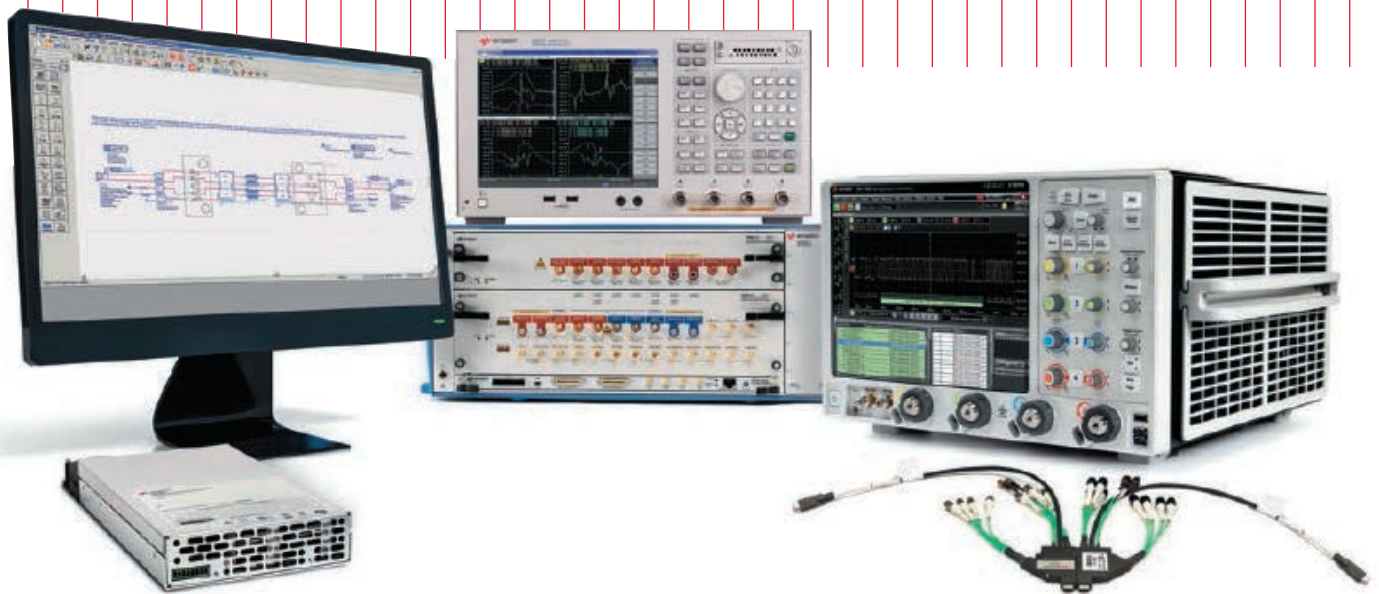


Keysight Technologies

# USB Type-Cのシミュレーションと測定の相関

キーサイトとType-C：完成への早道

Application Note



## 概要

USB Type-C™は、新しいコンピューターやデバイスの小型化／薄型化、データ伝送の高速化、より大きなパワーへの対応、柔軟性の向上への要求に応えるために設計された画期的な規格です。USB Type-Cで改良された項目には、デバイス間の接続、パワーの管理、有効なデータ伝送の保証などがあります。USB Type-Cには以下の特長があります。

- 動的なパワーとUSB 2.0および他のプロトコルの伝送が可能
- 新しいデバイスや将来のデバイスの中心的インタフェースとなる能力
- 下位互換性
- どちらの向きでも接続できる使いやすさ

USB Type-Cを製品に組み込むには、相互運用性とコンプライアンスを実現するために、いくつかの問題を解決しなければなりません。USB Type-Cでは、データ伝送の高速化、パワーの増加、機能の追加のために、コンプライアンステスト規格の数が増え、内容も複雑化しています。このため、テストには、規格に準拠した高精度のテスト機器、ソフトウェア、フィクスチャが必要です。

この測定のヒントは、USB Type-Cのデザインとテストに関する問題と解決策に関してさまざまな観点から説明する5つのドキュメントのシリーズの中の1つです。シリーズ全体では以下のトピックスを扱っています。

- ケーブルとコネクタ
- 電力供給
- 送信／受信
- シミュレーションと測定の相関
- オルタネート(ALT)モード (DisplayPort、Thunderbolt、MHL)

