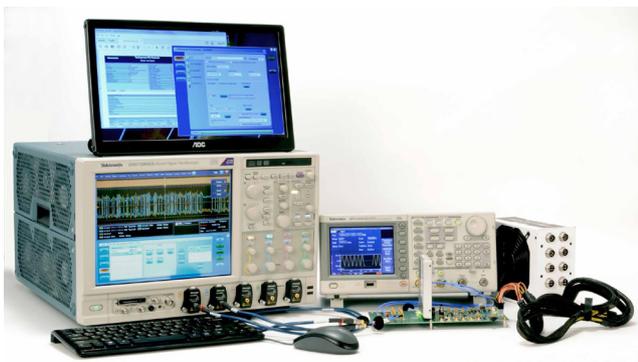
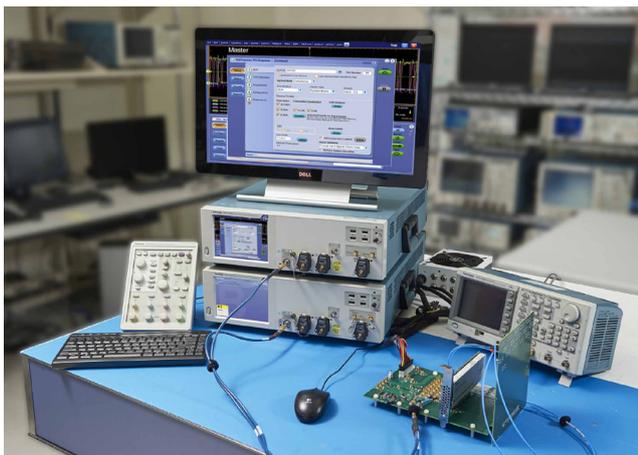
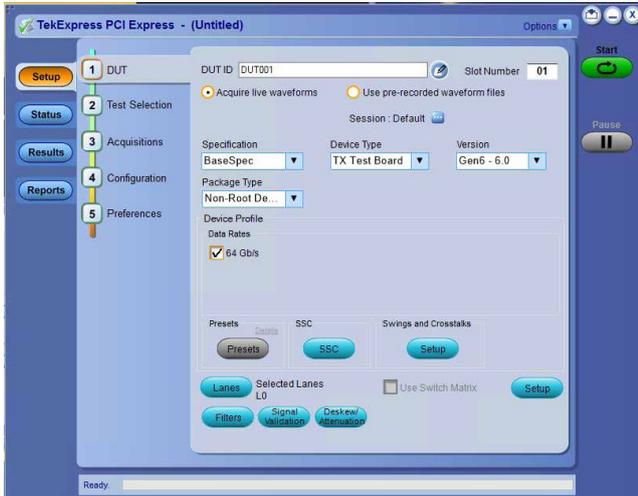


PCI Express® 发射器一致性 / 调试解决方案

产品技术资料



PCI-SIG 6.0 规范引入了 PAM4 信号，旨在保持 NRZ 信号向后兼容的同时实现 64 GT/s。多级（PAM4）方法为采用者和验证团队带来了新的信号完整性挑战。Tektronix 的 PCI Express 6.0 软件通过自动化测试来减少这种新复杂性，确保测量的准确性和可重复性。

Tektronix 的 PCE6 (Gen6) 选项、PCE5 (Gen5) 选项、PCE4 (Gen4) 选项和 PCE3 (Gen 1/2/3) 选项应用程序为 PCI Express 发射机和参考时钟符合性测试以及根据 PCI-SIG® 规范进行 PCI Express 设备调试和验证提供了最全面的解决方案。

特点和优势

- 支持 PCI Express Gen6 基础（硅片）发射机测试
- 支持 Tektronix DPO/MSO70000 系列示波器在基础（硅片）和 CEM（系统）级别对 PCI Express Gen 1/2/3/4/5 发射机进行验证和符合性测试
- 使用 SkyWorks 时钟抖动工具和 DPOJET 对 Gen1 到 Gen5 的参考时钟抖动和信号完整性进行测量
- 使用 DPOJET/PAMJET 对 64 GT/s（PAM4）信号完整性进行测量
- 使用 AC Fit 方法进行 PCIe Gen6 发射机均衡预设测试
- 自动化配置示波器，包括垂直和水平刻度，以进行准确和符合规范的测量
- 自动获取和波形管理，简化了对支持的数据速率、发射机符合性模式和通道宽度的测试
- 自动控制设备以遍历数据速率和符合性模式
- 自动化 PCIe3 测试解决方案的射频开关，支持多达 16 通道
- 支持 NVMe 和 CXL 物理层测试
- 去嵌断路通道、测试夹具和电缆的影响，以在感兴趣的测试点处进行测量（需要 SDLA 串行数据链路分析选项）
- 测试选择：选择要执行分析的规范，并选择单个或多个测试以进行针对失败测试的符合性分析
- SigTest 集成：使用命令行界面执行已获取波形的分析，提供使用 PCI-SIG® 推荐的分析工具测试系统的能力

- 使用多个 sigstest 实例并行分析多个波形
- 使用 SigTest Phoenix 进行 Gen5 AC Fit 发射机均衡预设表征
- 报告：将所有测试结果汇编成可定制的报告，带有通过 / 失败结果，便于分析和记录保存
- 报告顶部的汇总表便于快速查看规范性测量结果
- 模式匹配：验证发射机在获取信号进行符合性分析之前发送的符合性模式是否正确。此功能支持高达 Gen3 数据速率
- PHY 级协议解码：解码并显示协议感知视图中的 PCIe 数据。具有波形的时间相关事件表视图允许快速搜索感兴趣的事件
- 多通道测试：在多个 PCI Express 数据通道上执行分析，以加快多通道系统中的发射机分析
- 符合性和调试：提供基于 DPOJET 的工具包，以便在 DUT（设备在测试）未通过符合性测试时快速切换到调试和验证模式
- 分析和调试工具：Tektronix 提供了广泛的符合性、调试和验证工具，适用于发射机 (Tx)、接收机 (Rx) 和协议测试
- 全面的程序接口：支持使用标准可编程仪器命令 (SCPI) 与 TekExpress 应用程序通信，实现程序和脚本自动化调用与 PCIe 相关的 TekExpress 功能

应用领域

Tektronix 为在基础（硅片）和系统级别上验证和符合 PCI Express 发射器提供了最全面的解决方案，包括支持 CEM、U.2 和 M.2 接口。使用 PCI Express 物理层的多种协议（包括 NVMe 和 CXL）可以利用 TekExpress 软件解决方案下的发射机和参考时钟自动化功能。



TekExpress PCIe 测试选择的符合性测试分析

Tektronix 的 PCE3 (Gen1/2/3) 选项、PCE4 (Gen4) 选项和 PCE5 (Gen5) 选项包括以下的符合性和调试测试以及电气验证：

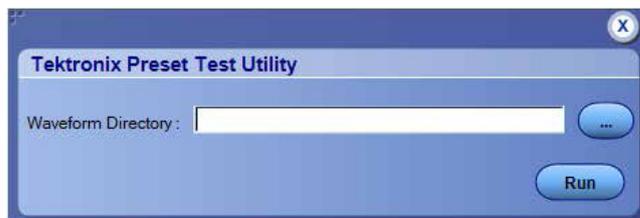
- Root Complex Tx 抖动和电压
- Endpoint Tx 抖动和电压
- 开关
- 桥接器
- 插入卡
- 系统板
- 嵌入式系统
- Express 模块

PCE3、PCE4 和 PCE5 选项应用程序包括一个 TekExpress™ 符合性自动化解决方案，该解决方案集成了来自 PCI-SIG 的 SigTest 以及用于调试目的的 Tektronix DPOJET 基础的 PCI Express 抖动和眼图分析工具在一个软件包中。

Tektronix PCE6 (Gen6) 选项包括以下信号质量测量：

- 单位间隔 (Unit Interval)
- V-TX-DIFF-PP
- V-TX-EIEOS-FS
- T-TX-UTJ
- T-TX-UDJDD
- T-TX-RJ
- RLM-TX
- SNDR
- PS21 TX
- V-TX-BOOST
- T-TX-UPW-TJ
- T-TX-UPW-DJDD
- V-TX-AC-CM-PP
- V-TX-AC-CM-PP-Filtered

