロスコープの組合せにより、テスト手順は自動化でき、テスト結果も再現性が保てます。



▶ 図10 : DSA8200型サンプリング・オシロスコープと80E04型TDRサンプリング・モジュールの組合せによるTDR測定例

Impedance Measurement (インピーダンス) テスト
 USB 2.0 High-speedモードの信号レートは高速であるため、波形およびパッケージ・インピーダンスは非常に重要な測定パラメータになります。High-speed規格では、ケーブル、シリコンおよびデバイスの差動インピーダンスが規定されています。

USB 2.0では、差動TDRインピーダンスのステップ応答は400psと規定されています。インピーダンス・リミットは、DUTコネクタを基準に定義されています。コネクタからの決められた距離におけるインピーダンスは、70~110Ωである必要があります。ケーブルにおいても、90Ω±15%である必要があります。

テスト機器

Impedance Measurementテストでは、80E04型TDRサンプリング・モジュールを組み込んだDSA8200型デジタル・シリアル・アナライザが必要です。この組合せでは、最大8チャンネル同時に不整合のTDRを測定できます。

DSA8200型によるTDR測定例を図10に示します。規定で定められている90Ω±15%に入っていることを示しています。

テスト機器	Signal Quality テスト	Inrush Current チェック	Droop テスト	Receiver Sensitivity テスト	CHIRP テスト	Impedance Measurement テスト
リアルタイム・オシロスコープ	○	○	○	○	○	
TDR						○
データ・ジェネレータ				○		
テスト・フィクスチャ	○	○	○	○	○	○
テスト・ソフトウェア	○	○	○	○	○	
差動プローブ	○			○		
シングルエンド・プローブ	○		○		○	
電流プローブ		○				

注 : Dropテストでは、マルチメータが必要です。

USB 2.0物理レイヤ・テストに必要な計測器

USB 2.0では、データ・レートが大幅に高速化されたことで、USBコンシューマ向デバイスの種類が増え、職場や家庭でのPCがより使いやすいものになります。コンシューマ向製品の開発においては、いかに早く市場に製品を投入できるかが重要です。適切な計測器を使うことで、スケジュールに合ったUSBデバイス開発が可能になります。特に、オシロスコープの周波数帯域、立ち上がり時間およびサンプル・レートは重要なスペックになります。また、テスト・フィクスチャや自動テスト・ソフトウェアも必要です。

USB 2.0物理レイヤ・テストで必要な計測器については、上記の表を参照してください。



▶ 図11：DPO7254型デジタル・フォスファ・オシロスコープ

USB 2.0物理レイヤ・テストに必要な計測器の選定

リアルタイム・オシロスコープ

USB 2.0の測定では、リアルタイム・オシロスコープが最も重要な計測器となります。オシロスコープを選定する場合、オシロスコープの立ち上がり時間、周波数帯域およびサンプル・レートの仕様が重要になります。以下では、リアルタイム・オシロスコープに要求される性能について説明します。

測定精度におけるオシロスコープの周波数帯域／立ち上がり時間の影響

オシロスコープで必要とされる立ち上がり時間は、測定する信号の立ち上がり時間と密接な関係があります。測定された立ち上がり時間[RT (measured)]、オシロスコープの立ち上がり時間[RT (oscilloscope)] および信号の立ち上がり時間[RT (signal)]の間には、次のような関係式が成り立ちます。

$$RT(\text{measured}) = \sqrt{RT(\text{signal})^2 + RT(\text{oscilloscope})^2}$$

次の表は、オシロスコープの立ち上がり時間、周波数帯域と測定された立ち上がり時間の関係から測定誤差を示したものです。

オシロスコープの周波数帯域／立ち上がり時間と測定値の関係

周波数帯域 (GHz)	立ち上がり時間 (ps)	測定された立ち上がり時間*	測定誤差 (%)
4	100	509	1.80%
3	120	514	2.80%
2	180	531	6.20%
1	340	604	21%

* 500psの立ち上がり信号において

上の表から、オシロスコープの立ち上がり時間が信号の立ち上がり時間の5倍速ければ、測定誤差は1.8%に抑えられます。しかし、オシロスコープの立ち上がり時間が遅くなるにしたがって、測定誤差は大きくなります。したがって、500psの立ち上がり時間を正確に測定するためには、DPO7254型などの、立ち上がり時間が100～180psのオシロスコープが必要になります。

アプリケーション・ノート

オシロスコープのサンプル・レートの影響

500psの信号エッジを詳細に観測するためには、信号エッジは最低でも10ポイント以上取込む必要があります。High-speedテストで要求されるMonotonicityテストでは、特に重要な要素です。

当社のソリューション

500psの信号エッジで10ポイント取込むためには、オシロスコープのサンプル・レートは最低でも20GS/sが必要になります。

当社のリアルタイム・オシロスコープの一覧を次に示します。

仕様	DPO7254型	TDS7404B型	TDS7704B型
立上り/立下り時間	100ps	100ps	62ps
サンプル・レート (1ch)	40GS/s	20GS/s	20GS/s

注：USB 2.0では、エッジ・レートを500psとしています。

DPO7254型デジタル・フォスファ・オシロスコープは、当社Windowsベースのオシロスコープにおける高性能な機種です。最高40GS/sのリアルタイム・サンプル・レート、2.5GHzの周波数帯域、4チャンネル入力の性能を持ち、USB 2.0で必要な設計評価、デバッグに適しています。優れた波形取込能力、簡単な操作性、拡張性も大きな特長です。DPO7254型には、DPX波形取込技術により250,000波形/秒の波形取込レートがあり、間欠的に発生する異常信号をすばやく取込み、表示することができます。

