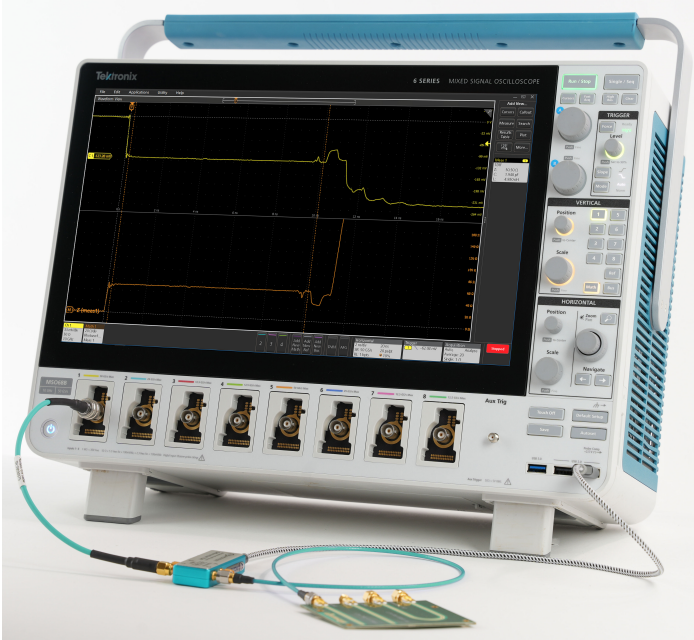


时域反射计 (TDR) 分析

4-TDR、5-TDR、6-TDR



Tektronix 时域反射仪（选件 TDR）测量解决方案提供广泛的功能，用于调试和鉴定电源完整性电路、印刷电路板、高速应用、电缆和互连器件的阻抗。TDR 通常使用专门的时域采样设备或 VNA 来获取频域数据。采样示波器仍然是一种具有成本效益的解决方案，但并不像实时示波器那样普及。Tektronix 在多功能 4/5/6 系列 B MSO 实时示波器上提供新的 TDR 测量功能，具有高达 10 GHz 的采集带宽和 7.5 GHz 的 TDR 带宽。工程师只需进行简单的设置，包括 Tektronix 混合信号示波器、TDR 模块以及 SMA 电缆或 TDR 探头，即可执行 TDR 测量。

主要功能

- 实时 4/5/6 系列 B MSO 上的时域反射仪（选项 TDR），具有高达 10 GHz 的采集带宽能力和 7.5 GHz 的 TDR 带宽能力
- 利用 TDR 信号实时进行自动阻抗分析
- 测量感兴趣区域的单端或差分 Z、L、C
- 保存结果、数据和报告，以及阻抗光迹。稍后调出离线分析
- 一键式自动预设功能可为 TDR 的测量做好准备，并同时为开路、短路和负载阻抗进行校准
- 自动数学通道设置以显示阻抗光迹