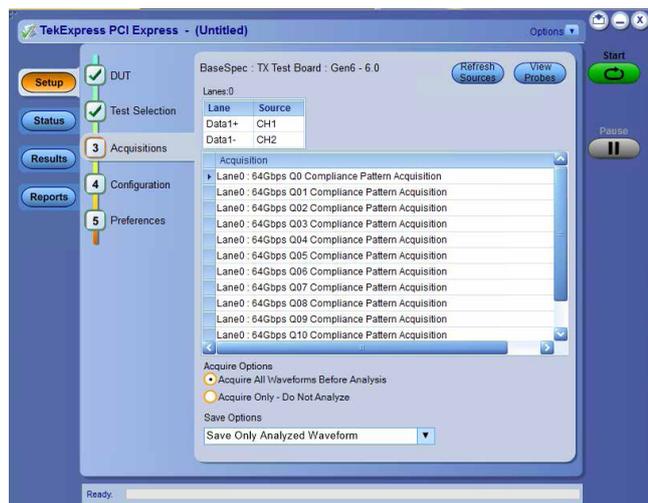
PCIe Gen6 对于每个预设值有两个 Preshoot 值和一个 de-embedded 值，这使得预设测试算法更加复杂。Tektronix PCE6 还配备了 Tektronix 预设测试工具，可以由 TekExpress 或手动使用。



Tektronix 预设测试工具

TekExpress 符合性自动化现已可用于 PCIe Gen 1-3 CEM 和 Gen 3 基础测试通过 PCE3 选项，Gen4 CEM 和 Gen4 基础测试通过 PCE4 选项，以及 Gen5 CEM 和 Gen5 基础测试通过 PCE5 选项。

PCE3、PCE4 和 PCE5 选项应用程序与 Tektronix DPO/MSO70000 系列示波器兼容，设计用于应对下一代串行数据标准（如 PCI Express）的挑战。这些示波器提供了业内领先的垂直噪声性能和同类产品中平坦的频率响应。Tektronix DPO/MSO70000 系列示波器已获得 PCI-SIG 的符合性测试批准。



TekExpress 示波器采集设置

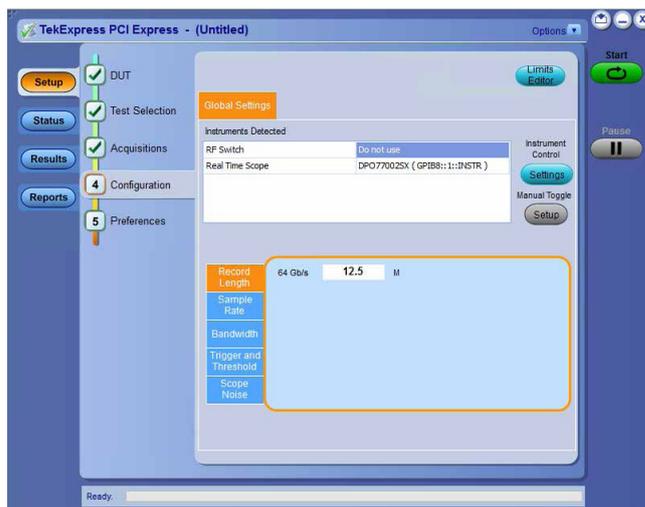
符合性测试

PCI-SIG 提供了用于测试 PCI Express 系统和附加卡的符合性测试。为了将 PCI Express 系统或设备列入集成列表，该系统或设备必须通过互操作性和符合性测试。对于电气验证，PCI-SIG 使用 SigTest 后捕获分析软件，该软件使用连接到 PCI-SIG 的 CBB（主板 + 插接板）测试夹具的示波器捕获的波形来分析附加卡，或使用 CLB 测试夹具分析系统。手动捕获所需的波形并进行分析是繁琐且耗时的，容易出错。

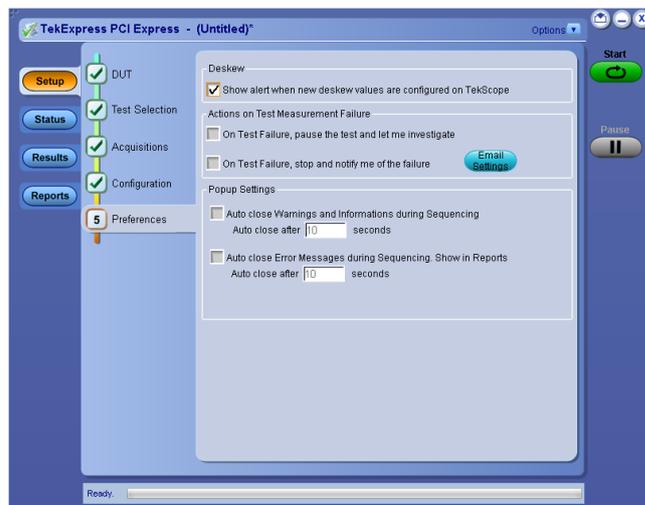
Tektronix 的 PCE3、PCE4 和 PCE5 选项中的 TekExpress 自动化用于 PCI Express 发射器符合性测试，减少了测试的工作量，并通过多项独特和创新功能加快了符合性测试的速度。这些选项最终允许测试支持多种技术的设备，如支持 NVMe 的附加卡设备，或通过 U.2 或 M.2 连接器进行测试。

Tektronix 的 PCE3、PCE4 和 PCE5 选项中的 TekExpress 自动化软件可以通过选择特定型号的 Tektronix AFG 或 AWG、GRL PCIE 3/4 控制器或 NI USB6501 CBB 控制器来控制 DUT，自动循环通过符合性测试所需的各种速度、去加重和预设值。这消除了使用手动按钮控制 DUT 时容易出错的问题。

一个完整的测试运行需要在不同的 DUT 设置下在每个通道上获取多个波形。需要分析的波形集会随着通道数量的增加而增加。管理和存储用于分析和未来参考的数据是任何符合性解决方案的重要标准。PCE3、PCE4 和 PCE5 选项中的 TekExpress 自动化软件除了调整水平和垂直设置以及采集深度以获得最佳信号质量进行准确分析外，还提供了简化多重获取波形管理的功能。



TekExpress 设置配置



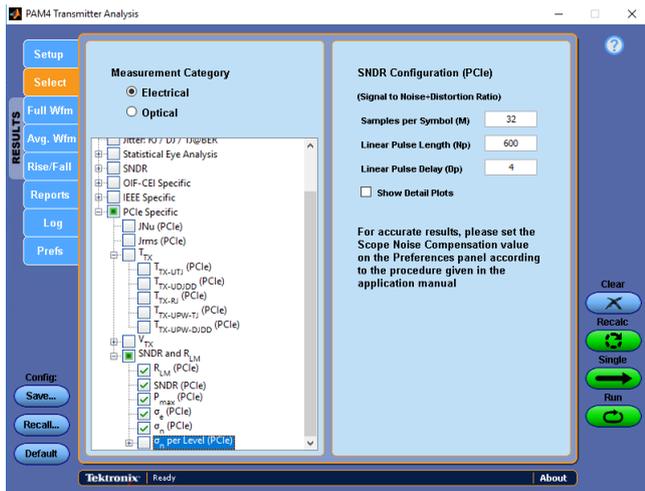
TekExpress 设置偏好

该功能利用 PCI-SIG 的 SigTest EXE 分析已获取的波形，使得分析结果与 PCI-SIG 工作组用于符合性测试的 SigTest 后捕获分析软件一致。

PCE3、PCE4 和 PCE5 选项中的 TekExpress 自动化软件在选择数据速率、电压摆动、预设值和要运行的测试方面提供了灵活性。它还提供了去嵌通道和测试夹具效应的选项，能够根据规范要求提供引脚信号的准确表示。

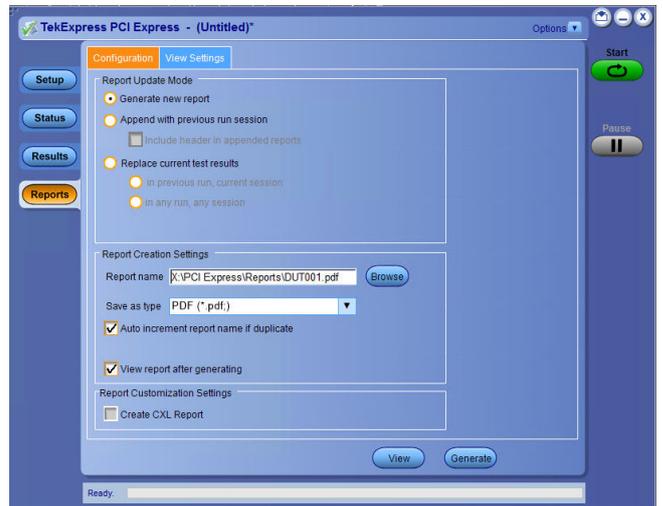
TekExpress 使用 Tektronix 下一代 PAM4 工具 PAMJET 进行测量。在分析过程中，TekExpress 会根据规范自动设置该工具，捕获结果并将其报告给用户。PAMJET 还允许专家用户配置 PAMJET 工具，以在非规范设置下测试 DUT 进行调试。

