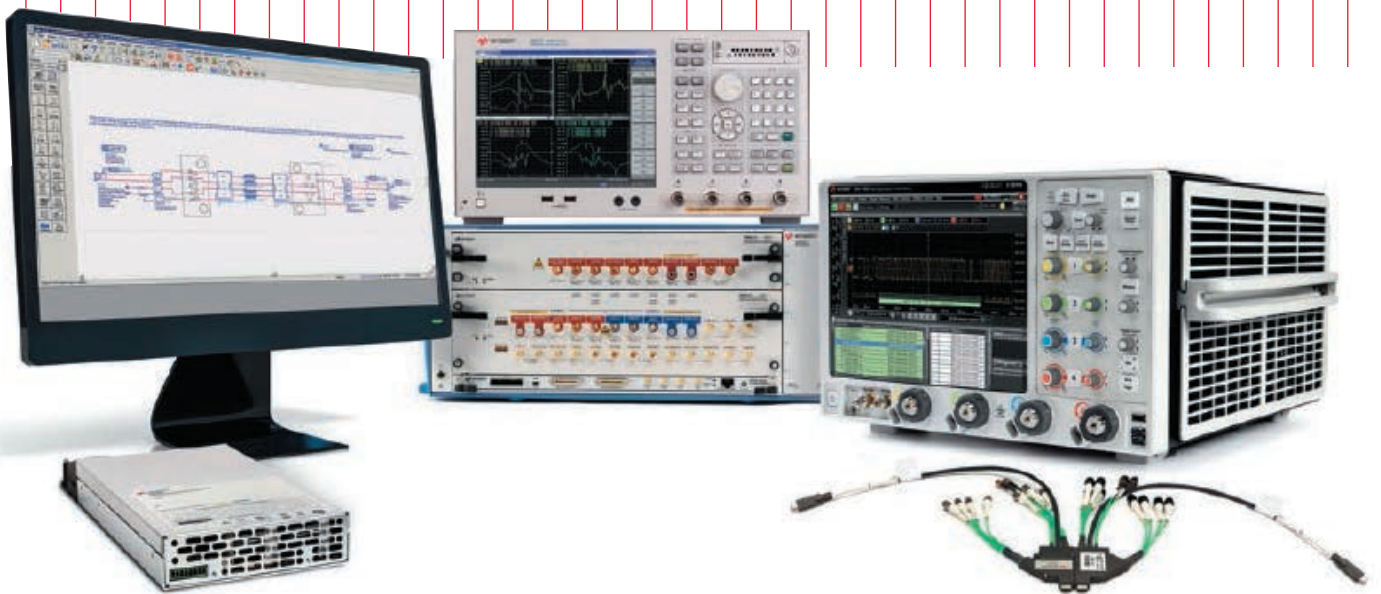


Keysight Technologies

USB Type-C™ オルタネートモードと
このモードで動作する規格のテスト方法
Keysight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で改良された領域には、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
- 新しいデバイスや未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、テストの成功には、規格に準拠した高確度のテスト機器、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)