TDR 关键应用程序区域

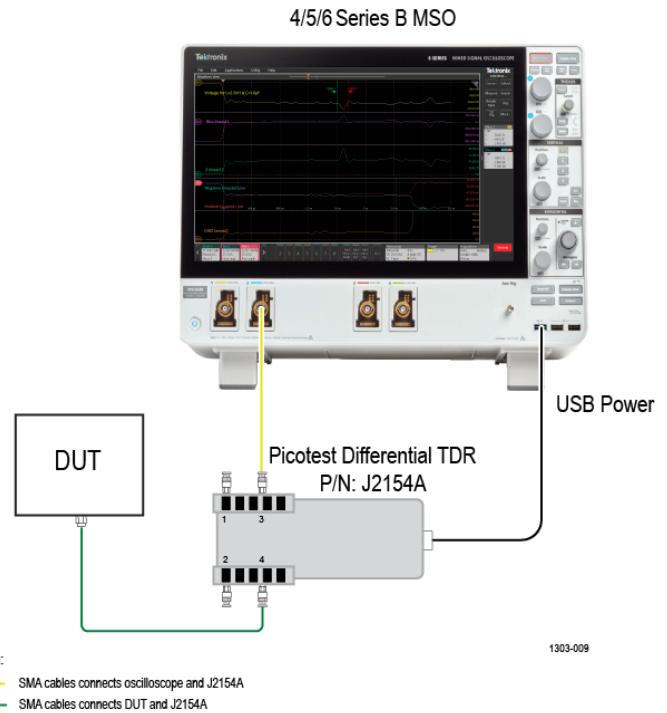
- PCB 低成本解决方案挂片测试

- 验证电缆和 PCB 光迹等传输线的特性阻抗
- 测量光迹长度、电缆长度和信号延迟
- 测量信号路径上升/下降时间和过冲/下冲
- 支持电缆和光迹损耗建模
- 验证电缆压接和连接器启动的完整性
- 确定电缆/PCB 介电常数
- 测量实验室仪器和探头的频带宽、上升/下降时间和平坦度

TDR 设置

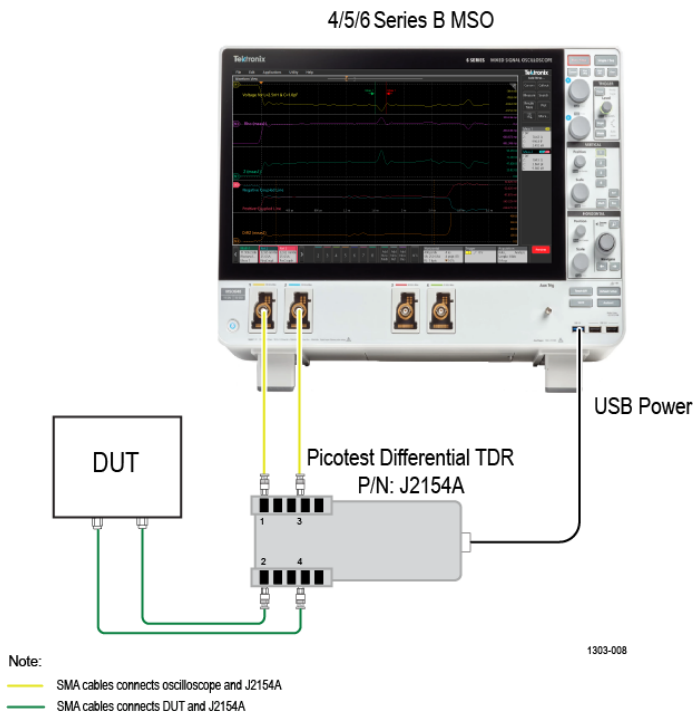
TDR 设置需要一台 4/5/6 系列 B 混合信号示波器和 Picotest 的 J2154A PerfectPulse® 差分 TDR。J2154A 是一款差分脉冲发生器。它支持单端或差分 TDR 测量。在印刷电路板上进行 TDR 测量时，需要一个探头将脉冲发生器连接到 DUT。