当社のその他の高性能オシロスコープにも、プローブ、ソフトウェア、各種アクセサリと組合せてUSBコンプライアンス・テストに使用できるものがあります。アプリケーションに最適な計測器の選定については、当社営業所までお問い合わせください。

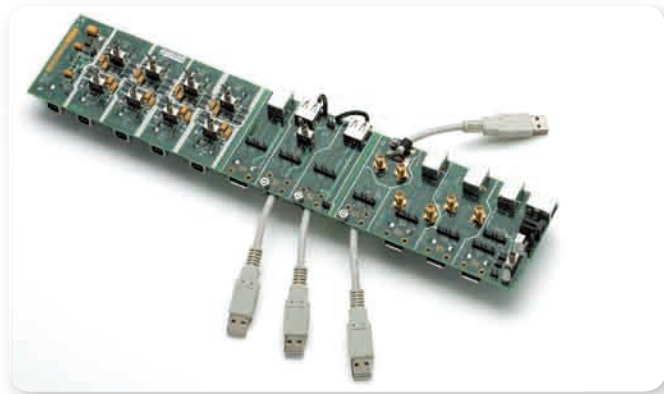
TDR (Time Domain Reflectometer)

TDRは、インピーダンス測定で必要になります。80E04型TDRサンプリング・モジュールを組込んだDSA8200型デジタル・シリアル・アナライザは、真の差動TDRが測定でき、USB 2.0のデバイス、ケーブルのインピーダンス測定に適しています。このオシロスコープとサンプリング・モジュールの組合せにより、差動ライン特性の正、負のTDR波形が同時に表示でき、差動ラインの各導線のインピーダンスまたはコモン・モード電圧が直接表示できます。また、真の差動測定が可能で、USB 2.0デバイスで必要なインピーダンスを Ω 単位で表示することができます。

信号ソース

Receiver Sensitivity (レシーバ感度) テストでは、信号ソースが必要になります。AWB5000Bシリーズ、AWG7000Bシリーズは、USBのレシーバ感度テストに最適な信号ソースです。

DTG5000シリーズは750MHzのデータ・ジェネレータで、ジッタの少ない信号を出力することができ、USB 2.0 High-speedのコンプライアンス・テスト・システムに簡単に組み込むことができます。2チャンネル出力ですので、USBデバイスで使用される非標準の差動信号を出力できます。USB 2.0のレシーバ感度テスト実行のためのセットアップ・ファイルも用意されています。



▶ 図12：テスト・フィクスチャ

テスト・フィクスチャ

各テストのセットアップのためのプロービングには、テスト・フィクスチャが必要です。テスト・フィクスチャは、差動データライン（D+、D-、V_{BUS}）にアクセスでき、オンボードのUSBコネクタまたは電流プローブ用の測定ループを持っている必要があります。

Receiver Sensitivityテストでは、データラインとデータ・ジェネレータを接続するためのSMAケーブルが必要です。TDR測定においても、接続用のケーブルが必要になります。

TDSUSB2型は、USB 2.0のコンプライアンス・テストに適したテスト・フィクスチャです（図12参照）。

テスト・ソフトウェア

USB 2.0コンプライアンス・テストは、マニュアル（手動）、半自動、または全自動で行います。

全自動テスト・ソフトウェア

TDSUSB2は、USB 2.0のコンプライアンス・テスト用ソフトウェアです。オシロスコープを自動的に設定したり、テストを自動実行するなど、ボタン一つでテストを実行できるため、テストを効率よく行うことができ、測定によるエラーを防ぐこともできます。

半自動テスト・ソフトウェア

テストによっては自動で行える項目もありますが、マニュアルで行わなければならない項目も含まれています。

High-speedテストにおいてマニュアルでテストする項目としては、Receiver Sensitivityテストなどがあります。

マニュアル（手動）テスト

従来、コンプライアンス・テストは、MATLABスクリプトによりテストしてきました。MATLABスクリプトによるテストでは、オシロスコープの設定、カーソルの正確な位置指定、信号の取込みと .tsvファイル形式による波形保存など、すべてのテスト手順をマニュアルで実行しておく必要があります。

テストとセットアップは複雑であり、熟練が必要です。中でも、テストごとにオシロスコープの設定は異なるため、オシロスコープの設定は最も時間のかかる作業です。また、テスト手順をドキュメントとして残す必要がありますので、非常に手間のかかる作業が必要になります。

プローブ

USB 2.0のコンプライアンス・テストでは、プローブは非常に重要なコンポーネントです。当社は、差動プローブとしてP6248型*4、TDP1500型、シングルエンド・プローブとしてP6245型*4、TAP1500型、また電流プローブとしてTCP202型、TCP0030型を用意しており、高密度の実装基板の狭いピン間隔や狭いスペースでのプロービングも簡単に行え、信頼性の高い信号取込みが可能になります。

*4 DP07000シリーズで使用する場合は、TPA-BNC型アダプタが必要です。

まとめ

USB 2.0の普及により、より使いやすくなった、新しい周辺機器の開発が急務になっています。しかし、データ・レートが高速になったことによって、解決しなければならない問題もまた増えてきました。

当社では、優れたオシロスコープ、真の差動TDR、高速データ・ジェネレータ、豊富なプローブ、さらに全自動テスト・ソフトウェアとテスト・フィクスチャを用意し、USB 2.0のコンプライアンス・テストを簡単に、かつ正確に行えるようにしました。

当社は、USBデバイスの設計エンジニア向けに豊富な技術資料をご用意しています。当社ウェブ・サイト (www.tektronix.com/ja/usb) をご参照ください。

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。Windowsは、米国Microsoft Corporation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。

02/11

55Z-15027-3



〒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
ヨッ良い オシロ
テクトロニクス お客様コールセンター TEL:0120-441-046
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)

www.tektronix.com/ja

■ 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