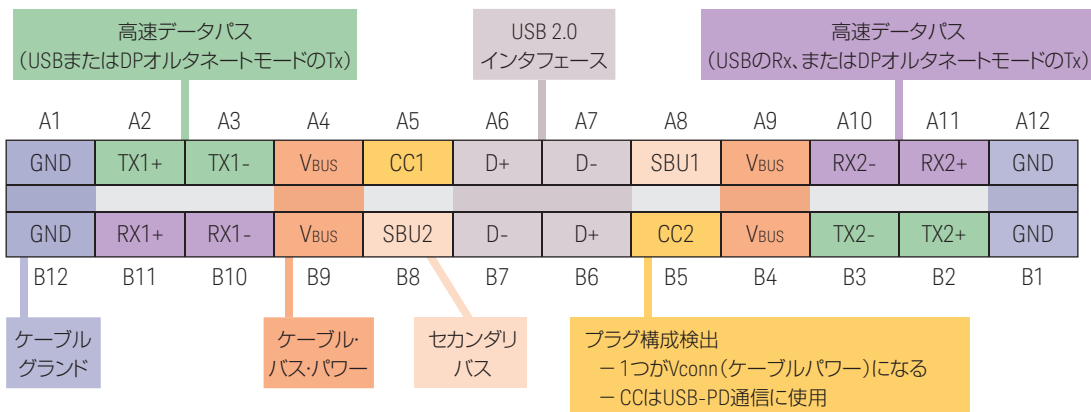


図1. USB Type-Cのピン配列。どちら向きにも接続できる対称的な構造になっています。

Type-Cのオルタナート(Alt)モード

革新的なUSB Type-Cコネクタとその新しい機能には、他のプロトコル標準化団体も注目しています。Thunderbolt、DisplayPort(DP)、Mobile High-Definition Link(MHL)では、次世代のインタフェース接続としてUSB Type-Cを使用することが決まっています。USB Type-Cによるオルタナートプロトコルのサポートは、電源供給とオルタナート(Alt)モードによって可能になります。オルタナートモードを使用することにより、USB Type-Cは、USBデータに加えて(あるいはそれに代わって)他のプロトコルを送受信でき、USB 2.0データ伝送と、強化された双方向の充電機能を提供することで、より広範囲のデバイスをサポートできます。オルタナートモードは、電源供給回路と連携して、固有のデータ信号とより多くのパワーを送受信できるので、Type-C接続を使用して、USB以外のさまざまなデバイス接続や制御を実現できます。この測定のヒントでは、オルタナートモードのアプリケーションの例として主にDisplayPortを取り上げ、関連する問題とソリューションについて説明します。

オルタナートモードの動作の仕組み

エンドツーエンドのUSB Type-C接続が最初に確立され、ケーブルの向きが検出されて、プロバイダー/コンシューマーの役割がデバイスによって認識された後、USB Type-Cの電源供給回路が、接続されているすべてのデバイスに対するパワーのネゴシエーションと管理を開始します。電源供給のネゴシエーションにより、デバイスは必要なパワーを指定し、さまざまな機能に応じてそのパワーの調整を要求することができます。ネゴシエーションおよび検出プロセスでは、デバイスは、固有のプロトコル要件として、オルタナートモードの使用を要求することができます。USB以外のデータは、USB Type-Cケーブルのピンの目的を、オルタナート・データ・プロトコル向けに変更することによって伝送されます。

Type-C接続には、8本のピンからなる4本のデータレーン(TX1±、RX1±、TX2±、RX2±)があり、これらのレーンを使用して、USB 3.1、DisplayPort信号、またはその他のオルタナート・データ・プロトコルを伝送することができます。オルタナートモードの伝送には、4本の高速Tx/Rxレーン、2本のサイドバンドピン(SBU1、SBU2)、およびCC1またはCC2を利用できます。D±ピンは常にUSB 2.0データ伝送用に予約されていて、未使用のCC1/CC2ピンはアクティブケーブルに電源を供給します。オルタナート・プロトコル・モードは、接続された構成チャネル(CC1/CC2)経由の電圧レベルメッセージを使用して、電源供給回路から設定されます。オルタナートモードはきわめて柔軟性が高く、電源供給用のCC1/CC2チャネル経由で通信することにより、デバイスがUSB Type-Cピンの機能を動的に再割り当てすることができます。例えば、デバイスはUSB 3.1として開始した後、DisplayPort 1.3に切り替えることができます。



図2. オルタナート(Alt)モードで使用されるピン。

オルタナートモードでは、SBUラインがアクティブになります。右の表に、オルタナートモードの各テクノロジーでのSBUラインの機能を示します。

USB Type-C接続でUSBオルタナートプロトコルが使用できることにより、一般消費者にとってはデバイスの相互接続が簡単になります。一方、オルタナートプロトコル、USBデータデータ転送、動的パワーの機能を持つデバイスのデザイン、統合、検証には、徹底した特性評価と、より厳しいコンプライアンス手順が必要になります。