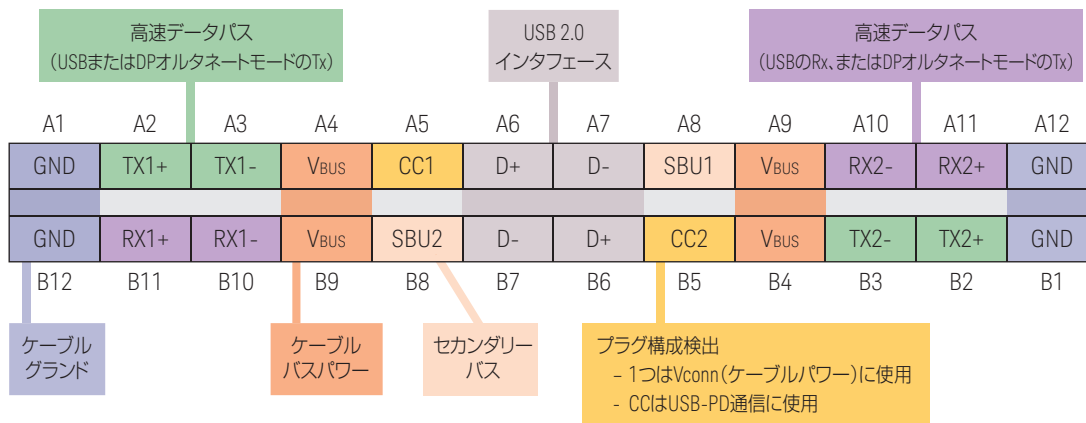


図1. USB Type-Cのピン出力。どちらの向きにも接続できる対称的な構造が特長です。

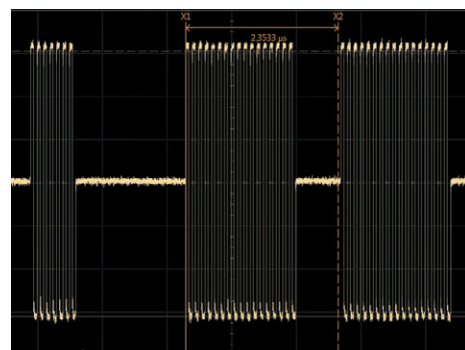
## USB Type-Cデザインのシミュレーション／検証

USB Type-Cのアップグレードまたはデバイスへの組み込みは複雑になっています。従来のバージョンでは、4ピンまたは8ピンでのパワー／グランド／データ接続が、複数のパワー／グランド／Tx/Rxライン／制御ラインなどを含む24ピンに移行しなければなりません。デザインプロセスのできるだけ早い段階で、Type-Cデバイスがどのように機能するのかを調べることは、さまざまな利点があります。物理層デザインシミュレーションを実行すれば、有効なレイアウトを確立して、最適な性能を実現し、新しいデバイスデザインの最終的なテストコンプライアンスを達成し、デザインのやり直しを回避することができます。コストのかかるハードウェアプロトタイプを作成を繰り返さずに問題を早い段階で特定するには、コンプライアンステスト用のデザインシミュレーションを実行するのが最適です。

Type-C性能のシミュレーション／デザイン検証には、さまざまなストレス信号を与えたときのトランスミッター、レシーバー、チャネルのクロック／データ信号の特性評価が必要で、これにより相互運用性を確立できます。

## トランスミッター

送信(Tx)テストでは、指定されたコンプライアンス波形パターンを送信して、高速リアルタイムオシロスコープで各波形の信号品質を測定します。帯域幅が20 GHz(Thunderbolt向けには30 GHz)のオシロスコープを使用して、各信号のアイの高さ、アイの幅、信号振幅、ジッタ解析、平均データレート、立ち上がり/立ち下がり時間を測定します。

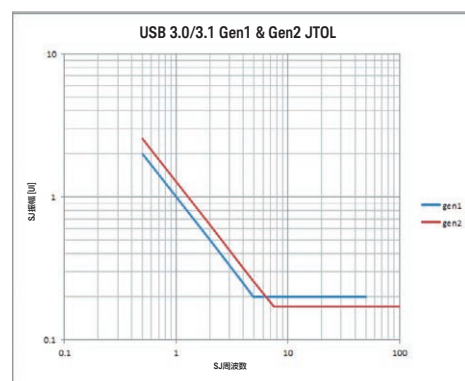


トランスミッターのコンプライアンステストには以下が含まれます。

- トランスミッター・アイ・テスト
- トランスミッターのスペクトラム拡散クロック(SSC)プロファイルテスト
- LFPS(Low frequency periodic signaling)およびLFPSベースのLBPM(パルス幅変調メッセージング)プロトコルテスト

