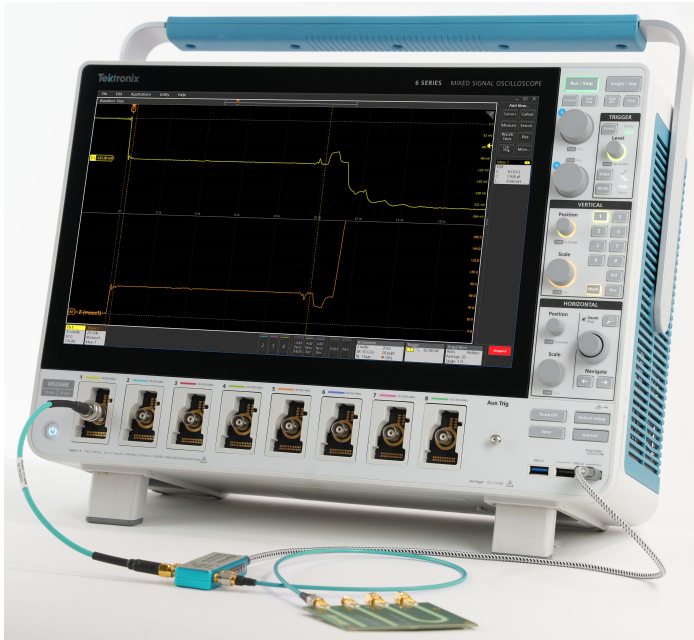


時間領域反射 (TDR) 解析

4-TDR · 5-TDR · 6-TDR



テクトロニクスは時間領域反射測定 (Opt. TDR) 測定ソリューションは、電力インテグリティ回路、PCB、高速アプリケーション、ケーブル、およびインターコネクタのインピーダンスをデバッグし、特性評価するための幅広い機能を提供します。TDR は通常、時間領域の特殊なサンプリング装置または周波数領域データを調べる VNA を使用して適用されます。サンプリング・オシロスコープは、引き続きコスト効率の高いソリューションですが、リアルタイム・オシロスコープほど普及しているわけではありません。テクトロニクスは、最大 10GHz のアキュイジション帯域幅と 7.5GHz の TDR 帯域幅を備えた、汎用性の高い 4/5/6 シリーズ B MSO リアルタイム・オシロスコープで新しい TDR 測定機能を提供しています。エンジニアは、テクトロニクスのミックスド・シグナル・オシロスコープ、TDR モジュール、SMA ケーブルまたは TDR プロブなどの簡単なセットアップで TDR 測定を行うことができます。

主な特長

- リアルタイム 4/5/6 シリーズ B MSO の時間領域反射測定 (Opt.TDR) と、最大 10 GHz のアキュイジション帯域特性と 7.5GHz の TDR 帯域幅特性
- TDR 信号をリアルタイムで使用した自動インピーダンス・プロファイリング
- 関心領域でシングルエンドまたは差動 Z、L、C のいずれかを測定します。

- 結果、データ、レポートをインピーダンス・トレースとともに保存します。オフライン分析のために後で呼出し可能
- オート・ワンクリック・プリセット機能により、測定用に TDR を準備し、オープン、ショート、および負荷インピーダンスのキャリブレーションを同時に実行します。
- インピーダンス・トレースを表示するための自動演算チャンネル・セットアップ