オルタナートモードのテクノロジー	SBUラインの機能
DisplayPort	AUX±
MHL	e-CBUS-1、 e-CBUS-2(リンク検出、 管理、クロック)
Thunderbolt	低速RxおよびTxライン (LSRX、LSTX)

USB Type-Cオルタネート・モード・テストの問題

オルタネートプロトコルを使用するUSB Type-Cデバイスのデザインと検証に必要なテストの量は、USB Type-CコンFORMANCEテスト単独の場合よりもはるかに多くなります。

オルタネート・モード・テストの主な問題：

- 電源供給のCC1/CC2ラインによるオルタネート・モード・プロトコルの検出／構成のテストと検証 - DisplayPortの例：

DisplayPortのAUXラインはSBU1/2に接続され、ホットプラグ検出が電源供給用のCC1/CC2ラインにパケットとして追加されて、コマンドに変換されます。ホットプラグ検出パケットの内容を変更することは簡単ではないため、自動コマンドを使用して代表的なDisplayPortセットアップのシミュレーションと検証を行うことは困難です。このタイプのテストでは、電源供給用のCC1/CC2ラインに渡される情報を制御する必要があります。

- オルタネートモード仕様のテスト

USB Type-C仕様に加えて、DisplayPort、MHL、Thunderboltなどの個々のオルタネートプロトコルに対するテスト仕様も検証する必要があります。オルタネートモードでは、初期化や制御など、テストが特に困難な領域がいくつかあります。これは、初期化、伝送、パワーレベル、およびその他の動的パラメータのステートの種類が多いため、多くの異なるシナリオでテストすることが必要だからです。例えば、DisplayPort仕様には、パターン、テストポイント、レベル、プリアンファシスのさまざまな構成でのテスト要件が規定されています。

- オルタネートモードのケーブルアセンブリのテスト - DisplayPortの例：

DisplayPort over USB Type-Cを製品に組み込み、相互運用性を保証してテストコンプライアンスを実現するプロセスには、固有の問題がいくつかあります。測定を正しく行うには、USB Type-C(85 Ω)とDisplayPort(100 Ω)のインピーダンスの違いに対処する必要があります。また、DisplayPort 1.3では新しいシグナリングレートが追加され、最大ビットレートが8.1 Gbps/レーンに増加しています。これはデータレートの50%の増加であり、測定における損失、反射、クロストークの影響が大きくなります。テスト環境(テストフィクスチャなど)によって測定が影響されないようにするには、フィクスチャの影響を除去するためのさらに厳密な手法が必要です。

USB Type-Cとオルタネートモードの適切なテスト結果をタイミングよく取得するには、専用の測定器、ソフトウェア、ソリューションの助けを借りる必要があります。

キーサイトのソリューション

USB Type-CでのUSBとオルタネートモード機能の組み合わせは、必要な検証とコンFORMANCEテストの数の大幅な増加をもたらしました。Type-Cデバイスに必要な測定器、フィクスチャ、ソフトウェアを持たないエンジニアにとって、テストの開発は手に余る作業になる可能性があります。特に、規格が現在も進化中であることを考えればなおさらです。このような困難な作業のために特別に設計された製品やソリューションを利用することにより、時間と費用を節約し、信頼できる結果を確実に得ることができます。

USB Type-CコネクタによるDisplayPort伝送の検証とテスト

キーサイトのDisplayPort伝送テスト/検証ソリューションでは、基準同期、N7015AおよびN7016Aフィクスチャ、電源供給コントローラーを使用します。この構成では、最初にDisplayPortプロトコル経由のデバイスとの通信を確立し、その後にType-Cに切り替えます。ビットレート、レベルプリエンファシスなどの設定により、被試験デバイスを制御することができます。テストには、DisplayPortのさまざまなモードや条件に対するAUXチャンネル制御の設定が含まれます。