## レシーバー

レシーバー(Rx)検証テストでは、USBデバイスの性能をさまざまな振幅/ジッタ条件で評価する必要があります。レシーバーは、正弦波のさまざまなジッタ周波数/振幅のワーストケースの入力信号条件(ストレスダイ)でテストします。同時に、エラーディテクターによってレシーバーの検出ミス(ビットエラー)をモニターし、ビット・エラー・レート(BER)を計算します。



ビット・エラー・レート・テスター(BERT)のパターンジェネレーターによってさまざまなジッタ条件を印加し、ワーストケースの入力信号をレシーバーが適切に検出する能力やビット・エラー・レートをテストします。テストモードのレシーバーをエミュレートしている間、BERTは校正済みテスト信号を受信しながらデジタル信号の内容を検出して、目標BERに基づいて性能をモニターできます。BERTはパターンジェネレーター機能と信号解析機能を備えているだけでなく、SSC、正弦波ジッタ(SJ)、ランダムジッタ(RJ)、ディエンファシス、符号間干渉(ISI)などの校正済みのストレス条件を出力することもできます。

レシーバーのコンプライアンステストには以下が含まれます。

- ジッタ耐力テスト
- LFPS(Low frequency periodic signaling)およびLFPSベースのLBPM(パルス幅変調メッセージング)プロトコルテスト

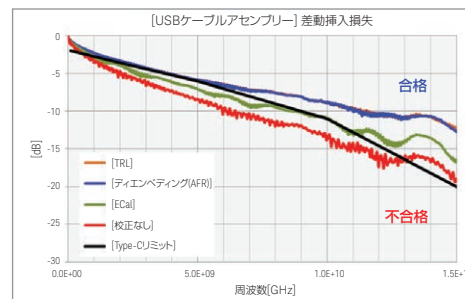
## チャンネル(コネクタ/ケーブル)

チャンネルテストにはSパラメータ解析が含まれています。これはシグナル・アナライザで測定するのが最適です。

チャンネルのコンプライアンステストには以下が含まれます。

- IIfitNy(Insertion loss fit at Nyquist frequency)
- IMR(Integrated multi-reflection)
- IXT(Integrated crosstalk)

Type-C接続はどちらの向きにも接続できるので、デザインエンジニアにとってTx/Rxラインの両方のペアのテストを検討することも重要です。さらに、デバイスがオルタナティブプロトコルを送受信する場合は、それもテストする必要があります。



## デザインとシミュレーション／測定の相関の課題

新しいデバイスのデザインは、まず、エレクトロニック・デザイン・オートメーション(EDA)スキーマティックのキャプチャーから始まり、次にシミュレーション、レイアウト、電磁界シミュレーションが実行され、最後に規格に対するコンプライアンステストが行われます。EDAソリューションから得られたシミュレーション波形と、ベンチで測定器によって捕捉された測定波形に、同じコンプライアンス規格測定ソフトウェアを適用すれば、シミュレートされたコンプライアンスレポートの信頼性を容易に確認できます。キーサイトは、規格委員会によって承認されたものと同じコンプライアンス・テスト・スイートを共有するEDAソフトウェアと電子計測機器の両方を提供できる唯一のメーカーです。共通の測定アルゴリズムセットを使用すればシミュレーションとハードウェアテストの結果の相関が向上します。これにより、デザイン終了時のシミュレートによるコンプライアンステスト手法の信頼性が向上します。

USB 3.1 SuperSpeed+ Type-Cデザインのシミュレーションは特に重要です。データレートの上昇、Type-Cのコンプライアンスマージンの厳格化、チャンネルで大幅に劣化してRx入力ピンでアイが閉じるような信号により、テストがより困難になるからです。デザイン中に適切なシミュレーションを実行して、デザインサイクルの後で生じる問題を軽減することができます。パッケージ、PCB、ケーブルコネクタを含むTxピンからRxピンまでのエンドツーエンドのシミュレーションを実行すれば、信号にボトルネックが生じているかどうかを明らかにすることができます。プロトタイプの実行に移行する前にデザインのコンプライアンステストを行えば時間と費用を節約できます。デザイン変更は、実際のPCBまたはデバイスよりもシミュレート環境で行う方が非常に簡単です。また、後処理によるシミュレート波形と測定波形に対して同じコンプライアンスツールを使用すれば、出荷サイクルまでのデザイン全体を削減することができます。

