

精密TDR现代化

赋能先进封装与互连

通往AI和数据中心系统现代化TDR的更智能路径

老旧测试设备的成本

USB4、PCIe Gen7和1.6T以太网等高速数字标准已消除了互连设计中的错误设计裕度。实现更高的带宽和精度至关重要，然而，传统的时域反射仪（TDR）设备通常运行缓慢、存在漂移，并且容易受到静电放电（ESD）损坏。

工程团队通常依赖分散或过时的工作流程，在表征电缆、PCB和连接器时可能面临三个关键瓶颈：

- **ESD易损性:** 传统的采样头高度敏感，ESD事件频繁损坏输入，导致停机和昂贵的维修。
- **工作流程分散:** VNA提供频域数据（S参数），而示波器提供时域数据（阻抗），需要移动电缆、重新校准和复杂的数据关联
- **测量盲点:** 由于直流外推不良，传统TDR方法难以处理交流耦合器件或长瞬态响应，导致阻抗曲线不可靠。

精度与可靠性：通往互连真相的两条路径

Keysight提供了一个统一的解决方案来克服这些挑战，通过两个相关的、用于高速互连测试的平台，以取代老化的TDR系统。工程师可以选择基于矢量网络分析仪（VNA）的工作流程或基于采样示波器的工作流程，确保一致的结果和现代可靠性。

- **基于VNA的TDR:** Keysight E5080B ENA矢量网络分析仪配备S96011B增强型时域分析软件。
- **基于示波器的TDR/TDT:** Keysight N1000A DCA-X模块化采样示波器配备N1055A TDR/TDT远程头模块。

两个平台均支持从早期设计到生产阶段的高速互连测试。

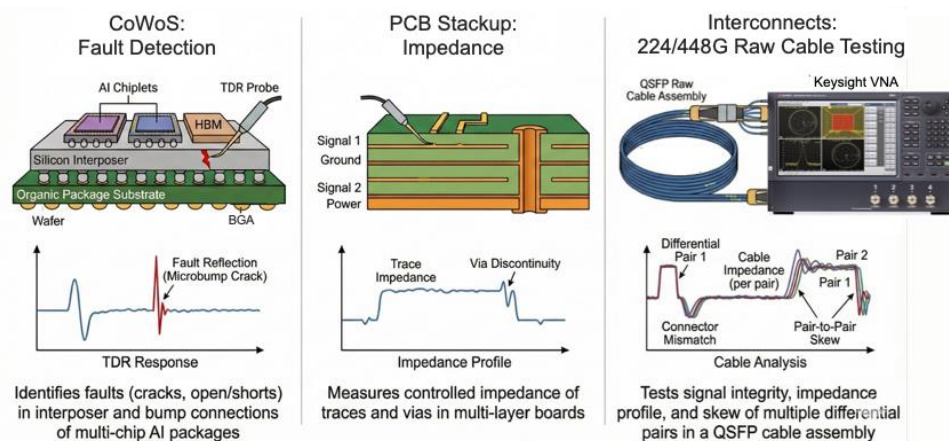


图1.从IC封装到PCB和互连的不同工作流程

一个目标，两个强大平台

Keysight使客户能够选择适合实验室或生产要求的硬件平台，而不会牺牲数据完整性。两个平台都采用电子校准（ECal）模块，确保仪器之间的测量相关性。

基于VNA：全能型坚固设备

E5080B ENA矢量网络分析仪与增强型TDR (S96011B)

该解决方案将VNA转变为信号完整性领域的主力军，是需要速度、坚固性和同步域分析的生产线和工程师的理想选择。

- **高精度和可重复性:** 改进的直流估计算法为交流耦合电路和长瞬态响应提供准确的TDR结果。
- **可追溯的性能:** 在25 Ω 航空线标准上进行验证的测量显示与NIST可追溯参考的差异在0.1 Ω 以内，确保了苛刻信号完整性应用的准确性。
- **扩展校准:** 结合N4694D ECal模块（选件ODC），可实现从直流到67 GHz的校准。

E5080B ENA上的增强型TDR应用提供了三个主要优势：

- 简单直观的操作，模拟熟悉的TDR示波器显示。
- 由最先进的误差校正支持的快速准确测量。
- 高静电放电（ESD）耐受性，可选配N9355G功率限制器提供额外保护。

基于示波器：高保真专家

N1000A DCA-X示波器与N1055A TDR/TDT模块

Keysight N1000A DCA-X示波器，搭配N1055A 35/50 GHz 2/4端口TDR/TDT远程头模块，专为最苛刻的TDR和TDT应用而设计。它将极快的边沿与多端口S参数和直观的工作流程相结合，是高级故障分析和紧公差结构的理想选择。