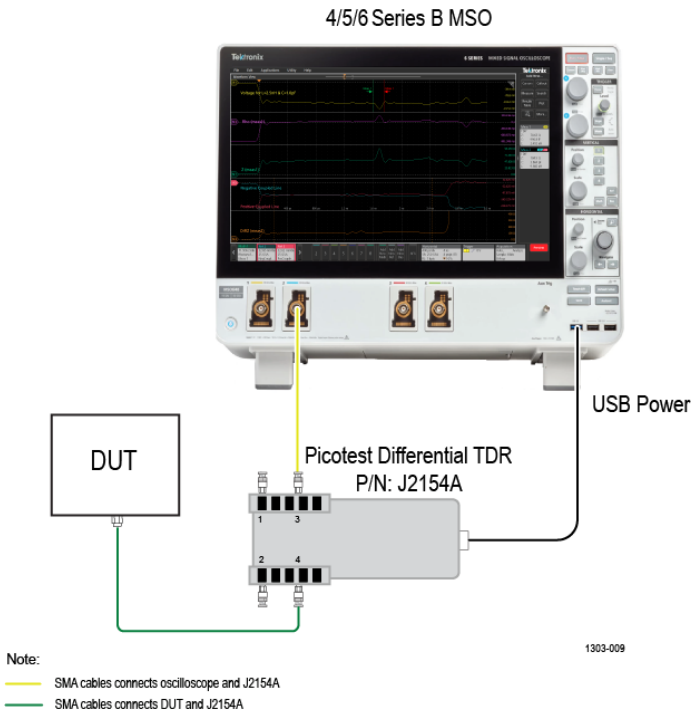
TDR の主なアプリケーション領域

- PCB クーポン・テスト用の低コストソリューション
- ケーブルや PCB トレースなどの伝送ラインの特性インピーダンスを検証
- トレース長、ケーブル長、信号遅延を測定
- 信号パスの立ち上がり/立ち下がり時間とオーバーシュート/アンダーシュートを測定
- ケーブルとトレースの損失モデリングをサポート
- ケーブルの圧着とコネクタのラッチのインテグリティを検証
- ケーブル/PCB 誘電率の決定
- ラボ機器やプローブの周波数帯域幅、立ち上がり/立ち下がり時間、フラットネスを測定

TDR 設定

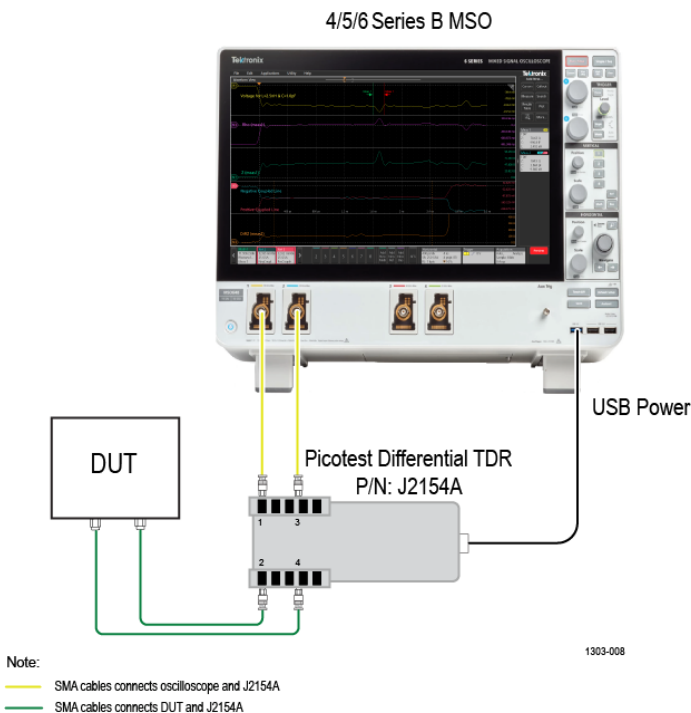
TDR の設定には、4/5/6 シリーズ B ミックスド・シグナル・オシロスコープと Picotest の J2154A PerfectPulse® 差動 TDR が必要です。J2154A は差動パルス・ジェネレータです。シングルエンドまたは差動 TDR 測定をサポートします。プリント回路基板上で TDR 測定を行うには、パルス・ジェネレータを DUT に接続するためのプローブが必要です。

P2105A ブラウザ・プローブと P2103A 差動 TDR プロブなどの Picotest プロブは、シングルエンドおよび差動 TDR 測定に使用されます。



シングルエンド TDR 設定。

この接続は、シングルエンド TDR 測定を実行するための **シングルエンド TDR 設定** を示しています。ポート 3 と 4 は、オシロスコープと DUT の接続に使用されます。