## キーサイトのソリューション

キーサイトのデザイン・シミュレーション・ソフトウェアであるAdvanced Design System(ADS)では、USB 3.1 Type-Cトランスミッター／レシーバー／チャンネルのエンドツーエンドシミュレーションを実行できます。デザインエンジニアは、最初にADSのW2353EP USBコンプライアンス・テスト・ベンチ(CTB)に付属しているスキーマティック・デザイン・サンプルを使用でき、それをカスタマイズして必要なIPブロックを選択できます。USB CTBは、Infiniiumオシロスコープ用のU7243B USB 3.1コンプライアンス・テスト・ソフトウェアが使用しているフォーマットでシミュレートされた電気波形やタイミング波形をファイルに書き込みます。ADSおよびUSB CTBは、シミュレーションと測定の相関に関する問題を解決するのに役立ちます。コンプライアンスソフトウェアによって実行されたシミュレーションが合格した場合、デザイナーは自信をもって製造に進むことができます。プロトタイプが製造から戻ってきたら、それを物理テストベンチに接続して、まったく同じコンプライアンスアプリケーションをInfiniiumオシロスコープで使用して測定できます。

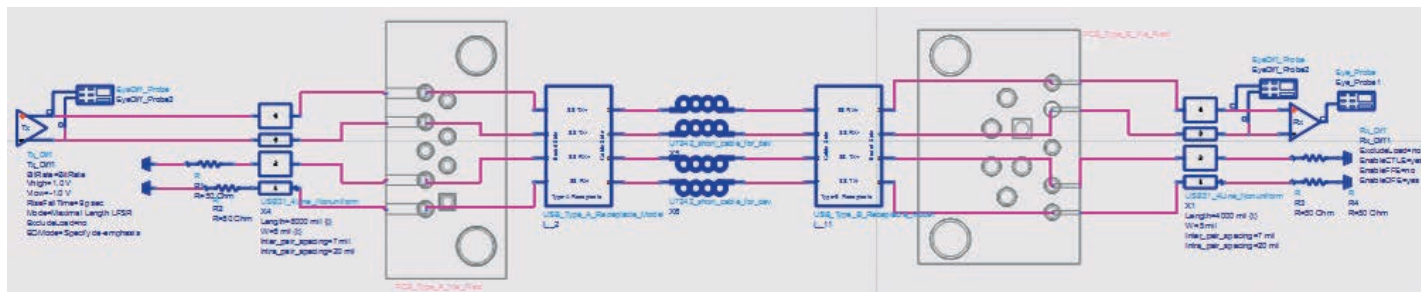
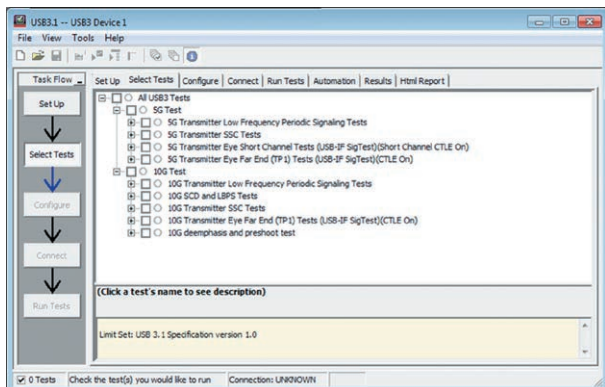


図2. ADSソフトウェアのUSBデザインシミュレーション

何らかの不一致が生じた場合、同じコンプライアンス・アプリケーション・ソフトウェアが使用されているので、シミュレーションフェーズと物理デザインフェーズの間で一時的に生じた作業が原因であると判断できます。



W2353EP USB CTBソフトウェアはADS内部で使用でき、シミュレーション・テスト・ベンチとWaveform Bridgeスクリプトという2つの部品で構成されています。シミュレーション・テスト・ベンチはサブ回路、具体的には、USBトランスミッター、チャンネル、USBレシーバーで構成されています。シミュレーション・テスト・ベンチを使用して製造前のデザインを反映すれば、チャンネルシミュレーションを実行して適切な波形をデータセットに書き込むことができます。Waveform Bridgeスクリプトにより、データセット内の波形を取り込み、InfiniiumオシロスコープのU7243B USB 3.1コンプライアンス・テスト・アプリケーションが解析可能なファイル形式で波形を書き込むことができます。このアプリケーションはオシロスコープ上の生データに対して実行でき、同様に保存信号にも使用することができます。さらに、ユーザーはリモートモードでアプリケーションを実行することもできます。つまり、あらゆるWindows PC(Advanced Design Systemソフトウェアがインストールされているものを含む)上で動作します。

物理層シミュレーションには以下の波形が含まれます。

- ホスト：Tx\_AMI、ホストPCBトレース、ピアフィールド
- ケーブル：Sパラメータ
- 機器：Rx\_AMI、機器PCBトレース、ピアフィールド

U7243B USBトランスミッター・コンプライアンス・テスト・ソフトウェアとキーサイトのInfiniiumオシロスコープを使用することにより、USB 3.1規格で定義されているトランスミッターコンプライアンス/検証テストを実行できます。ソフトウェアと測定器を組み合わせれば、USB 3.1の高速シリアル速度と高速化に伴うマージンの縮小に対応するために必要な測定が行えます。