- **最快边沿，最佳空间分辨率:** 通过TDR校准，N1055A的TDR边沿速度可达约7 ps（10–90%），在FR-4基结构中实现符合IPC TM-650定义的亚毫米级空间分辨率。
- **高带宽:** 高达50 GHz的选件可揭示被较慢系统遗漏的紧密间隔不连续性。

- **同步测量:** 配备N1055A的N1000A允许在多达16个通道上进行同步TDR、TDT和S参数测量，无论是校准还是未校准。这使得实时观察复杂多端口器件的时域响应和频域行为成为可能。
- **DUT处的远程头:** 紧凑型探头直接连接到被测器件，消除了降低阶跃质量的长电缆。这对于探测先进封装和晶圆上结构尤其有价值，因为每一皮秒都至关重要。

平台比较：哪种解决方案最适合？

以VNA为中心的解决方案最适合涉及以下应用：

- 使用时域和频域指标对PCB、电缆组件和连接器进行认证，以符合USB、HDMI和PCIe等标准。
- 整合设计验证、生产测试和制造工程的工具。
- 高动态范围，与基于网络分析仪的S参数具有一流的相关性。

以示波器为中心的解决方案是以下场景的理想选择：

- 对先进封装（包括小芯片和CoWoS结构、焊点或微凸点）进行详细故障分析。
- 对小于1毫米的特征（例如射频和高速滤波器中紧密间隔的电容器或锥形结构）要求最大空间分辨率。
- 一个灵活的环境，可集成物理层测试系统（PLTS）软件、通过高级频域反射（AFR）进行夹具移除，以及高级眼图分析。

关键比较

Scope	基于VNA的解决方案：E5080B ENA与S96011B	基于示波器的解决方案：N1000A DCA-X与N1055A
主要目标	在一台仪器中结合TDR和S参数	最大TDR/TDT分辨率和眼图分析
典型用户	设计验证、制造工程、生产测试	信号完整性专家、故障分析、先进封装
边沿速度和空间分辨率	足以满足大多数PCB和电缆结构，并改进直流估算以适应长瞬态响应	最快边沿（约7 ps），FR4上亚毫米级分辨率，符合IPC TM-650定义
s参数动态范围	用于损耗和串扰的极高动态范围	基于FFT的测量：带宽受限的动态范围。
最佳适用示例	跨多标准的批量PCB、连接器和电缆认证	沿走线的故障定位检测，真差分TDR测量

订购信息

E5080B ENA-Based TDR配置

产品型号	描述	数量
E5080B	ENA矢量网络分析仪	1
S96011B	增强型时域分析与TDR	1
S96007B	自动夹具移除	1
N4694D	电子校准模块, 选件0DC	1
N9356C/N9355G	功率限制器, 额定用于6 kW ESD接触放电保护	1

注意: 对于电缆/PCB/互连测试, 请联系您的Keysight代表获取详细配置。

N1000A DCA with N1055A 配置

产品型号	描述	数量
N1000A	DCA X模块化采样示波器	1
N1055A	TDR和TDT远程头模块	1
N1010300A	FlexDCA信号完整性软件包	1
N4694D	电子校准模块, 选件0DC	1

注意: 对于电缆/PCB/互连测试, 请联系您的Keysight代表获取详细配置。

结论

用于AI、数据中心和高级计算的高速系统持续发展，如果继续依赖老化的TDR基础设施，将增加技术和运营风险。

Keysight的精密TDR现代化测试解决方案提供了一条前进的道路，包括基于VNA的方法（提供强大的、生产就绪的TDR和S参数能力）、基于示波器的方法（提供最高的TDR和TDT分辨率）或基于共享校准主干的混合方法。

现代仪器、增强型TDR算法、通用校准和以旧换新计划的结合，确保了当今的正常运行时间保护，同时建立了为下一代信号完整性挑战做好准备的TDR平台。

Keysight解决方案通过解决设计、仿真和测试挑战来加速创新，实现卓越的产品体验，并推进全球连接性和安全性。

有关系统配置、定价、升级选项或特定测试夹具的详细信息，请联系您的Keysight代表或访问 [keysight.com](https://www.keysight.com)。

Keysight enables innovators to push the boundaries of engineering by quickly solving design, emulation, and test challenges to create the best product experiences. Start your innovation journey at www.keysight.com.



This information is subject to change without notice. © Keysight Technologies, 2026, Published in USA, January 5, 2026, 3126-1002.ZHCN