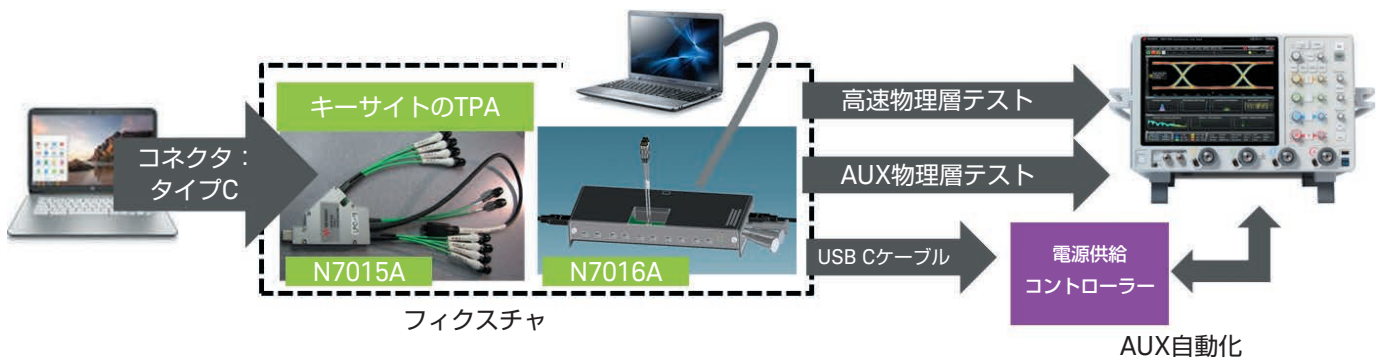


図3. キーサイトのオルタネートモード(DisplayPort)伝送テストのためのソリューション。

トランスミッター・テスト・ソリューション

DisplayPort Tx検証用のキーサイトの推奨ソリューションでは、DSO Vシリーズ Infiniiumリアルタイムオシロスコープ、U7232D DisplayPortコンプライアンス・テスト・ソフトウェア、N7015A/N7016A TPAフィクスチャを使用します(図3)。このソリューションには、デバイスの送信信号に対する数学的処理、フィクスチャのディエンベディング、ケーブルのエンベディングの機能があります(図4)。これにより、必要な仕様に基づく連続時間リニアイコライゼーション(CTLE)と、最高ビットレートに適用されるデジション・フィードバック・イコライザー (DFE)が可能になります。このソリューションでは、パターン、テストポイント、レベル、プリエンファシスのさまざまな構成で必要なDisplayPort測定が行えます。柔軟なソフトウェアにより、デバッグモードでパラメータ値を変更できます。テストが定義されれば、さまざまなシナリオを切り替えて自動的に実行できます。

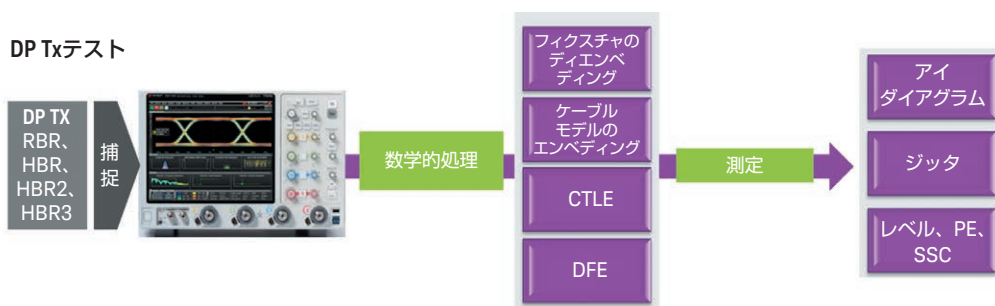


図4. キーサイトのDPトランスミッター・テスト・ソリューションには、デバイスの送信信号に対する数学的処理、フィクスチャのディエンベディング、ケーブルのエンベディングの機能があります。