PAMJET 引入了信号与噪声失真比 (SNDR) 测量，其测量方法已更新，以支持最新的 PCI Express 6.0 基础规范。集成了仪器噪声补偿功能以提高测量的准确性。

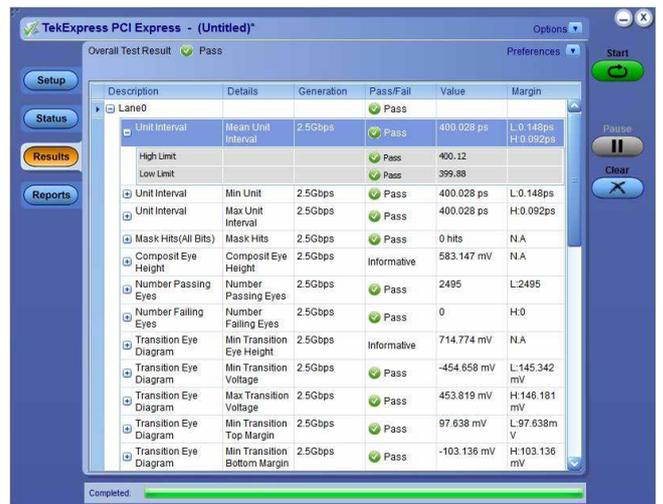


在 PAM4 发射机分析中选择测量类别

所有分析结果都编译成 PDF/HTML/CSV 格式的报告，其中可以包括通过 / 失败摘要、眼图、设置配置和用户评论。报告的内容可以自定义，以包括感兴趣的信息，如附加结果和基于测试名称 / 通过失败 / 均衡化的自定义报告生成。



TekExpress 报告生成偏好



TekExpress 结果摘要

使用 TekExpress 进行参考时钟测试

由于 PCI-SIG 标准支持的最高数据速率驱动的抖动限制减少，参考时钟测试已经从可选变为许多设计中的必需。此外，由于在 Gen5 系统中取消了双端口（数据和时钟发射机测试），因此需要在参考时钟上进行符合性测试。TekExpress PCIe 解决方案现已集成了 SkyWorks 时钟抖动工具，使参考时钟测试自动化且无麻烦。一旦用户将参考时钟输出连接到示波器，TekExpress PCIe 软件将获取信号，调用 SkyWorks 时钟抖动工具，并提供 Gen1 至 Gen5 的参考时钟测试结果。Skyworks 时钟抖动工具支持仪器噪声补偿。

开关矩阵自动化

开关矩阵应用程序允许使用射频开关配置和设置自动化的多通道测试。该解决方案允许您将多个发射机信号映射到指定的输入，并将选定的输入转发到另一个继电器或示波器通道。选项 SWX-PCE 支持使用 Keithley 和 Gigatronics 开关分别进行最多 x12 和 x16 通道的测试，增强了吞吐量和自动化测试速度。



开关矩阵应用程序设置



开关配置示例

Debug and validation

如果 DUT 或 Add-in Card 的任何部分未通过符合性测试，应用程序包括一个基于 DPOJET 的调试和分析工具包，专门用于 PCI Express 接口的调试和验证。

PCIe Gen3 和 Gen4 引入的新抖动测量提供了针对数据依赖性抖动 (DDJ) 和非相关确定性抖动 (UDJDD) 的独立限制。分离 DDJ (可以通过发射机和接收机均衡进行补偿) 和 UDJDD (可能由串扰和电源噪声等效应引起) 非常重要。

除了上述抖动测量外，脉冲宽度抖动 (PWJ) 是一个新测量，用于解决 8 到 16 Gb/s 的信道损耗增加问题。PWJ 测量的目的是确保孤立比特符合最小脉冲宽度要求。所有新抖动测量都实现了基于基本规范的 Q 标度外推法。Tektronix 的 PCE3、PCE4 和 PCE5 选项提供了完整的 PCI Express 3.0、4.0 和 5.0 基础规范抖动测量集，帮助硅片设计人员验证其硅片是否符合基础规范要求。

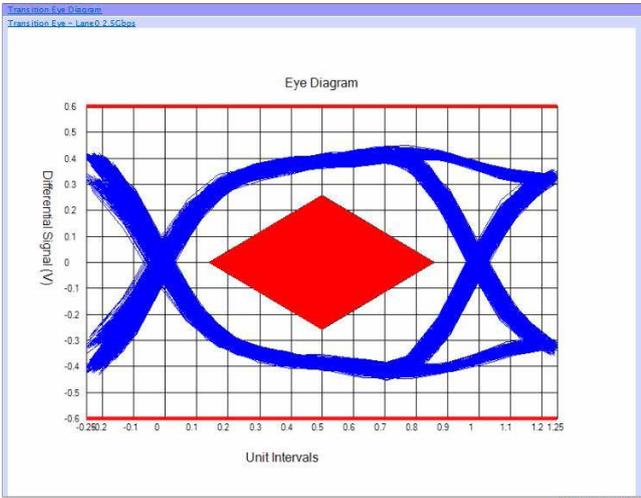
此外，基础规范要求要求在发射机引脚处定义。测量计算之前，必须去嵌测试通道。可以使用 Tektronix 的 SDLA64 串行数据链路分析软件轻松创建去嵌滤波器，然后将其快速输入到 PCE3 和 PCE4 基础规范测量设置中并保存以备将来使用。除了抖动外，PCE3 和 PCE4 还提供了电压、封装损耗和发射机均衡测量。

PCE3 和 PCE4 选项利用 Tektronix SDLA64 软件的信道建模和接收机均衡功能来支持 CEM 测量。与其他解决方案不同，PCE3 和 PCE4 选项提供了完整的信号可视性，展示了嵌入符合性信道后的信号以及应用接收机均衡后的信号。可以设置眼图和测量来直观地查看信道嵌入、CTLE 应用和 DFE 的结果。例如，在确定最佳 Rx 均衡设置 (CTLE 设置和 DFE 抽头值) 时，生成的眼图和测量显示了后处理对采集信号的影响。然后可以在波形上进行符合性测量。

TekExpress PCIe Tx TX Test Board Test Report			
Setup Information	DUT01	Scope Model	SPC7M2SX
DUT ID	11/30/2021 9:54:43 PM	Scope Serial Number	B321510
Date Time	BaseSpec	SPC Factory Calibration	PASS-PASS
Device Type	v10.7.0.107	Scope Firmware Version	v10.11.0 Build 30
TekExpress PCIe Tx Version	v5.7.0.33	DPQUET Version	v10.3.0.5
TekExpress Framework Version	Line	Channel Info	
TekExpress Execution Mode	No	Probe CH1 Model	none
Compliance Mode	Gen6 - 6.0	Probe CH1 Serial Number	N/A
Spec Version	Full	Probe CH2 Model	none
Voltage Swing	OK	Probe CH2 Serial Number	N/A
SSC Status	01	Probe CH3 Model	none
SlotNumber	01	Probe CH3 Serial Number	N/A
Overall Test Result	Fail		
Overall Execution Time	01:19:41		
DUT COMMENT:	DUT01		

Measurement Details	Lane Name	Data Rate	Equalization	Measured Value	Test Result	Margin	Low Limit	High Limit
Unit: Interval Mean	Lane0	64Gbps	Q0CompliancePI Item	31.25ps	Pass	LL: 0.00313ps, HL: 0.00312ps	31.246875ps	31.253125ps