Picotest 探头（如 P2105A 浏览器探头和 P2103A 差分 TDR 探头）用于单端和差分 TDR 测量。



单端 TDR 设置。

该连接显示了用于执行单端 TDR 测量的单端 TDR 设置。端口 3 和 4 用于连接示波器和 DUT。

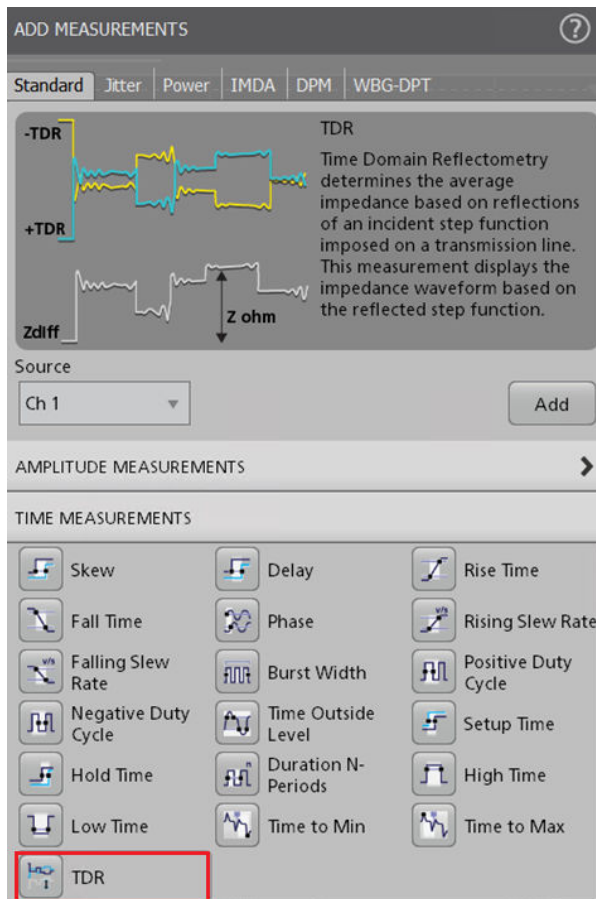


差分 TDR 设置。

差分 TDR (如 [差分 TDR 设置](#) 所示) 需要连接脉冲发生器的两个端口, 以发送差分信号并分析 DUT 反射的差分信号, 其中差分信号是正负信号的减法。端口 1 和 3 将 TDR 信号连接到示波器, 端口 2 和 4 将差分 TDR 信号连接到 DUT。匹配电缆用于差分 TDR 连接, 以尽量减少时滞。

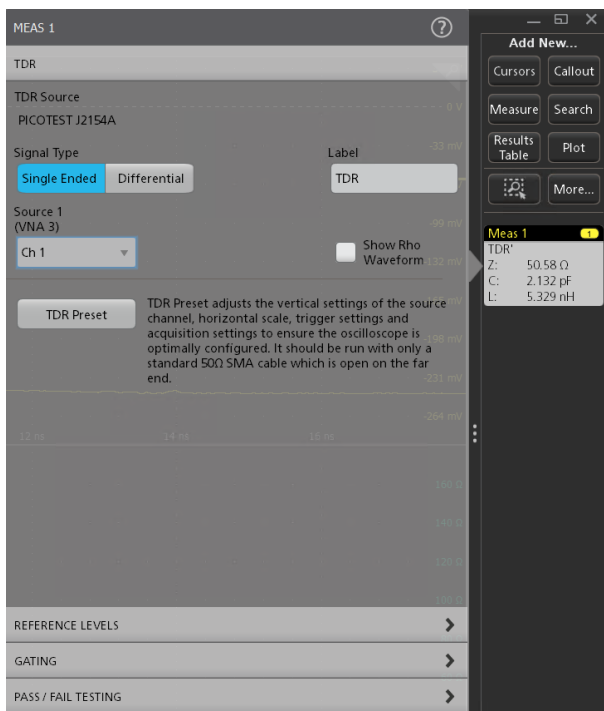
测量和配置

安装选件 TDR 后即可使用 TDR 测量, 如下图所示, 它显示在 **标准 > 时间测量** 选项卡中。



通过时间测量部分添加 TDR 测量。

如下图所示, 一旦添加了测量, 就可以通过设置来配置和运行测量。您可以为 TDR 测量指定单端或差分信号类型。TDR 预置会自动优化示波器设置以正确采集信号, 然后使用平均采集模式校准 TDR 的每一行, 以减少信号噪声。它还能设置最佳采样率和水平刻度, 以适应电压的入射和首次反射。