- Keysight DSA Vシリーズ Infiniiumオシロスコープ
 - >16 GHz(イコライゼーション使用)
 - ジッタ/ディエンベディングソフトウェアをアイダイアグラム/ジッタ測定に使用可能
- U7232D DisplayPort 1.3コンプライアンス/検証テストソフトウェア
 - このソフトウェアは、ユーザーに対して作業手順を順次ガイドするので、セットアップのミスを最小限に抑えることができます。DisplayPort 1.3コンプライアンステスト仕様に準拠したテストを実行し、ソフトウェアが作成するレポートからテスト情報を取得できます。突入電流のテストと、AUXチャンネルの物理層のテストも含まれています。
- Type-C N7015A/N7016Aテスト・ポイント・アダプター用テストフィクスチャ(図5)
 - N7015A Type-C高速テストフィクスチャ(Infiniiumオシロスコープと組み合わせて使用)により、20 GHzの帯域幅(-3 dB)で最高のシグナルインテグリティを実現するとともに、最大30 GHzのディエンベディング可能帯域幅に対応し、USB 3.1 10 Gbps、DisplayPort 1.3、Thunderbolt 3でType-Cコネクタをサポートするための信号検証とデバッグが可能です。このフィクスチャを使用することで、デバイス/ホスト(上り/下り)ポートに対する信号アクセスと測定が可能になります。これは、4組のTx/Rxペアすべてと、オルタネートモード用のSBU信号にアクセスするために便利です。
 - N7016A Type-C低速信号アクセス/制御フィクスチャは、N7015A Type-C高速テストフィクスチャからのパワーラインと制御ラインを管理して、終端要件、テスト構成、電源供給コントローラーとの接続をサポートします。このフィクスチャは特に、電源供給プロトコルのデバッグに便利で、信号に対するアクセスと評価が可能です。
 - N7016Aは、N7015A Type-C高速テストフィクスチャに接続され、CC1、CC2、 V_{BUS} 、SBU1、SBU2、グランドなどのUSB 3.1信号へのアクセスにより、システム制御や診断が可能です。接続の電子的な反転(アクティブなUSB 3.1 High-Speedポートの変更)、 V_{BUS} のブレイクアウトによるパワーコントローラーまたは外部電源による駆動が同時に可能です。また、 V_{Conn} をロードして、システム環境をシミュレートすることもできます。

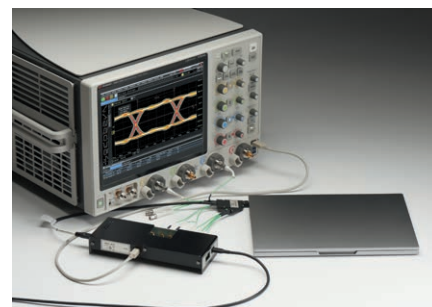


図5. N7015A/N7016A Type-Cテストフィクスチャ。

レシーバー・テスト・ソリューション

キーサイトのDisplayPortレシーバーテスト用テストソリューションには、以下が含まれています。

- Keysight M8020A高性能シリアルJ-BERT(レベル制御、ジッタ追加、クロストーク追加、校正)
- N5990A自動コンプライアンス/デバイス評価テストソフトウェア(シリアル/マルチレーン・ギガビット・テスト用)
 - テストシーケンサーと必要な測定器制御が含まれています。
 - キーサイトのパートナーであるBitifEye Digital Test Solutionsは、テストの自動化を専門としており、N5990A Rxコンプライアンスソフトウェアとキーサイトの測定器に基づくカスタマイズや統合されたソリューションを提供しています。

