



DPO70E 系列
33 GHz 和 59 GHz 光探头
用户手册





DPO70E 系列 33 GHz 和 59 GHz 光探头 用户手册

警告

保养说明仅供合格人员使用。为避免人身伤害，除非您有资格执行保养，否则请勿执行保养。在执行保养工作之前，请参阅所有安全摘要。

本文档支持版本 1.0 和更高版本的 DPO70E 系列软件。

Copyright © Tektronix.保留所有权利。许可软件产品由 Tektronix、其子公司或提供商所有，受国家版权法及国际条约规定的保护。Tektronix 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。保留更改技术规格和价格的权利。

TEKTRONIX 和 TEK 是 Tektronix, Inc. 的注册商标。

泰克联系信息

Tektronix, Inc.
14150 SW Karl Braun Drive
P.O. Box 500
Beaverton, OR 97077
USA（美国）

有关产品信息、销售、服务和技术支持：

- 在北美地区，请拨打 1-800-833-9200。
- 其他地区用户请访问 www.tek.com 查找当地的联系信息。

保修

Tektronix 保证，本产品自发货之日起 (1) 年内不会出现材料和工艺缺陷。如果在保修期内证明任何此类产品有缺陷，Tektronix 将会选择对缺陷产品进行维修或更换，不收部件和人工费用。Tektronix 用作保修用途的部件、模块和替代品可能是全新的，或者经修理具有相当于新产品的性能。所有更换的部件、模块和产品将成为 Tektronix 的财产。

为获得本保修所承诺的服务，客户必须在保修期内向 Tektronix 通报缺陷，并为服务的履行做出适当安排。客户应负责包装缺陷产品并托运到 Tektronix 指定的维修中心，同时预付运费。如果产品要运送到 Tektronix 维修中心所在国内的地点，Tektronix 应支付向客户送返产品的费用。如果产品送返到任何其他地点，客户应负责支付所有的运费、关税、税金及任何其他费用。

本保修不适用于由于使用不当或者维护保养不当或不足所造成的任何缺陷、故障或损坏。Tektronix 在此保修下无义务提供以下服务：a) 修理由非 Tektronix 服务代表人员对产品进行安装、修理或维护所导致的损坏；b) 修理由于使用不当或与不兼容的设备连接造成的损坏；c) 修理由于使用非 Tektronix 提供的电源而造成的任何损坏或故障；d) 维修已改动或者与其他产品集成的产品（如果这种改动或集成会增加产品维修的时间或难度）。

本保修由 TEKTRONIX 针对本产品而订立，用于替代任何其他的明示或暗示的保证。TEKTRONIX 及其供应商拒绝对用于特殊目的的适销性或适用性做任何暗示的保证。对于违反本保修的情况，TEKTRONIX 负责修理或更换缺陷产品是提供给客户的唯一和全部补救措施。无论 TEKTRONIX 及其供应商是否被预先告知可能发生任何间接、特殊、偶然或必然的损坏，TEKTRONIX 及其供应商对这些损坏均概不负责。

[W2 - 15AUG04]

目录

软件许可协议	iii
重要安全信息	v
常规安全概要	v
维修安全概要	vi
手册中的术语	vi
产品上的术语	vi
产品上的符号	vi
合规性信息	vii
环境合规性	vii
前言	ix

入门知识

产品说明	1
主要功能	3
选件和附件	4
所需和推荐的示波器软件	6
安装	6
静电放电	6
TekConnect 探头安装	7
ATI 通道安装	8
首选, 启用功能检查	10

操作基础

操作安全和探头处理	13
将光信号连接到探头	13
衰减光信号	15
系统交互	15
清洁光连接器	16
清洁探头的外部	18
探头设置	19
Vertical Setup (垂直设置) 设置	21
Probe Setup (探头设置) 设置	27
校准	31
黑电平补偿	31