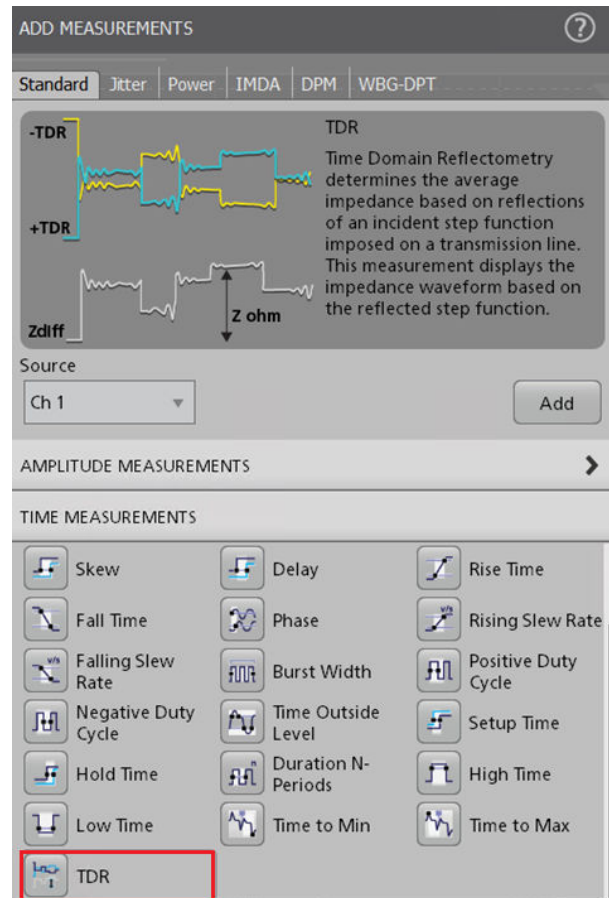


差動 TDR 設定。

差動 TDR 設定 に示されている差動 TDR では、差動信号を送信し、DUT から反射された差動信号を解析するために、パルス・ジェネレータの 2 つのポートを接続する必要があります。この場合、差動信号は正と負の信号の減算です。ポート 1 と 3 は TDR 信号をオシロスコープに接続し、ポート 2 と 4 は差動 TDR 信号を DUT に接続します。スキューを最小限に抑えるために、マッチングされたケーブルを差動 TDR 接続に使用します。

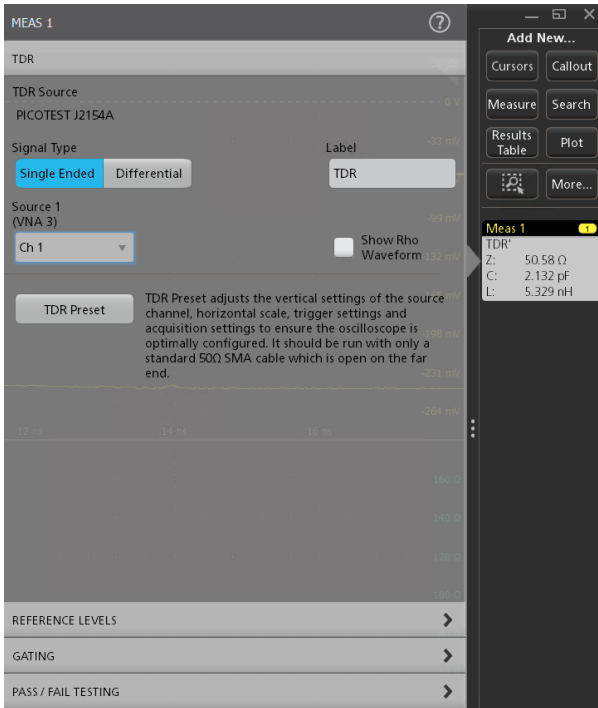
測定と構成

TDR 測定はオプションの TDR のインストール後に使用可能になり、下図に示すように **標準 > 時間測定タブ** に表示されます。



TDR 測定は、時間測定セクションから追加されます。

測定を追加すると、次の図に示すように、測定を構成および実行するための設定が利用可能になります。TDR 測定では、信号タイプをシングルエンドまたは差動として指定できます。TDR プリセットは、オシロスコープの設定を自動的に最適化して信号を適切に取込むとともに、平均アキュジション・モードを使用して TDR の各ラインをキャリブレーションし、信号のノイズを低減します。また、電圧の入射と最初の反射に対応するための最適なサンプル・レートと水平軸スケールを設定します。



TDR 測定の設定。

TDR キャリブレーション (TDR プリセット)