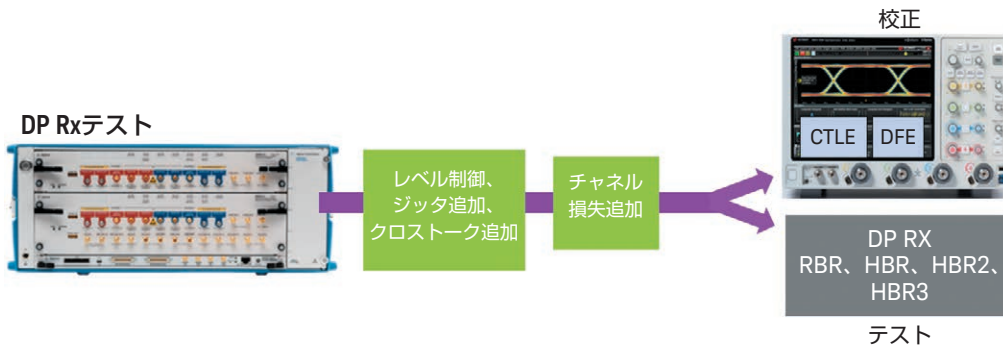


図6. Type-C Tx/Rxを通じたDisplayPortのテストソリューション。

キーサイトのオルタネートモード(DisplayPort)ケーブルアセンブリ測定ソリューション

さまざまなインピーダンス環境の管理

最初の問題は、USB Type-Cの85 Ω とDisplayPortの100 Ω という異なるインピーダンス環境の管理です。50 Ω 以外の環境での測定と校正は、困難であったりトレーサビリティを確立できないという問題があります。このため、50 Ω 環境で(通常の校正キットと手法を使用して)測定と校正を行い、結果を必要なインピーダンスに再正規化する必要があります。E5071C ENAオプションTDRのポート基準インピーダンス変換機能を使用すれば、USB Type-Cポートを85 Ω に再ノーマライズできます。

測定からのフィクスチャの効果の除去

テスト機器をケーブルアセンブリに接続するには、テストフィクスチャが必要です。8.1 Gbpsのデータレートでは、フィクスチャの効果を除去することが、十分な歩留まりを得るために不可欠です。推奨される手法は、「2×スルーディエンベディング」です。2×スルーディエンベディングでは、電子校正(Ecal)ユニットを使用して完全な校正を実行して、テストケーブルの末端に校正基準面を設定します。次に、フィクスチャトレースのSパラメータをディエンベディングすることにより、基準面をUSBコネクタの端まで延長し、フィクスチャの効果を実効的に測定から除去します。ディエンベディング法の鍵となるのは、フィクスチャトレースのSパラメータの品質です。Sパラメータを取得するには、自動フィクスチャ除去(AFR)機能をお勧めします。AFR機能は、キーサイトのN1930B物理層テストシステム(PLTS)ソフトウェアに搭載されています。これを使用すれば、シンプルな3ステップの手順で、フィクスチャのきわめて正確なSパラメータを取得できます。

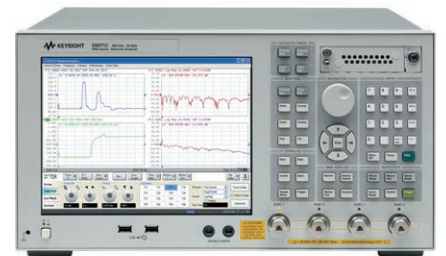


図7. E5071C ENAオプションTDR。

まとめ

USB Type-Cオルタネートモードのコンプライアンステストでは、各デバイスに対するテスト手順が大幅に増えます。現在入手できる最高の測定器、フィクスチャ、ソフトウェアを利用することにより、テスト数の増加に対処するとともに、テストのセットアップが容易になり、正確な信号作成と測定が可能になり、可能な場合はテストを自動化して、再現性のある結果を取得し、テスト全体の時間を短縮することができます。

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、この汎用的な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行うことができます。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により、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 専門知識を活用

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。

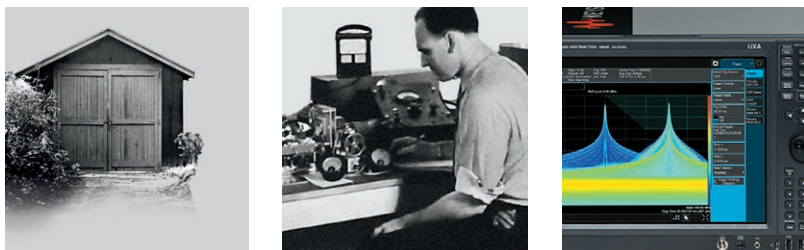
www.keysight.co.jp/find/software

まずは、30日間の無料試用版をお試しください。

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

myKeysight

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

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

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

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
ISO 9001 Quality Management System

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

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

ホームページ 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。