信号路径补偿	31
光滤波器和带宽设置	35
电输出	36
校正转换增益	37

参考

光带宽和电带宽	39
Flat（平坦）滤波器设置的带宽	39
ORR 滤波器设置的带宽	40
光基准接收机性能	40

附录 A：编程接口 (PI) 命令

CH<x>:OPTI:POWER?（仅查询）	43
CH<x>:OPTIcal:AOPstream	44
CH<x>:OPTIcal:RCVR	45
CH<x>:OPTIcal:RCVR:USERVALue?（仅适用于查询）	45
CH<x>:OPTIcal:WLENgth	46
CH<x>:OPTIcal:WLENgth:LIST?（仅查询）	47
CH<x>:PRObe:GAIN?（仅查询）	47

软件许可协议

泰克软件许可协议

设备内编码或合编的或本协议附带的程序按照本协议条件与条款的要求提供。保留本程序超过三十天或者以任何方式使用本程序将视为接受本协议的条款。如不接受这些条款，应该立即将未使用的程序和全部随附的文档返还泰克，以便获得全额的授权使用费用退款。（关于返还设备内部的编码“程序”或编译“程序”的详细信息，请与最近的泰克经销处联系。）

定义。

“泰克”是指位于美国俄勒冈州的公司 Tektronix, Inc. 或者供应该设备的当地 Tektronix 法律实体。

“程序”是指本协议随附的或捆绑了本协议的设备内部包含的泰克软件产品（可执行程序与/和数据）。

“客户”是指使用其名称订购本程序的个人或组织。

许可。

客户可以：

1. 任何时间在一台机器上使用本程序；以及
2. 未经泰克的事先书面同意将本程序转让给客户或者客户所在公司以外的个人或组织，但转让编码或编译本程序的设备的情况除外；
3. 将本程序、任何相关文档或其直接产物出口或再出口到美国或具有管辖权的任何外国政府法律法规限制的国家或地区，如果需要，需得到华盛顿街区商务部出口管理办公室以及相关外国政府相应机构的授权；
4. 修改程序、制作衍生作品或将程序与另一程序合并；
5. 出于任何目的对程序仅逆向编译或反汇编，尽管存在此类活动未得到相应开源许可或适用法律的明确许可的限制；或
6. 复制程序随附的文档。

对于设计驻留在单台机器并且支持一台或多台本地或远程其他机器的程序，如果未允许程序可以转移到其他机器上本地执行，则其他机器应视为“单台机器”的定义范围以内。对于允许转移到其他机器上本地执行的程序，每台机器都需要具有单独许可来允许使用程序。

本程序及其所有拷贝的权利（而非该程序或副本所在的介质）应属于并一直属于泰克或泰克从中获取相应许可权的其他一方。

客户应在适当的时间支付目前或以后与拥有或使用本程序相关而强制要求、征收或核定的所有财产税，并申报此类税种所要求的所有报表。

如果程序或所有相关文档供美国政府机构采购或使用，应认为程序和文档为“商用计算机软件”和“商用计算机软件文档”，因为这些词语在 48 CFR §12.212、48 CFR §227.7202 或 48 CFR §252.227-7014 中使用并在授予此协议中规定的其他所有被授权商时连同上述权限一起获得许可。

除非这些条款和条款的明确准许，否则不得使用、复制、修改、合并或将本程序转让给他人。在转让本程序的任何副本、修改或合并部分时，对于转让此程序的一方，此处授予的许可将自动终止。

期限。

此处授权的许可在客户接受时生效，直至所述终止之日为止。客户可随时书面通知泰克终止本许可。如果客户未能遵守任何条件与条款并且在收到泰克或相关第三方通知后三十 (30) 天内仍未补救此类疏忽，泰克或者泰克从中获取相关许可权的第三方可以终止本许可。在任何一方终止后，客户应将本程序以及所有相关文档连同所有形式的副本返还泰克或将其销毁。

有限保证。

程序“按现状”提供，没有任何明示或暗示的保证。泰克不保证本程序包含的功能可以满足客户的需要，或者本程序的运行不会中断或出错。

泰克及其供应商拒绝对适销性或用于特殊目的适用性作出任何暗示的保证。

责任限制：在任何情况下泰克或泰克从中获得许可权的其他方对于客户拥有或使用本程序相关或引起的任何间接性、特殊性、偶发性或续发性损失不承担责任，即使泰克或相关其他方已经提前得知这种损失的可能性。