TekExpress PCI Express 测试报告

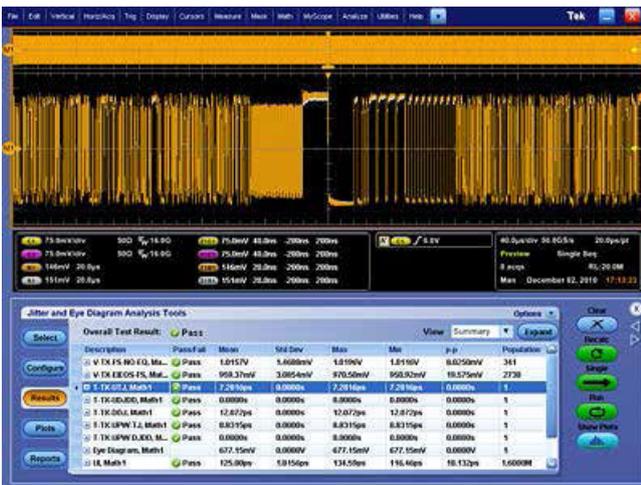
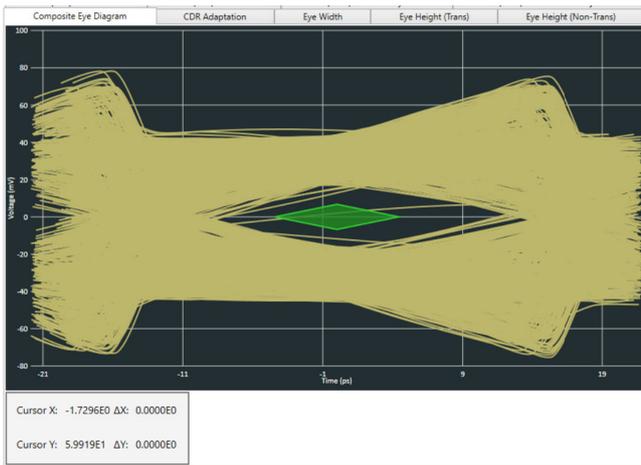


用于 Gen6 基础测量的 PAMJET

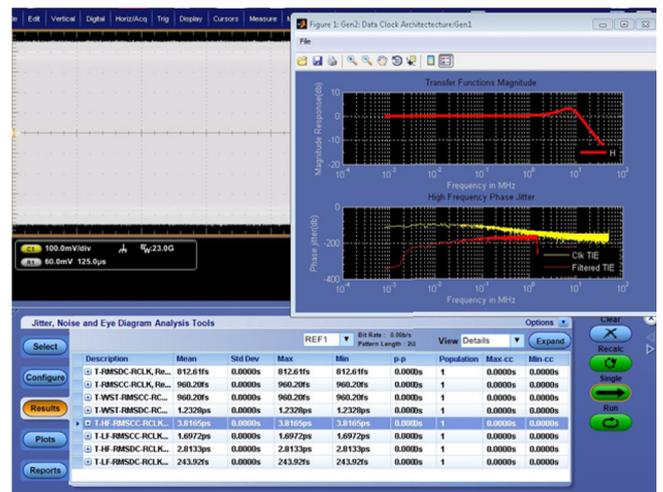
Tektronix 创建了一个下一代 PAM4 工具，称为 PAMJET，用于 Gen6 基础测量。该 PAMJET 工具可以配置测量，执行 Bessel Thompson 滤波，配置 Gen6 时钟恢复，配置 CTLE，并报告结果。这些内置功能专为辅助 Gen6 基础测试而设计。

基于 DPOJET 的参考时钟测量

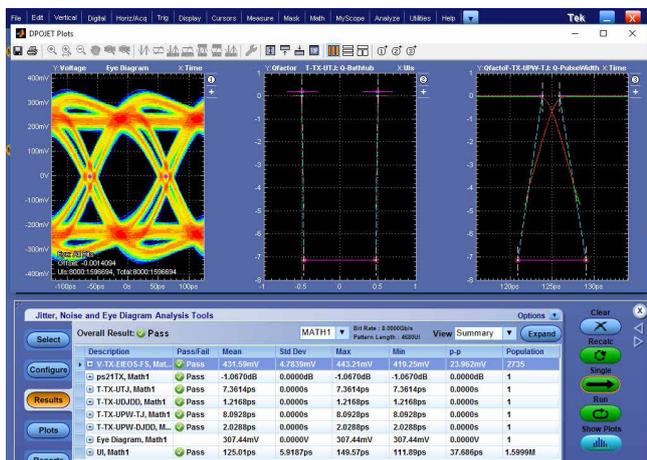
Tektronix 基于 DPOJET 的 RefClock 测量为实现 PCI Express 基础规范 Rev 1.0 中描述的 Gen1、Gen2、Gen3、Gen4 和 Gen5 参考时钟规范提供了可靠的方法。



DPOJet PCE3 基础规范测量套件



RefClk 测量示例，及生成的图表



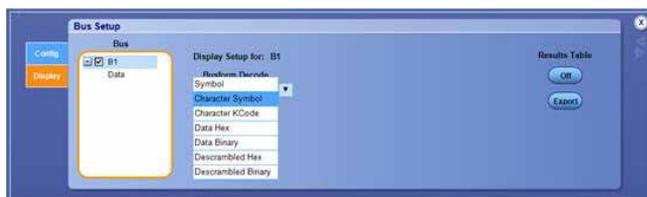
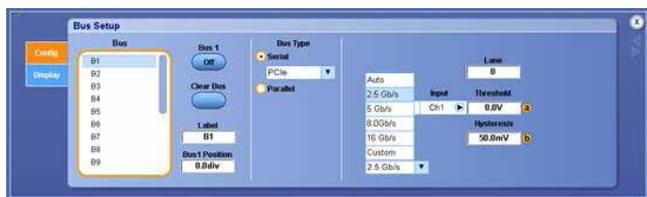
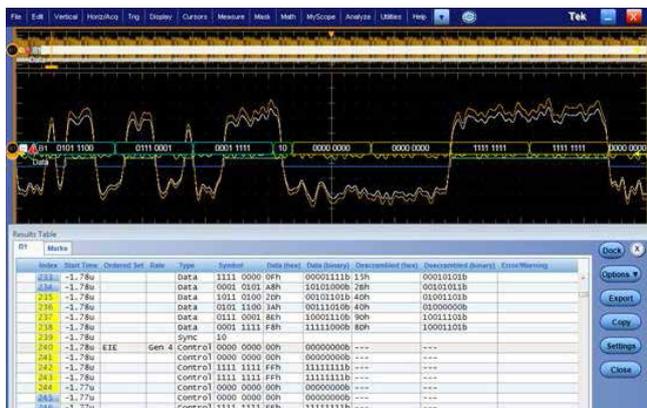
DPOJET 测量及其图表

全面的程序接口

您可以使用可编程仪器标准命令 (SCPI) 与 TekExpress 应用程序通信。TekExpress 应用程序的在线帮助文档描述了 TCPIP 套接字配置和 TekVISA 配置以执行 SCPI 命令的步骤。

PCI Express 解码器 (Gen1-4, 选项 SR-PCIe)

解码并以协议感知视图显示 PCIe 数据, 显示标准中的字符和名称, 例如有序集合: SKP, 电气空闲和 EIEOS。具有波形的时间相关事件表视图允许同时快速搜索感兴趣的事件。所有解码功能都支持 PCIe 第 1 至 4 代。PCIe 触发器通过示波器垂直菜单下的总线设置轻松配置, 并提供多种用户可调设置。PCIe 数据流与串行总线触发和搜索集成, 用于 PCIe 第 1 代和第 2 代, 允许触发感兴趣的信息。



用于 PCIe 验证、调试和预符合性的全面测量

Tektronix PCE3、PCE4 和 PCE5 选项提供跨多个测试点和 PCIe 规范版本的测量。支持的所有 PCIe 规范、测试点和测量在以下部分中列出。

技术指标

支持的参考时钟测量

代	架构	测量	限制
PCIe 1.1	通用时钟	T-CC-RCLK	指定
		T-WST-CC-RCLK	指定
	独立参考时钟	IR2.5GBPS	指定
PCIe 2.1	通用时钟	T-RMSCC- RCLK-5GBPS	指定
		T-WST-RMSCC-RCLK-5GBPS	指定
	独立参考时钟	IR5GBPS	指定
PCIe 3.1	通用时钟	T-RMSCC-RCLK	指定
		T-WST-RMSCC-RCLK	指定
	独立参考时钟	IR8GBPS	指定
PCIe 4.0	通用时钟	PCIE4_T-RMSCC-REFCLK	指定
		PCIE4_T-WST-RMSCC-REFCLK	指定
	独立参考时钟	IR16GBPS	指定
PCIe 5.0	通用时钟	PCIE5_T_RMSCC-REFCLK	指定
		PCIE5_T-WST-RMSCC-REFCLK	指定
	独立参考时钟	IR32GBPS	指定