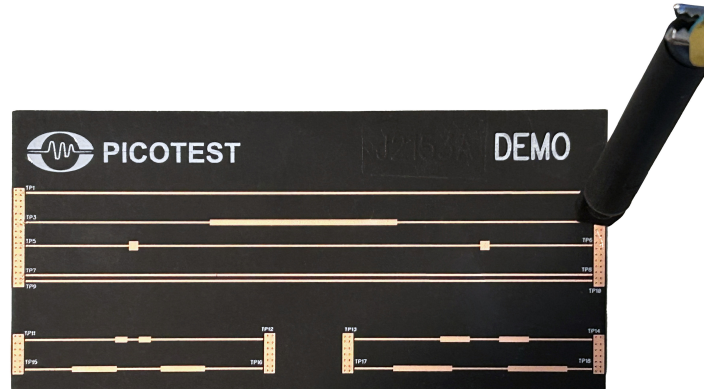
VNA 機器とは異なり、TDR プリセットは、オープン、ショート、負荷インピーダンスの3ステップ・キャリブレーションを別途行う必要がありません。代わりに、パルス・ジェネレータによって生成された TDR パルス波形と、遠端の標準の 50 Ω ケーブルを使用して、キャリブレーション定数を求めます。TDR プリセットをクリックすると、オシロスコープは水平、垂直、トリガの設定を自動的に調整し、最適なキャリブレーションを実現します。次に、アルゴリズムは TDR パルスを使用してキャリブレーション定数を計算し、反射係数とインピーダンス・トレースを直接補償します。複数の手動キャリブレーションとオシロスコープ設定を行う必要はありません。

インピーダンス、インダクタンス、キャパシタンス

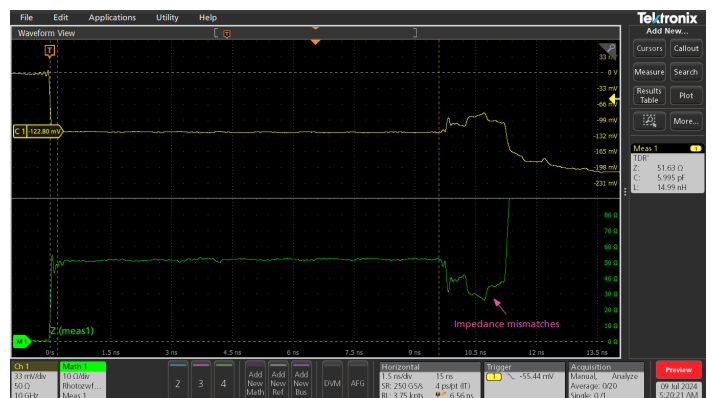
TDR 解析では、反射信号から反射係数 (rho) 対時間波形が自動的に計算され、インピーダンス (Z) 対時間トレースがプロットされます。測定バッジは、インピーダンスが変化した関心領域を自動的に識別することにより、インピーダンス (Z)、キャパシタンス (C)、およびインダクタンス (L) を表示します。複数のインピーダンス変動がある場合は、カーソルを領域の周囲に配置し、カーソル・ゲーティングを使用して測定を特定の領域に制限することで、関心領域を特定できます。

例えば、図 [PCB トレース](#) に示すように、TDR 信号はテスト・ポイント TP4 で Picotest PCB デモ・トレースを通過します。信号パス全体にわたるインピーダンスの変動に注目

し、PCB パスが広いことにより中央領域のインピーダンスが低くなっていることを確認します。さらに、プローブ・チップの誘導特性と容量特性を示す曲線の最初の隆起を観察します。TDR 測定では、最初のキャパシタンス領域とインダクタンス領域が自動的に識別され、対応する C と L の値が提供されます。さらに、カーソル・ゲーティングを使用して、波形の任意の領域でキャパシタンスとインダクタンスを簡単に測定できます。



インピーダンス変動のある PCB トレースでの TDR 測定。トレースが中央でどのように広がっているかに注意してください。



TDR 解析では、上図のトレースのインピーダンス波形が得られます。マークされた領域の波形のインピーダンス、キャパシタンス、インダクタンスが測定バッジに表示されます。画面の中央のインピーダンスが低いほど、PCB トレースの広い部分に対応しています。