第三方免责声明。

除非另外明确同意，泰克从中获取许可权的第三方不对程序保修、不承担与其使用相关的任何责任、不承诺提供与其相关的任何支持或信息。

一般说明。

本协议包括各方之间与使用、复制和转让本程序相关的完整协议。未经泰克的事先书面同意，客户不得转让或让渡本协议或此处授权的许可。

本协议或此处授权的许可受到美国俄勒冈州法律管辖。

所有与本协议或此处授权许可相关的问题应提交给最近的泰克办事处。

重要安全信息

本手册包含用户必须遵守的信息和警告，以确保安全操作并保证产品安全。若要安全执行关于本产品的服务，请参阅 *常规安全概要* 后面的 *服务安全概要*。

常规安全概要

请务必按照规定使用产品。详细阅读下列安全性预防措施，以避免人身伤害，并防止损坏本产品或与本产品连接的任何产品。认真阅读所有说明。保留这些说明以供日后参考。

应根据当地和相应国家法规的要求使用本产品。

为了正确、安全地操作产品，除本手册规定的安全性预防措施外，还必须遵守公认的安全规程。

产品仅限经过培训的人员使用。

只有了解相关危险的合格人员才能进行开盖维修、保养或调整。

使用前，请务必检查产品是否来自已知来源，以确保正确操作。

本产品不适用于检测危险电压。

避免火灾或人身伤害

请勿开盖操作：请勿在外盖或面板拆除或机壳打开的状态下操作本产品。可能有危险电压暴露。

怀疑产品出现故障时，请勿进行操作：如果怀疑本产品已损坏，请让合格的维修人员进行检查。

产品损坏时请勿使用。本产品损坏或运行错误时请勿使用。如果怀疑产品存在安全问题，请关闭产品并断开电源线。在产品上做清晰标记以防其再被使用。

在使用之前请先检查产品外表面。查看是否有裂纹或缺失部件。

仅使用规定的替换部件。

请勿在潮湿环境下操作：请注意，如果某个单元从冷处移到暖处，则可能产生冷凝水。

请勿在易燃易爆的环境下操作：

请保持产品表面清洁干燥：清洁本产品前，请移除输入信号。

维修安全概要

维修安全概要部分包含安全执行维修所需的其他信息。只有合格人员才能执行维修程序。在执行任何维修程序之前，请阅读此维修安全概要和常规安全概要。

不要单独维修。 除非现场有他人可以提供急救和复苏措施，否则请勿对本产品进行内部维修或调整。

维修之后验证安全性。 请务必在维修后重新检查接地连续性和市电介电强度。

手册中的术语

本手册中可能出现这些术语：



警告：“警告”声明指出可能会造成人身伤害或危及生命安全的情况或操作。



注意：“注意”声明指出可能对本产品或其他财产造成损坏的情况或操作。

产品上的术语

产品上可能出现这些术语：

- DANGER（危险）表示您看到该标记时可直接导致人身伤害的危险。
- WARNING（警告）表示您看到该标记时不会直接导致人身伤害的危险。
- CAUTION（注意）表示可能会对本产品或其他财产带来的危险。

产品上的符号



产品上标示此符号时，请确保查阅手册，以了解潜在危险的类别以及避免这些危险需采取的措施。（此符号还可能用于指引用户参阅手册中的额定值信息。）

产品上可能出现以下符号：



注意
请参阅手册

合规性信息

此部分列出仪器遵循的环境标准。

如果对以下合规性信息存在疑问，可以联系以下地址：

Tektronix, Inc. PO Box 500, MS 19 - 045
Beaverton, OR 97077, USA
www.tek.com

环境合规性

本部分提供有关产品对环境影响的信息。

产品报废处理

回收仪器或器件时，请遵守下面的规程：

设备回收. 生产本设备需要提取和使用自然资源。如果对本产品的报废处理不当，则该设备中包含的某些物质可能会对环境或人体健康有害。为避免将有害物质释放到环境中，并减少对自然资源的使用，建议采用适当的方法回收本产品，以确保大部分材料可以得到恰当的重复使用或回收。