## まとめ

USB 3.1およびType-C仕様により、USBデバイスのデザインにさまざまな新しい問題が生じています。USBトランスミッター、レシーバー、チャンネルのデザインのコンプライアンス検証を開発フェーズのできるだけ早い段階で行えば、デバイスデザインにかかる時間が短縮され、コストのかかるデザインのやり直しを回避できます。シミュレーションソフトウェアで、デバイス検証テストに使用されている測定器の測定ソフトウェアと同じ測定技術を使用すれば、時間を短縮して疑わしい結果を回避できます。

キーサイトのType-Cソリューションセット(ソフトウェア、測定器、フィクスチャ)を使用すれば、このような汎用インタフェースに関連するさまざまな規格の完全なテストをすぐに行えます。デザインと検証のどちらを行う場合でも、キーサイトのソリューションを利用することで、デバッグから特性評価、コンプライアンス、完成までの道筋が容易になります。



## 次世代の解析のダウンロード

キーサイトのソフトウェアには、専門知識に裏付けされたノウハウが凝縮されています。キーサイトは初期のデザインから最終製品の出荷に到るまでに必要となるツールを提供し、解析データが有用な情報へ、さらに設計上の知見となることを加速させ、デザインサイクルの効率化に貢献します。

- エレクトロニック・デザイン・オートメーション(EDA)ソフトウェア
- アプリケーションソフトウェア
- プログラミング環境
- プロダクティビティソフトウェア

詳細については、以下のウェブサイトをご覧ください。

[www.keysight.co.jp/find/software](http://www.keysight.co.jp/find/software)

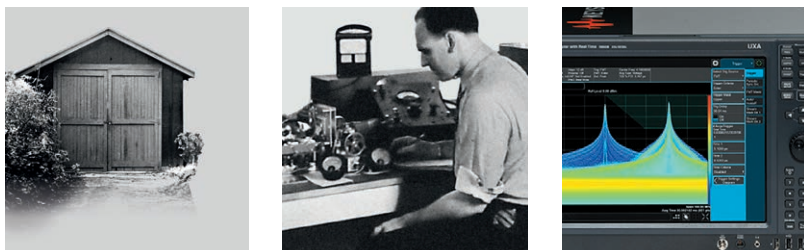
まずは、30日間の無料試用版をお試ください。

[www.keysight.co.jp/find/free\\_trials](http://www.keysight.co.jp/find/free_trials)



## ヒューレット・パッカードからアジレント、そしてキーサイトへ

キーサイトは、75年以上もの間、電子計測によって未知なる世界を解き明かしてきました。キーサイト独自のハードウェア、ソフトウェア、スペシャリストが、お客様の次のブレイクスルーを実現します。Unlocking measurement insights since 1939.



1939

未来

**myKeysight**  
[www.keysight.co.jp/find/mykeysight](http://www.keysight.co.jp/find/mykeysight)  
ご使用製品の管理に必要な情報を即座に手に入れることができます。

**AXIe**  
[www.axiestandard.org](http://www.axiestandard.org)  
AXIe (AdvancedTCA® Extensions for Instrumentation and Test) は、AdvancedTCA®を汎用テストおよび半導体テスト向けに拡張したオープン規格です。Keysightは、AXIeコンソーシアムの設立メンバーです。

**LXI**  
[www.lxistandard.org](http://www.lxistandard.org)  
LXIは、ウェブへのアクセスを可能にするイーサネットベースのテストシステム用インタフェースです。Keysightは、LXIコンソーシアムの設立メンバーです。

**PXI**  
[www.pxisa.org](http://www.pxisa.org)  
PXI (PCI eXtensions for Instrumentation) モジュラー測定システムは、PCベースの堅牢な高性能測定/自動化システムを実現します。

**DEKRA Certified**  
[www.keysight.com/go/quality](http://www.keysight.com/go/quality)  
Keysight Technologies, Inc.  
DEKRA Certified ISO 9001:2015  
Quality Management System

USB Type-C™およびUSB-C™は、USB Implementers Forumの登録商標です。

[www.keysight.co.jp/find/usb](http://www.keysight.co.jp/find/usb)

**キーサイト・テクノロジー合同会社**  
本社 〒192-8550 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@keysight.com](mailto:contact_japan@keysight.com)

ホームページ [www.keysight.co.jp](http://www.keysight.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。