TDR 帯域幅

TDR システム帯域幅は、TDR ステップ・ジェネレータ (tr_{TDR})、オシロスコープ (tr_{scope})、TDR プローブ (tr_{probe}) の立ち上がり時間を使用して計算された実効帯域幅です。

$$tr_{sys} = \sqrt{tr_{TDR}^2 + tr_{scope}^2 + tr_{probe}^2}$$

このとき、

tr_{TDR} = TDR 立ち上がり時間または立下り時間が 10% ~ 90%

tr スコープ = オシロスコープの立ち上がり時間または立下り時間が 10% ~ 90%

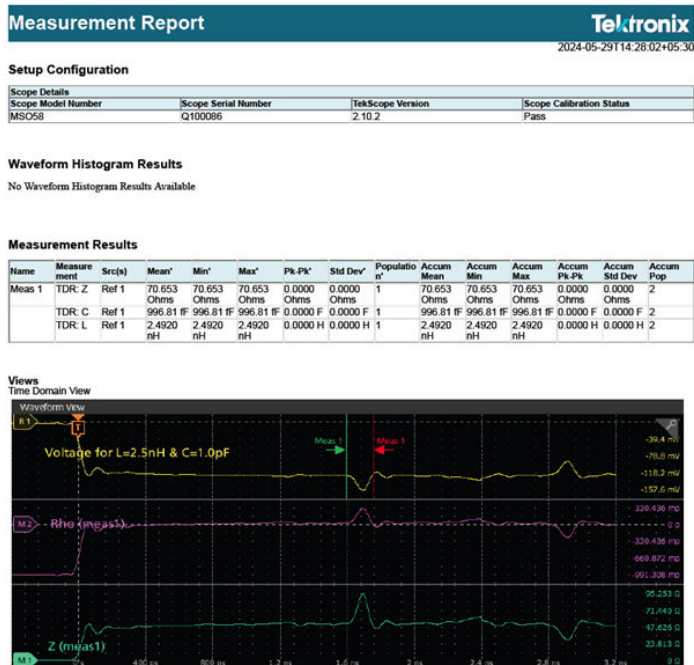
tr プロブ = プロブの立ち上がり時間または立下り時間が 10% ~ 90%

たとえば、帯域幅が 10GHz (立ち上がり時間 40ps) の 6 シリーズ B MSO と、帯域幅が 13GHz (立ち上がり時間 34ps) の J2154A Picotest パルス・ジェネレータ、帯域幅が 16GHz (立ち上がり時間 21.88ps) の P2105A TDR プロブを組み合わせると、立ち上がり時間が平方和の平方根として組み合わせられるため、実効帯域幅は 6.15GHz (立ち上がり時間 56.9ps) になります。

レポートの生成と波形の保存

測定実行後、波形データまたはセッション・ファイルをドキュメント結果に保存したり、さらに解析したりできます。測定結果は、.mht または .pdf 形式でレポート・ファイルにエクスポートできます。

プリント回路基板のシングルエンド TDR 解析用に生成されたレポートを以下に示します。



ご注文の際は以下の型名をご使用ください。

モデルとソフトウェア・ライセンス

製品名	型名	サポートされる機器	利用可能な周波数帯域
機器の新規購入時のオプション	6-TDR	6 シリーズ B MSO (MSO64B 型、MSO66B 型、MSO68B 型)	<ul style="list-style-type: none"> 1GHz 2.5GHz 4GHz 6GHz 8GHz 10GHz
製品アップグレード・オプション	SUP6-TDR		
フローティング・ライセンス	SUP6-TDR-FL		
機器の新規購入時のオプション	5-TDR	5 シリーズ B MSO (MSO54B 型、MSO56B 型、MSO58B 型)、MSO58LP 型	<ul style="list-style-type: none"> 350 MHz 500MHz 1GHz 2GHz
製品アップグレード・オプション	SUP5-TDR		
フローティング・ライセンス	SUP5-TDR-FL		
機器の新規購入時のオプション	4-TDR	4 シリーズ B MSO (MSO44B 型および MSO46B 型)	<ul style="list-style-type: none"> 200 MHz 350 MHz 500MHz 1GHz 1.5GHz
製品アップグレード・オプション	SUP4-TDR		
フローティング・ライセンス	SUP4-TDR-FL		