支持的交流参考时钟测量

各代通用的
交流参考时钟规格

参数	符号	测量
周期到周期抖动	CC_JITTER	指定
差分输入高电压	V_IH	指定
差分输入低电压	V_IL	指定
占空比	Duty Cycle	指定
最大输入电压	Vmax	指定
最小输入电压	Vmin	指定
绝对周期（包括抖动和扩频调制）	Period Abs	指定
下降沿速率	Falling-Edge-Rate	指定
上升沿速率	Rising-Edge-Rate	指定
平均时钟周期精度	Avg Prd Accur	指定
上升沿速率 (REFCLK+) 与下降沿速率 (REFCLK-) 匹配	Rise fall Match	指定
绝对交叉点电压	VCROSS	指定
SSC 斜率	SSC SlewRate	指定

支持的基础规范测量

支持的 PCI Express 4.0
基础发射机测量

参数	DPOJET 测量	8.0 GT/s, Rev 3.0	16.0 GT/s, Rev 1.0
全摆幅 Tx 电压（无 TxEq）	V-TX-FS-NO-EQ	指定	指定
降低摆幅 Tx 电压（无 TxEq）	V-TX-RS-NO-EQ	指定	指定
EIEOS 期间的最小摆幅（全摆幅）	V-TX-EIEOS-FS	指定	指定
EIEOS 期间的最小摆幅（降低摆幅）	V-TX-EIEOS-RS	指定	指定
伪封装损耗根设备	ps21TXRootdevice	指定	指定
伪封装损耗 AIC 设备	ps21TXAICdevice	指定	指定
Tx 非相关总抖动	T-TX-UTJ	指定	指定
Tx 非相关确定性抖动	T-TX-UDJDD	指定	指定
数据依赖性抖动	T-TX-DDJ	指定	指定
总非相关脉冲宽度抖动	T-TX-UPW-TJ	指定	指定

参数	DPOJET 测量	8.0 GT/s, Rev 3.0	16.0 GT/s, Rev 1.0
确定性 DjDD 非相关脉冲宽度抖动	T-TX-UPW-DJDD	指定	指定
全摆幅最大增益电压比	V-TX-FS-BOOST	指定	指定
降低摆幅最大增益电压比	V-TX-RS-BOOST	指定	指定
Tx 直流峰 - 峰公共模式电压	VTX_DC_CM	指定	不适用
差分信号线之间的直流公共模式电压的绝对差值	VTX_CM_DC_LINE_DELTA	指定	不适用
电气空闲差分峰值输出电压	VTX_IDLE_DIFF_AC_p	指定	不适用
直流电气空闲差分输出电压	VTX_IDLE_DIFF_DC	指定	不适用

支持的 PCI Express 5.0
基础发射机测量

参数	DPOJET 测量	32.0 GT/s, Rev 5.0
Tx 非相关总抖动	T-TX-UTJ	6.25 ps (最大)
Tx 非相关确定性抖动	T-TX-UDJDD	3.125 ps (最大)
数据依赖性抖动	T-TX-DDJ	不适用
总非相关脉冲宽度抖动	T-TX-UPW-TJ	6.25 ps (最大)
总随机抖动 (信息性)	T-TX-RJ	0.23-0.45 ps rms
确定性 DjDD 非相关脉冲宽度抖动	T-TX-UPW-DJDD	2.5 ps (最大)
通用时钟架构的 RMS 参考时钟抖动	T-RMSCC-RCLK	0.25 ps (最大)
独立参考时钟抖动	IR32GBPS	不适用
伪封装损耗	ps21Tx (最大)	8.5dB
增益比	VTX-BOOST	8.0 dB (最小)
EIEOS	VTX-EIEOS	250 mV
Tx 差分峰 - 峰电压	VTX-DIFF-PP	800 mV (最大) 1300mV
单位间隔	UI	31.246875 (最小) 31.253125 (最大)

差分发射机 (Tx)
输出测量

参数	符号量	2.5 GT/s Rev 1.1/2.0	5 GT/s Rev 2.0
时钟恢复	NA	指定	指定
单位间隔	UI	指定	指定
差分峰 - 峰 Tx 电压摆幅	$V_{TX-DIFF-P-P}$ $V_{TX-SWING}$ $V_{TX-EYE-FULL}$	指定	指定

参数	符号量	2.5 GT/s Rev 1.1/2.0	5 GT/s Rev 2.0
低功耗差分峰 - 峰 Tx 电压 摆幅	$V_{TX-SWING-LOW}$ $V_{TX-EYE-HALF}$	指定	指定
去加重输出电压比	$V_{TX-DE-RATIO}$	未指定	指定
瞬态通道脉冲宽度	$T_{MIN-PULSE}$	未指定	指定
包含所有抖动源的发射机 眼图	T_{TX-EYE} $T_{TX-EYE-TJ}$	指定	指定
抖动中值与最大偏差之间的 最大时间	$T_{TX-EYEMEDIAN-to-MAXJITTER}$	指定	指定
确定性抖动	$T_{TX-DJ-DD}$	未指定	指定
Tx RMS 抖动 <1.5 MHz	$T_{TX-LF-RMS}$	未指定	指定
D+/D- Tx 输出上升 / 下降 时间	$T_{TX-RISE}$ $T_{TX-FALL}$	指定	指定
Tx 上升 / 下降不匹配	$T_{RF-MISMATCH}$	未指定	指定
交流峰 - 峰公共模式输出 电压	$V_{TX-CM-AC-PP}$	未指定	指定
交流峰公共模式输出电压	$V_{TX-CM-AC-P}$	指定	指定
差分信号线之间的直流公 共模式电压的绝对差值	$V_{TX-CM-DC-LINE-DELTA}$	指定	指定

支持的 CEM 规范测量

附加卡 8 GT/s 发射机 通道符合性测量

参数	符号
转换眼图电压	PCIe V-TXA
非转换眼图电压	PCIe V-TXA-d
眼图宽度	PCIe T-TXA

附加卡发射机通道 符合性测量

参数	符号	2.5 Gt/s Rev 1.1/2.0	5 GT/s Rev 2.0
时钟恢复	NA	指定	指定
单位间隔	UI	指定	指定
转换比特的眼图高度	V_{TXA}	指定	指定

参数	符号	2.5 Gt/s Rev 1.1/2.0	5 GT/s Rev 2.0
非转换比特的眼图高度	V_{TXA_d}	指定	指定
样本量为 10^6 UI 的眼图宽度	T_{TXA} in Rev 1.1	指定	未指定
BER 为 10^{-12} 的抖动眼图开口	T_{TXA} in Rev 2.0	指定	指定
样本量为 10^6 UI 的最大中位数 - 最大抖动异常值	$J_{TXA-MEDIAN-to-MAX-JITTER}$	指定	未指定
BER 为 10^{-12} 的总抖动	TJ at BER 10^{-12}	未指定	指定
BER 为 10^{-12} 的确定性抖动	Max DJ	未指定	指定

**系统板发射机
通道测量**

参数	符号	2.5 GT/s Rev 1.1/2.0	5 GT/s Rev 2.0
时钟恢复	NA	指定	指定
单位间隔	UI	指定	指定
转换比特的眼图高度	V_{TXS}	指定	指定
非转换比特的眼图高度	V_{TXS_d}	指定	指定
样本量为 10^6 UI 的眼图宽度	T_{TXS} in Rev 1.1	指定	未指定
BER 为 10^{-12} 的抖动眼图开口	T_{TXS} in Rev 2.0	指定	指定
样本量为 10^6 UI 的最大中位数 - 最大抖动异常值	$J_{TXA-MEDIAN-to-MAX-JITTER}$	指定	未指定
BER 为 10^{-12} 的总抖动	TJ at BER 10^{-12}	未指定	指定
BER 为 10^{-12} 的确定性抖动	Max DJ	未指定	指定

参考时钟测量

参数	符号	2.5 Gt/s Rev 1.1/2.0
参考时钟相位抖动	NA	指定

PCI Express 模块™ 测量

**Express 模块附加卡
发射机通道测量**

参数	符号	Rev 1.0
时钟恢复	NA	指定

参数	符号	Rev 1.0
单位间隔	UI	指定
转换比特的眼图高度	V_{TXA}	指定
非转换比特的眼图高度	V_{TXA_d}	指定
样本量为 10^6 UI 的眼图宽度	T_{TXA} in Rev 1.1	指定
BER 为 10^{-12} 的抖动眼图开口	NA	指定
样本量为 10^6 UI 的最大中位数 - 最大抖动异常值	$J_{TXA-MEDIAN-to-MAX-JITTER}$	指定

**Express 模块系统板
发射机通道测量**

参数	符号	Gen1 Rev 1.0
时钟恢复	NA	指定
单位间隔	UI	指定
转换比特的眼图高度	V_{TXS}	指定
非转换比特的眼图高度	V_{TXS_d}	指定
样本量为 10^6 UI 的眼图宽度	T_{TXS}	指定
BER 为 10^{-12} 的抖动眼图开口	NA	指定
样本量为 10^6 UI 的最大中位数 - 最大抖动异常值	$J_{TXA-MEDIAN-to-MAX-JITTER}$	指定