此符号表示该产品符合欧盟有关废旧电子和电气设备 (WEEE) 以及电池的 2012/19/EU 和 2006/66/EC 号指令所规定的相关要求。有关回收选项的信息，请登录泰克网站 (www.tek.com/productrecycling) 查看。

前言

本手册介绍配合 DPO/MSO70000 C/DX/SX 型号示波器使用的 DPO7OE1 33 GHz 和 DPO7OE2 59GHz 光探头的安装、操作和维护。

手册结构

本手册包含以下几章：

- *入门知识*介绍如何安装和配置光模块。
- *操作基础*介绍如何使用前面板和仪器用户界面控制模块。
- *参考*提供光带宽、光参考接收机 (ORR) 性能和名义特性的信息。
- *附录 A* 介绍编程接口 (PI) 命令。

何处查找详细信息

DPO7OE 系列探头作为较大仪器系统的一部分。测量、校准和其他设置均通过主仪器控件设置。

有关设置和测量、仪器规格、编程命令和性能验证过程的信息，请参阅示波器帮助和文档。您可以从泰克网站 (www.tek.com/product-support) 下载这些文档的最新版本。

它对您有何帮助	文档	在哪里可以找到它
从数学层面展示了光带宽和电带宽之间的关系，并为理解和正确计算光通道的光带宽和电带宽提供了基础。	NRZ 和 PAM4 信号的光带宽要求	https://www.tek.com/search?keywords=PAM4&type%5B0%5D=type%3Adocument
了解如何准备 100G 标准的一致性测量	100 Gb/s 通信系统的物理层测试	
DPOJET 用于提高在复杂时钟、数字和串行数据信号上的生产力、效率和测量可靠性。本文介绍使用 DPOJET 应用程序的详细信息，供您快速入门	DPOJET 抖动、噪声和眼图分析解决方案用户手册	www.tek.com/manuals 上的 PDF；在应用程序中作为帮助系统
PAM4 分析使用 DPOJET 应用程序和其他资源进行电压和时序测量并在目标波形上渲染眼图。本文介绍使用 PAM4 应用程序的详细信息，供您快速入门	PAM4 分析软件用户手册	www.tek.com/manuals 上的 PDF；在应用程序中作为帮助系统
了解如何安装和操作 MSO/DPO70000 系列示波器	MSO/DPO70000 系列主要用户手册	仪器附带打印版， www.tek.com/manuals 提供 PDF

它对您有何帮助	文档	在哪里可以找到它
了解如何安装和操作 MSO/DPO70000 系列示波器	DPO70000SX 系列主要用户手册	仪器附带打印版, www.tek.com/manuals 提供 PDF
此技术参考提供所有产品技术规格。了解如何执行保证技术规格的性能验证过程	DPO70E 系列技术规格和性能验证技术参考	www.tek.com/manuals 提供 PDF
此参考显示产品中的内存设备并提供清洁和拆卸过程	DPO70E 系列解密和安全说明	www.tek.com/manuals 提供 PDF

入门知识

本节包含 DPO7OE 系列光探头的说明以及功能、选项、附件和建议软件的信息。

产品说明

DPO7OE 系列包括以下光探头。

- DPO7OE1 33GHz
- DPO7OE2 59GHz

DPO7OE 系列探头为低噪声、宽波长光探头，可以作为高速串行数据信号的光基准接收机（使用可选的 Bessel-Thomson ORR 滤波器），也可以作为传统光电转换器，用于光带宽光信号采集。DPO7OE 系列探头为泰克 DPO/MSO70000 C/DX/SX 示波器提供了 FC/PC 或 FC/APC 光连接，检验高速光信号。

DPO7OE 系列探头可以作为一种测试和测量工具，用于对超快光信号进行通用检定，还用于对 100Gb/s (DPO7OE1) 和 400Gb/s (DPO7OE2) 通信或数据通信信号等位速率很高的光纤时域光信号进行物理层一致性测试。