ソフトウェア・バンドル

バンドル	オプション	概要
6 シリーズ B MSO	6-PRO-POWER-1Y	Pro Power Bundle (1年更新ライセンス)
	6-PRO-POWER-PER	Pro Power Bundle (永続ライセンス)
	6-ULTIMATE-1Y	Ultimate Bundle (1年更新ライセンス)
	6-ULTIMATE-PER	Ultimate Bundle (永続ライセンス)
	6-ULTIMATE-3Y	Ultimate Bundle (3年更新ライセンス)
	6-ULTIMATE-FT	Ultimate Bundle (フローティング・ライセンス)
5 シリーズ B MSO	5-PRO-POWER-1Y	Pro Power Bundle (1年更新ライセンス)
	5-PRO-POWER-PER	Pro Power Bundle (永続ライセンス)
	5-ULTIMATE-1Y	Ultimate Bundle (1年更新ライセンス)
	5-ULTIMATE-PER	Ultimate Bundle (永続ライセンス)
	5-ULTIMATE-3Y	Ultimate Bundle (3年更新ライセンス)
	5-ULTIMATE-FT	Ultimate Bundle (フローティング・ライセンス)
4 シリーズ B MSO	4-PRO-POWER-1Y	Pro Power Bundle (1年更新ライセンス)
	4-PRO-POWER-PER	Pro Power Bundle (永続ライセンス)
	4-ULTIMATE-1Y	Ultimate Bundle (1年更新ライセンス)
	4-ULTIMATE-PER	Ultimate Bundle (永続ライセンス)
	4-ULTIMATE-3Y	Ultimate Bundle (3年更新ライセンス)
	4-ULTIMATE-FT	Ultimate Bundle (フローティング・ライセンス)

推奨アクセサリ

型名	概要	数量
J2154A PerfectPulse® Differential TDR (J2154A)	<ul style="list-style-type: none"> PerfectPulse® 差動 TDR Picotest TDR デモ・トレース基盤 (2) 12 インチ BNC-SMA PDN ケーブル 2 本® USB-C ケーブル 	1
P2103A 作動 TDR プローブ (P2103A)	<ul style="list-style-type: none"> 差動 TDR プローブ、50 mil および 100mil ピッチのチップ付き (2) 0.5m SMA-Mini SMP PDN ケーブル 2 本® TDR DiffPair デモ基盤 	1
P2105A 1-ポート TDR プローブ (P2105A-1X)	<ul style="list-style-type: none"> 1-ポート・プローブ・ヘッド (1) 1m SMA-Mini SMP PDN ケーブル 1 本® 	1



テクトロニクスは ISO 14001 : 2015 および ISO 9001 : 2015 (DEKRA 認証) を取得しています。

ASEAN/オーストラレーシア (65) 6356 3900

ベルギー 00800 2255 4835*

中東欧諸国およびバルト諸国 +41 52 675 3777

フィンランド +41 52 675 3777

香港 400 820 5835

日本 81 (120) 441 046

中東、アジア、および北アフリカ +41 52 675 3777

中華人民共和国 400 820 5835

韓国 +82 2 565 1455

スペイン 00800 2255 4835*

台湾 : 886 (2) 2656 6688

オーストリア 00800 2255 4835*

ブラジル +55 (11) 3759 7627

中央ヨーロッパおよびギリシャ +41 52 675 3777

フランス 00800 2255 4835*

インド 000 800 650 1835

ルクセンブルク +41 52 675 3777

オランダ 00800 2255 4835*

ポーランド +41 52 675 3777

ロシアおよび CIS 諸国 +7 (495) 6647564

スウェーデン 00800 2255 4835*

イギリスおよびアイルランド 00800 2255 4835*

バルカン半島諸国、イスラエル、南アフリカ、および他の ISE 諸国 +41 52 675 3777

カナダ 1 800 833 9200

デンマーク +45 80 88 1401

ドイツ 00800 2255 4835*

イタリア 00800 2255 4835*

メキシコ、中南米およびカリブ海地域 52 (55) 56 04 50 90

ノルウェー 800 16098

ポルトガル 80 08 12370

南アフリカ +41 52 675 3777

スイス 00800 2255 4835*

米国 1 800 833 9200

* 欧州のフリーダイヤル番号つながらない場合は次の番号におかけください : +41 52 675 3777

詳細情報 Tektronix は、総合的に継続してアプリケーション・ノート、テクニカル・ブリーフおよびその他のリソースのコレクションを発展させ、技術者が最先端で仕事ができるように手助けをします。Web サイト (jp.tek.com) をご参照ください。

Copyright © Tektronix, Inc. All rights reserved. テクトロニクス製品は、登録済および出願中の米国その他の国の特許等により保護されています。本書の内容は、既に発行されている他の資料の内容に代わるものではありません。また、本製品の仕様および価格は、予告なく変更させていただく場合がございますので、予めご了承ください。TEKTRONIX および TEK は Tektronix, Inc. の登録商標です。他の商品名全ては、各企業の商標および商標、登録商標です。

10 Sep 2024 61Z-74085-0

tek.com