PCI Express 外部电缆测量

**外部电缆发射机
通道测量**

参数	符号	Rev 1.0
时钟恢复	NA	指定
单位间隔	UI	指定
转换比特的眼图高度	V_{TXA}	指定
非转换比特的眼图高度	V_{TXA_d}	指定
BER 为 10^{-12} 的抖动眼图开口	TrxA at BER 10^{-12}	指定
样本量为 10^6 UI 的眼图宽度	TrxA at 10^6 Samples	指定

PCMCIA ExpressCard™ 测量

**ExpressCard - 模块
发射机通道测量**

参数	符号	Release 1.0
时钟恢复	NA	指定
单位间隔	UI	指定
转换比特的眼图高度	V_{TXA}	指定
非转换比特的眼图高度	V_{TXA_d}	指定
250 UIs 的眼图宽度	T_{TXA}	指定

**ExpressCard - 主机
系统发射机通道测量**

参数	符号	Release 1.0
时钟恢复	NA	指定
单位间隔	UI	指定
转换比特的眼图高度	V_{txS}	指定
非转换比特的眼图高度	V_{txS_d}	指定
250 UIs 的眼图宽度	T^{TxS}	指定

MXM 测量
PCI Express 测量

参数	符号	Release 1.1
转换比特的眼图高度	V_{TXS}	指定
非转换比特的眼图高度	V_{TXS_d}	指定
BER 的宽度	T_{TXS}	指定
确定性抖动	DJ	指定
总抖动	TJ	指定

订购信息

PCE3 选项¹	PCI Express Gen1/2/3 TekExpress 符合性 / 调试自动化软件, 带有 DPOJet 测量功能
新仪器订单	选项 PCE3
产品升级	DPO-UP 选项 PCE3
浮动许可证	DPOFL-PCE3
PCE4 选项²	<p>PCI Express Gen4 TekExpress 符合性 / 调试自动化软件, 带有 DPOJet 测量功能 需要 PCE3 选项以支持 PCI Express Gen1/2/3 TekExpress 符合性 / 调试自动化软件 CEM 系统 / 主机测试要求:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 台 MSO/DPO72504DX 或 DPO73304SX 示波器, 带 P76xx 探头或 DPS73308SX, 最小带宽 =25GHz • 2 个 P7625 或 P7633 探头, 适用于 MSO/DPO72504DX 或 DPO73304SX • 2 个 P76CA-292 探头尖端, 适用于 MSO/DPO72504DX 或 DPO73304SX
新仪器订单	选项 PCE4
产品升级	DPO-UP 选项 PCE4
浮动许可证	DPOFL-PCE4
PCE5 选项	TekExpress PCIe 发射机符合性解决方案, 支持 PCIe Gen5 (需要 Opt. DJA)
新仪器订单	选项 PCE5
产品升级	DPO-UP 选项 PCE5
浮动许可证	DPOFL-PCE5
PCE6 选项	TekExpress PCIe 发射机符合性解决方案, 支持 PCIe Gen6 (需要 Opt. DJA 和 PAMPCIE6)
新仪器订单	选项 PCE6
产品升级	DPO-UP 选项 PCE6
浮动许可证	DPOFL-PCE6
SWX-PCE 选项³	PCIe Gen 1/2/3 的开关配置器 (请注意, 射频开关不支持 PCIe Gen4 发射机测试)
新仪器订单	选项 SWX-PCE
浮动许可证	DPOFL-SWX-PCE

备注:

1. 选项 DJA (DPOJET 抖动和眼图分析) 和选项 SDLA64 (串行数据链路分析可视化器) 强烈推荐。选项 DJA 是 MSO70000 系列示波器的标准配置, 并可用于 DPO70000 系列示波器。
2. 需要选项 PCE3。如果仅需要自动化 TekExpress 解决方案, 则选项 DJA 和 SDLA64 是可选的。
3. CEM 系统 / 主机测试配置。

推荐的 DPO/MSO70000 系列示波器

- 2.5 Gb/s (PCI Express 1.0/1.1) DPO/MSO70000 系列 (需要 6 GHz 或更高带宽的型号进行符合性测试)
- 5.0 Gb/s (PCI Express 2.0) DPO/MSO70000 系列 (12.5 GHz 或更高带宽的型号)
- 8.0 Gb/s (PCI Express 3.0) DPO/MSO70000 系列 (12.5 GHz 或更高带宽的型号)
- 16.0 Gb/s (PCI Express 4.0) DPO/MSO70000 系列 (25 GHz 或更高带宽的型号)
- 32.0 Gb/s (PCI Express 5.0) DPS77004SX 系列 (50 GHz 或更高带宽的型号), DPO/MSO70000 系列 (33 GHz 或更高带宽的型号, 用于 Gen5 CEM 测试)
- 64.0 Gb/s (PCI Express 6.0) DPS77004SX 系列 (50 GHz 或更高带宽的型号)

支持的 DPO/MSO70000 SX 系列示波器配置

下表列出了各个型号及其支持的选项:

型号	描述	选项	选项	选项	选项
		PCE3	PCE4	PCE5	PCE6
DPO71604C	16 GHz DPO; 2 通道, 100 GS/s 或 4 通道, 50 GS/s	✓			
DPO72004C	20 GHz DPO; 2 通道, 100 GS/s 或 4 通道, 50 GS/s	✓			
DSA71604C	16 GHz DSA; 2 通道, 100 GS/s 或 4 通道, 50 GS/s	✓			
DSA72004C	20 GHz DSA; 2 通道, 100 GS/s 或 4 通道, 50 GS/s	✓			
MSO71604C	16 GHz MSO; 2 通道, 100 GS/s 或 4 通道, 50 GS/s	✓			
MSO72004C	20 GHz MSO; 2 通道, 100 GS/s 或 4 通道, 50 GS/s	✓			
DPO72504D	25 GHz DPO; 2 通道, 100 GS/s 或 4 通道, 50 GS/s	✓	✓		
DPO73304D	33 GHz DPO; 2 通道, 100 GS/s 或 4 通道, 50 GS/s	✓	✓	✓	
DSA72504D	25 GHz DSA; 2 通道, 100 GS/s 或 4 通道, 50 GS/s	✓	✓		
DSA73304D	33 GHz DSA; 2 通道, 100 GS/s 或 4 通道, 50 GS/s	✓	✓	✓	
DPO72304DX	23 GHz DPO; 2 通道, 100 GS/s 或 4 通道, 50 GS/s	✓			
DPO72504DX	25 GHz DPO; 2 通道, 100 GS/s 或 4 通道, 50 GS/s	✓	✓		
DPO73304DX	33 GHz DPO; 2 通道, 100 GS/s 或 4 通道, 50 GS/s	✓	✓	✓	
MSO72304DX	23 GHz MSO; 2 通道, 100 GS/s 或 4 通道, 50 GS/s	✓			
MSO72504DX	25 GHz MSO; 2 通道, 100 GS/s 或 4 通道, 50 GS/s	✓	✓		
MSO73304DX	33 GHz MSO; 2 通道, 100 GS/s 或 4 通道, 50 GS/s	✓	✓	✓	
DPO77002SX	70 GHz ATI; 1 通道, 70 GHz, 200 GS/s 或 2 通道, 33 GHz, 100 GS/s	✓	✓	✓	
DPS77004SX	70 GHz ATI 系统; 2 通道: 70 GHz, 200 GS/s 或 4 通道: 33 GHz, 100 GS/s	✓	✓	✓	✓
DPO75902SX	59 GHz ATI; 1 通道, 59 GHz, 200 GS/s 或 2 通道, 33 GHz, 100 GS/s	✓	✓	✓	
DPS75904SX	59 GHz ATI 系统; 2 通道: 59 GHz, 200 GS/s 或 4 通道: 33 GHz, 100 GS/s	✓	✓	✓	✓
DPO75002SX	50 GHz ATI; 1 通道, 50 GHz, 200 GS/s 或 2 通道, 33 GHz, 100 GS/s	✓	✓	✓	
DPS75004SX	50 GHz ATI 系统; 2 通道: 50 GHz, 200 GS/s 或 4 通道: 33 GHz, 100 GS/s	✓	✓	✓	✓
DPO73304SX	33 GHz DPO; 2 通道, 33 GHz, 100 GS/s 或 4 通道, 23 GHz, 50 GS/s	✓	✓	✓	