TDR 测量设置。

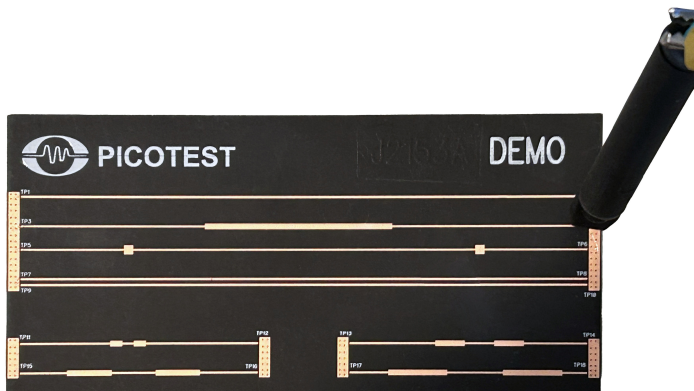
TDR 校准 (TDR 预置)

与 VNA 仪器不同，TDR 预置无需单独进行开路、短路和负载阻抗的三步校准。而是使用脉冲发生器产生的 TDR 脉冲波形和远端的任何标准 50 欧姆电缆来查找校准常数。点击 TDR 预置后，示波器将自动调整水平、垂直和触发设置，以实现最佳校准。然后，算法利用 TDR 脉冲找到校准常数，并直接补偿反射系数和阻抗谱线。无需进行多个手动校准步骤和示波器设置。

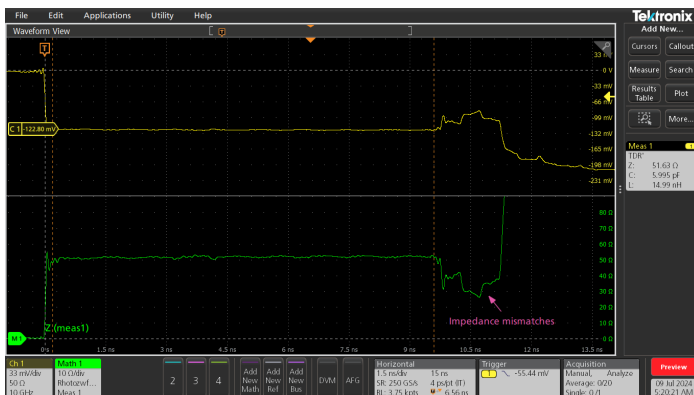
阻抗、电感和电容

TDR 分析会自动计算反射信号的反射系数 (rho) 随时间变化的波形，并绘制阻抗 (Z) 随时间变化的谱线。测量标记通过自动识别阻抗发生变化的关注区域，显示阻抗 (Z)、电容 (C) 和电感 (L)。在出现多种阻抗变化的情况下，您可以将光标定位在关注区域周围，并使用光标选通功能将测量限制在特定区域内，从而确定关注区域。

例如，如图 PCB 谱线所示，TDR 信号在测试点 TP4 处通过 Picotest PCB 演示谱线。注意整个信号路径上的阻抗变化，并观察到由于 PCB 路径较宽，中间区域的阻抗较低。此外，还要观察曲线上的初始凹凸，这些凹凸表示探头端部的电感和电容特性。TDR 测量会自动识别第一个电容和电感区域，并提供相应的 C 和 L 值。此外，您还可以使用光标选通功能轻松测量波形任意区域的电容和电感。



在有阻抗变化的 PCB 谱线上进行 TDR 测量。注意谱线在中间如何变宽。



TDR 分析为上图中的谱线提供了阻抗波形。波形在标记区域的阻抗、电容和电感会显示在测量标记中。屏幕中央的阻抗较低，与 PCB 谱线的较宽部分相对应。

TDR 带宽

TDR 系统带宽是利用 TDR 步进发生器 (tr_{TDR})、示波器 (tr_{scope}) 和 TDR 探头 (tr_{probe}) 的上升时间计算得出的有效带宽。