型号	描述	选项 PCE3	选项 PCE4	选项 PCE5	选项 PCE6
DPS73308SX	33 GHz DPO 系统; 4 通道: 33 GHz, 100 GS/s 或 4 通道: 23 GHz, 50 GS/s	✓	✓	✓	
DPO72304SX	23 GHz DPO; 4 通道: 23 GHz, 50 GS/s 或 2 通道: 23 GHz, 100 GS/s	✓			
DPO71604SX	16GHz DPO; 4 通道: 16GHz, 50GS/s 或 2 通道: 16 GHz, 100 GS/s	✓			
DPO71304SX	13GHz DPO; 4 通道: 13GHz, 50GS/s 或 2 通道: 13 GHz, 100 GS/s	✓			

附件

推荐附件

P75xx, P76xx, 和 P77xx 系列
(TriMode™ 差分探头)

P7513, P7513A, P7516, P7520A, P7625, P7630, P7633, P7713, P7716, P7720 以及各自的探头尖端。

PCI Express 速度	最小示波器 带宽	TCA-SMA (最大 18 GHz)	TCA-292D (最大 33 GHz)	P7500 (最大 20 GHz)	P7700 (最大 20 GHz)	P7600 (最大 33 GHz)
2.5 GT/s	6 GHz	✓	✓	✓	✓	✓
5.0 GT/s	12.5 GHz	✓	✓	✓	✓	✓
8.0 GT/s	12.5 GHz	✓	✓	✓	✓	✓
16.0 GT/s	25 GHz	✓	✓			
32.0 GT/s BASE	50 GHz					
32.0 GT/s CEM	33 GHz	✓	✓			
100 MHz RefClk	5 GHz	✓	✓	✓	✓	✓
64.0 GT/s BASE	50 GHz					

SDLA64 选项

串行数据链路分析可视化器：用于分析和去嵌入的高级工具。

SR-PCIe 选项

支持 PCI Express 串行总线的总线解码。

PAMPCIE6 选项

用于 Gen6 基础测量。

推荐用于自动化 DUT 控制

射频开关

Keithley 系统 S46T 射频微波开关用于 x12 PCIe, Gigatronics 射频开关 26 GHz (8902-L-48TS26) 用于 x16 PCIe。

Tektronix AFG3252

任意波形发生器

Tektronix AFG3252C

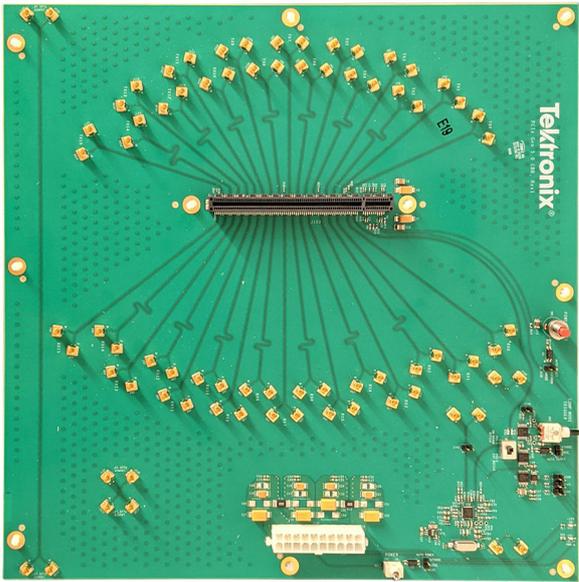
任意波形发生器

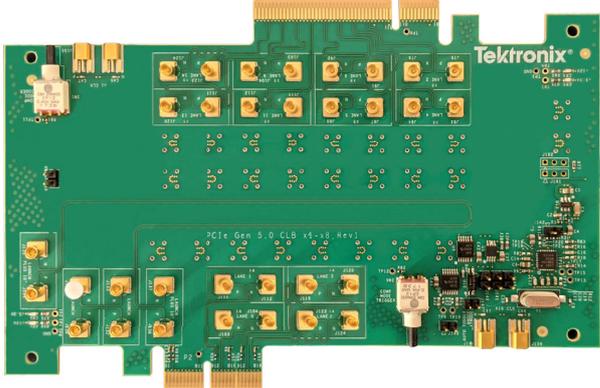
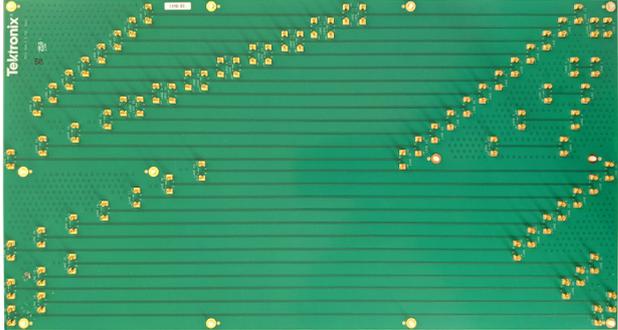
AWG5002B/C

任意波形发生器

AWG5012B/C	任意波形发生器
AWG5014B/C	任意波形发生器
AWG7082B/C	任意波形发生器
AWG7122B/C	任意波形发生器
AWG70001A	任意波形发生器
AWG70002A	任意波形发生器
AFG31252	任意波形发生器
AFG31251	任意波形发生器
AFG3252C	任意波形发生器
GRL PCIE34 控制器	用于自动化测试模式切换和 DUT 电源循环（适用于附加卡）。

推荐的测试夹具、线缆和工具

说明	图像
<p>PCI Express 5.0 系统板 (Tektronix 非符合性)</p> <p>Tektronix PN TF-PCIE5-CEM-X1 或 TF-PCIE5-CEM-X16</p> <p>规格:</p> <ul style="list-style-type: none"> • X16 CEM 连接器 (表面安装) 具有优化布局 • Megtron 6 低损耗材料 (~1 dB @ 16 GHz) • 微带线布局 (无过孔) • MMPx(Huber Suhner) 射频连接器用于 Tx 和 Rx 连接 • Tx 迹线长度为 3 英寸 • Rx 迹线长度为 4 英寸 • 5.0 基础规范参考时钟符合性芯片 • 电源连接器 (2x10) • 光隔离开关用于自动化电源、重置和切换 • 插入损耗表征迹线 	

说明	图像
<p>PCI Express 5.0 附加卡板 (Tektronix 非符合性)</p> <p>Tektronix PN TF-PCIE5-CEM-X1 或 TF-PCIE5-CEM-X16</p> <p>规格:</p> <ul style="list-style-type: none"> • x1/x16 边缘插头和 x4/x8 边缘插头变种, 具有优化布局 • TF-PCIE5-CEM-X1 配备 X1 和 X16 CLB, TF-PCIE5-CEM-X16 配备 X1、X4、X8 和 X16 CLB。 • 边带信号 RC 终端 • Megtron 6 低损耗材料 (~1 dB @ 16 GHz) • 微带线布局 (无过孔) • MMPx (Huber Suhner) 射频连接器用于 Tx 和 Rx 连接 • Tx 迹线长度为 3 英寸 • Rx 迹线长度为 4 英寸 • 5.0 基础规范参考时钟符合性芯片 • 符合性切换电路 (在 Tx 符合性模式之间切换) • 光隔离开关用于自动化电源、重置和切换 • 插入损耗表征迹线 	
<p>PCI Express 5.0 可变 ISI 板 (Tektronix 非符合性)</p> <p>Tektronix PN TF-PCIE5-CEM-X1 或 TF-PCIE5-CEM-X16</p> <p>规格:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 36 对可变长度差分对 (0.5 dB @ 16 GHz 步进大小) • Megtron 6 低损耗材料 (~1 dB @ 16 GHz) • 微带线布局 (无过孔) • MMPx (Huber Suhner) 射频连接器用于 Tx 和 Rx 连接 	
<p>相关说明:</p> <p>推荐的 PCI Express 4.0 初步 CEM 夹具套件</p> <p>PN: PCIe-CLB-X1X16、PCIe-CLB-X4X8、PCIe-CBB-MAIN 和 PCIe-VAR-ISI</p> <p>PCIe 4.0 CEM Beta 夹具需要基于矢量网络分析仪 (VNA) 的表征, 以确定执行 16 GT/s Tx 信号质量测试和 16 GT/s Rx 链路均衡测试所需的适当插入损耗。此表征不会由 PCI-SIG 执行, 必须由最终用户在夹具交付后进行。</p>	

说明	图像
<p>PCI Express 符合性基础板 (CBB) 测试夹具, 版本 3.0 用于测试 PCI Express 插卡, x1/x4/x8/x16 PCIe 连接器上的 PCIe 设备 / 插卡。</p> <p>供应商: PCI-SIG</p> <p>供应商 PN: CBB3</p> <p>Tektronix PN: 仅可从 PCI-SIG 购买</p>	 <p>The image shows a green printed circuit board (PCB) test fixture. It features a large, vertical, multi-pin connector on the right side, which is used to interface with PCIe cards. The board is populated with various electronic components, including capacitors, resistors, and integrated circuits. The overall design is compact and professional, typical of high-quality test equipment.</p>
<p>PCI Express 符合性负载板 (CLB3) 测试夹具, 版本 3.0 用于测试 PCI Express 平台, x1 和 x16 PCIe 连接器上的 PCIe 设备 / 插卡。</p> <p>供应商: PCI-SIG</p> <p>供应商 PN: x1/x16 CLB3</p> <p>Tektronix PN: 仅可从 PCI-SIG 购买</p>	 <p>This image displays a green PCB test fixture designed for x1 and x16 PCIe connectors. The board is densely packed with components, including several gold-plated PCIe connectors along the top edge. It also features various passive components like capacitors and resistors, and a central integrated circuit. The board has a standard PCIe form factor with a gold-plated edge connector at the bottom.</p>
<p>PCI Express 符合性负载板 (CLB3), 版本 3.0 用于测试 PCI Express 平台, x4 和 x8 PCIe 连接器上的 PCIe 设备 / 插卡。</p> <p>供应商: PCI-SIG</p> <p>供应商 PN: x4/x8 CLB3</p> <p>Tektronix PN: 仅可从 PCI-SIG 购买</p>	 <p>This image shows another version of the CLB3 test fixture, specifically for x4 and x8 PCIe connectors. It is a green PCB with a similar layout to the x1/x16 version, featuring gold-plated PCIe connectors and various electronic components. The board is designed to provide a stable and accurate test environment for these specific PCIe configurations.</p>

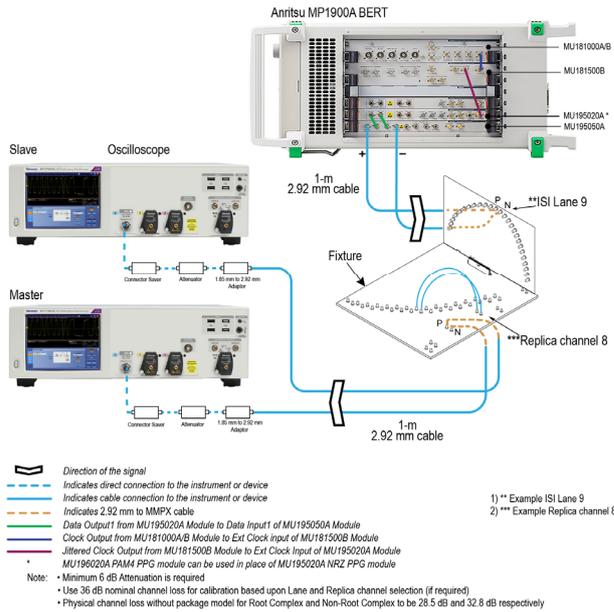
说明	图像
<p>PCI Express 符合性负载板 (U.2 CLB3) 测试夹具, 版本 3.0</p> <p>用于测试 PCI Express 平台, x1 和 x4 PCIe 连接器上的 PCIe 设备 / 插卡。</p> <p>供应商: PCI-SIG</p> <p>供应商 PN: U.2 CLB3</p> <p>Tektronix PN: 仅可从 PCI-SIG 购买</p> <p>备注: U.2 原称 SFF-8639。</p>	
<p>推荐电源</p> <p>任何 ATX PC 电源供应器</p> <p>Tektronix 推荐 "PC Power and Cooling 750 W Silencer MK III 系列" 或类似产品。</p>	

说明	图像
<p>推荐工具: SMP 终端器, 50 Ω, 限位锁扣</p> <p>供应商: Fairview Microwave</p> <p>供应商 PN: ST2645</p> <p>Tektronix PN: 131-9399-xx</p> <p>每个 PCIe DUT 链路宽度所需的数量:</p> <ul style="list-style-type: none"> • x1: 0 • x4: 6 • x8: 14 • x16: 30 	
<p>SMA 母头到 BNC 公头适配器</p> <p>供应商: Tektronix</p> <p>Tektronix PN: 015-0572-xx</p>	
<p>SMA 直角电缆对, 102 mm, 1 ps 相位匹配</p> <p>Tektronix PN: 174-6657-xx</p> <p>数量: 1 对电缆</p> <p>备注: 仅适用于 Gen3</p>	
<p>SMP 直角电缆对, 305 mm, 2.5 ps 相位匹配套件</p> <p>Tektronix PN: 174-6658-xx</p> <p>数量: 1 对电缆</p>	

说明	图像
<p>SMA 力矩扳手, 8.0 in-lbs 供应商: Fairview Microwave 供应商 PN: ST-SMA3 Tektronix PN: 003-1940-xx 数量: 1</p>	
<p>SMP 直角电缆拔出工具 供应商: Fairview Microwave 供应商 PN: MMTL2682 Tektronix PN: 003-1941-xx 数量: 1</p>	
<p>SMP 终端器安装 / 拔出工具 供应商: Fairview Microwave 供应商 PN: MMTL4991 Tektronix PN: 003-1939-xx 数量: 1</p>	

PCI Express 接收机测试

Tektronix 还提供了一个完整的 PCI Express 接收机测试解决方案, 适用于 Gen5 和 Gen4, 包括 PCI-SIG 测试规范要求的受扰模式生成和支持自动校准和接收机测试。自动化 DUT 回环控制简化了测试过程并减少了获得测试结果的时间。



PCIe 接收机测试设置

1625-005

使用 Tektronix DPO70000SX 系列实时示波器和 Anritsu MP1900A BERT 的接收机自动化软件的显著特点如下：

- 基于向导的用户界面，用于校准和测试的每一步操作
- 高效快速的校准过程
- 通过 Seasim 统计模拟工具计算插入损耗
- Tx 链路均衡 /Rx 链路均衡
- 抖动容限测试
- 支持最新行业工具（SigTest 和 Seasim）
- 全面的校准和测试报告
- 针对 PCI Express 第 3/4/5 代的 PLL 带宽和峰值测试的自动化（包括 SJ 校准）



质量认证

Tektronix 已通过 SRI 质量体系注册机构的 ISO 9001 和 ISO 14001 认证。



泰克官方微信

如需所有最新配套资料，请立即与泰克本地代表联系！

或登录泰克公司中文网站：www.tek.com.cn

泰克中国客户服务中心全国热线：400-820-5835

泰克科技(中国)有限公司

上海市浦东新区川桥路1227号
邮编：201206
电话：(86 21) 5031 2000
传真：(86 21) 5899 3156

泰克北京办事处

北京市朝阳区酒仙桥路6号院
电子城·国际电子总部二期
七号楼2层203单元
邮编：100015
电话：(86 10) 5795 0700
传真：(86 10) 6235 1236

泰克上海办事处

上海市长宁区福泉北路518号
9座5楼
邮编：200335
电话：(86 21) 3397 0800
传真：(86 21) 6289 7267

泰克深圳办事处

深圳市深南东路5002号
信兴广场地王商业大厦3001-3002室
邮编：518008
电话：(86 755) 8246 0909
传真：(86 755) 8246 1539

泰克成都办事处

成都市锦江区三色路38号
博瑞创意成都B座1604
邮编：610063
电话：(86 28) 8620 3028
传真：(86 28) 8527 0053

泰克武汉办事处

武汉市洪山区文化大道555号
融创智谷二期B1栋7层05室
邮编：430072
电话：(86 27) 8781 2760

泰克香港办事处

香港九龙尖沙咀弥敦道132号
美丽华大厦808-809室
电话：(852) 3168 6695
传真：(852) 2598 6260

联系信息

如需进一步了解，Tektronix 拥有一个全面且不断扩展的应用笔记、技术简报及其他资源集合，帮助工程师在技术前沿工作。请访问：www.tek.com.cn

© 泰克公司版权所有，侵权必究。泰克产品受到已经签发及正在申请的美国专利和外国专利保护。本文中的信息代替所有以前出版的材料中的信息。本文中的技术数据和价格如有变更，恕不另行通告。TEKTRONIX 和 TEK 是泰克公司的注册商标。本文中提到的所有其它商号均为各自公司的服务标志、商标或注册商标。

Tektronix®