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

其中：

tr_{TDR} = 将 TDR 上升时间或下降时间从 10% 调至 90%

tr_{scope} = 将示波器的上升时间或下降时间从 10% 调整到 90%

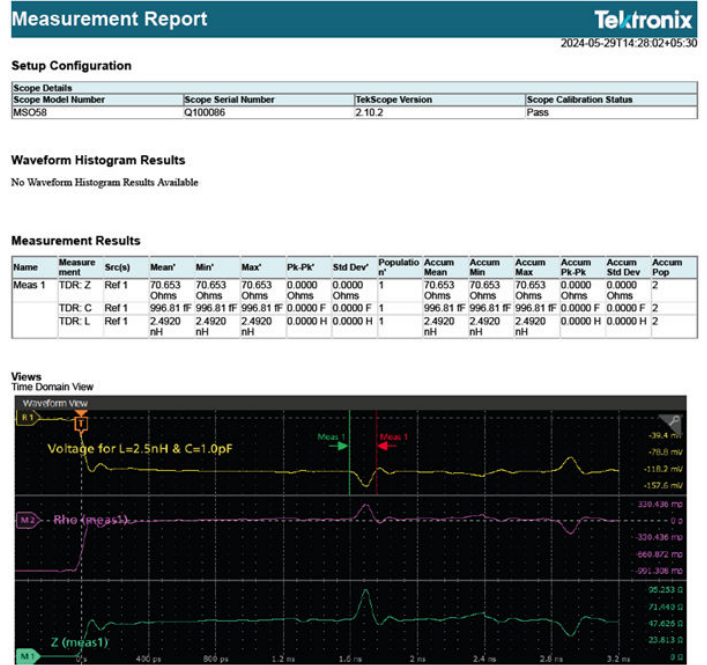
tr_{probe} = 探头上升时间或下降时间从 10% 到 90%

例如，带宽为 10 GHz（上升时间为 40 ps）的 6 系列 B MSO 与带宽为 13 GHz（上升时间为 34 ps）的 J2154A Picotest 脉冲发生器和带宽为 16 GHz（上升时间为 21.88 ps）的 P2105A TDR 探头相结合，产生的有效带宽为 6.15 GHz（上升时间为 56.9 ps），因为上升时间是平方和的平方根。

报告生成和保存波形

测量完成后，可保存波形数据或会话文件，以记录测量结果或用于进一步分析。测量结果可导出为 .mht 或 .pdf 格式的报告文件。

下图是为印刷电路板单端 TDR 分析生成的报告。



订购信息

型号和软件许可证

产品	选件	支持的仪器	可用带宽
新仪器购买选项	6-TDR	6 系列 B MSO (MSO64B、MSO66B 和 MSO68B)	<ul style="list-style-type: none"> 1 GHz 2.5 GHz 4 GHz 6 GHz 8 GHz 10 GHz
产品升级选项	SUP6-TDR		
浮动许可证	SUP6-TDR-FL		
新仪器购买选项	5-TDR	5 系列 B MSO (MSO54B、MSO56B 和 MSO58B)、MSO58LP	<ul style="list-style-type: none"> 350 MHz 500 MHz 1 GHz 2 GHz
产品升级选项	SUP5-TDR		
浮动许可证	SUP5-TDR-FL		
新仪器购买选项	4-TDR	4 系列 B MSO (MSO44B 和 MSO46B)	<ul style="list-style-type: none"> 200 MHz 350 MHz 500 MHz 1 GHz 1.5 GHz
产品升级选项	SUP4-TDR		
浮动许可证	SUP4-TDR-FL		

软件捆绑套件

捆绑套件	选件	说明
6 系列 B MSO	6-PRO-POWER-1Y	专业版电源捆绑套件 1 年期许可证
	6-PRO-POWER-PER	专业版电源捆绑套件永久许可证
	6-ULTIMATE-1Y	旗舰版捆绑套件 1 年期许可证
	6-ULTIMATE-PER	旗舰版捆绑套件永久许可证
	6-ULTIMATE-3Y	旗舰版捆绑套件 3 年期许可证
	6-ULTIMATE-FT	旗舰版捆绑套件浮动许可证
5 系列 B MSO	5-PRO-POWER-1Y	专业版电源捆绑套件 1 年期许可证
	5-PRO-POWER-PER	专业版电源捆绑套件永久许可证
	5-ULTIMATE-1Y	旗舰版捆绑套件 1 年期许可证
	5-ULTIMATE-PER	旗舰版捆绑套件永久许可证
	5-ULTIMATE-3Y	旗舰版捆绑套件 3 年期许可证
	5-ULTIMATE-FT	旗舰版捆绑套件浮动许可证
4 系列 B MSO	4-PRO-POWER-1Y	专业版电源捆绑套件 1 年期许可证
	4-PRO-POWER-PER	专业版电源捆绑套件永久许可证
	4-ULTIMATE-1Y	旗舰版捆绑套件 1 年期许可证
	4-ULTIMATE-PER	旗舰版捆绑套件永久许可证
	4-ULTIMATE-3Y	旗舰版捆绑套件 3 年期许可证
	4-ULTIMATE-FT	旗舰版捆绑套件浮动许可证

推荐附件

型号	说明	数量
J2154A PerfectPulse® 差分 TDR (J2154A)	<ul style="list-style-type: none"> PerfectPulse® 差分 TDR Picotest TDR 演示光谱板 两 (2) 条 12" BNC-SMA PDN 电缆® USB-C 电缆 	1
P2103A 差分 TDR 探头 (P2103A)	<ul style="list-style-type: none"> 带 50 和 100 mil 间距端部的差分 TDR 探头 两 (2) 个 0.5m SMA-Mini SMP PDN 电缆® TDR DiffPair 演示板 	1
P2105A 单端口 TDR 探头 (P2105A-1X)	<ul style="list-style-type: none"> 单端口探头头部 一 (1) 条 1m SMA-Mini SMP PDN 电缆® 	1



Tektronix is ISO 14001:2015 and ISO 9001:2015 certified by DEKRA.

东盟/澳大利亚 (65) 6356 3900

比利时 00800 2255 4835*
 中东欧和波罗的海 +41 52 675 3777
 芬兰 +41 52 675 3777
 香港 400 820 5835
 日本 81 (120) 441 046
 中东、亚洲和北非 +41 52 675 3777
 中华人民共和国 400 820 5835
 韩国 +82 2 565 1455
 西班牙 00800 2255 4835*
 台湾 886 (2) 2656 6688

澳大利亚 00800 2255 4835*

巴西 +55 (11) 3759 7627
 中欧和希腊 +41 52 675 3777
 法国 00800 2255 4835*
 印度 000 800 650 1835
 卢森堡 +41 52 675 3777
 荷兰 00800 2255 4835*
 波兰 +41 52 675 3777
 俄罗斯和独联体 +7 (495) 6647564
 瑞典 00800 2255 4835*
 英国和爱尔兰 00800 2255 4835*

巴尔干、以色列、南非和其他国际电化学会成员国 +41 52 675 3777

加拿大 1 800 833 9200
 丹麦 +45 80 88 1401
 德国 00800 2255 4835*
 意大利 00800 2255 4835*
 墨西哥、中南美洲和加勒比海 52 (55) 56 04 50 90
 挪威 800 16098
 葡萄牙 80 08 12370
 南非 +41 52 675 3777
 瑞士 00800 2255 4835*
 美国 1 800 833 9200

* 欧洲免费电话号码。如果无法接通，请拨打：+41 52 675 3777

了解详细信息。泰克拥有并维护着一个由大量的应用说明、技术简介和其他资源构成的知识库，同时会不断向知识库添加新的内容，帮助工程师解决各种尖端的技术难题。敬请访问 www.tek.com。
 版权所有 © Tektronix, Inc. 保留所有权利。泰克产品受美国和外国专利权（包括已取得的和正在申请的专利权）的保护。本文中的信息将取代所有以前出版的资料中的信息。保留更改产品规格和价格的权利。
 TEKTRONIX 和 TEK 是 Tektronix, Inc. 的注册商标。所有提及的其他商标是其各自公司的服务标志、商标或注册商标。