DPO7OE 系列可以与 DPO70000SX 仪器上 50 GHz 及以上的 ATI 通道结合使用，提供充足的带宽，为高达 28 GBd 数据提供平滑的 BT 响应。DPO7OE2 与 DPO70000SX 仪器上的 70 GHz ATI 通道结合使用，支持 53 GBd PAM4 数据使用的平滑的 BT 响应。

DPO7OE 系列探头具有 TekConnect 接口，以便插入任一 DPO/MSO70000 C/DX/SX 型号示波器。DPO7OE 系列探头连接 TekConnect 通道，具有高达 33 GHz 的带宽。DPO7OE1 连接 ATI 通道，具有高达 42 GHz 的电响应，DPO7OE2 具有高达 59 GHz 的电带宽响应。



图 1: 传送梭连接到载体的 DP070E 系列光探头



图 2: 从载体上拔下传送梭的 DP070E 系列

通过从载体上拔下 DPO7OE 传送梭并将传送梭 RF 输出通道连接到示波器上的 ATI 1.85mm 输入连接器，也可以在较高带宽的 ATI 通道上采集光信号。通过在高带宽 ATI 通道上采集信号，可在该通道的通带中保持线性相位。这使得可在 DPO7OE1 上启用波特率高达 28Gbd 的真正光学基准接收机 (ORR) 质量滤波器，DPO7OE2 需要高达 42GHz 的受控电气响应和高达 53GBps 的 PAM4 波特率。

DPO7OE 系列支持多载体配置且通过 TekConnect 接口兼容单个或多个 ATI 通道。这种通用性使得这些光探头特别适用于所有 DPO70000SX、MSO/DPO70000DX 和 MSO/DPO70000C 系列示波器。



图 3: DPO7OE 系列支持多个光输入和多载体配置

主要功能

所有 DPO7OE 系列光探头均为自定义配置、高带宽的光采集模块，适合在许多测试和测量应用和系统中使用。

DPO7OE1 的主要功能包括：

- 高带宽、实时光信号采集，响应灵敏度为 750 nm 至 1650 nm
- 经校准的垂直刻度（850 nm、1310 nm 和 1550 nm）
- 双连接选项：TekConnect 或 ATI
- 高达 33 GHz 的电带宽，可以在 TekConnect 通道上对 DSP 进行校正
- 高达 42 GHz 的电带宽，可以在 ATI 通道上对 DSP 进行校正
- 兼容单模和多模 (50 μ m) 光纤输入
- FC/PC 和 FC/APC 输入连接器选件
- 通过测得的 S 参数可以在各转换器/通道对上构建独特、优化的 DSP 滤波器

- 精确的光基准接收机 (ORR) 滤波器，支持 25GBd、26GBd 和 28GBd 光网络标准（100Gigabit 以太网、OTU4(x4)、32GFibreChannel）
- 在一台 DPO70000C/DX/SX 系列示波器上配有多达 4 个光输入通道

DPO70E2 的主要功能包括：

- 高带宽、实时光信号采集，响应灵敏度为 1200 nm 至 1650 nm
- 经校准的垂直刻度（1310 nm 和 1550 nm）
- 双连接选项：TekConnect 或 ATI
- 高达 33 GHz 的电带宽，可以在 TekConnect 通道上对 DSP 进行校正
- 高达 59 GHz 的电带宽，可以在 ATI 通道上对 DSP 进行校正
- 兼容单模 (9 um) 光纤输入
- FC/PC 和 FC/APC 输入连接器选项
- 通过测得的 S 参数可以在各转换器/通道对上构建独特、优化的 DSP 滤波器
- 精确的光基准接收机 (ORR) 滤波器，支持 25GBd、26GBd、28GBd 和 53GBd 光网络标准（100Gigabit 以太网、OTU4(x4)、32GFibreChannel）
- 在一台 DPO70000C/DX/SX 系列示波器上配有多达 4 个光输入通道

选件和附件

产品选件 本探头可以使用下述产品选件：

注意： 从下述必备的单选选件中选择一种光输入连接器。在采购 DPO70E 系列光探头时，必须订购其中一种选件。

选件	说明
FC/APC ¹	FC/APC 光输入连接器（一般用于科研应用中）
FC/PC	FC/PC 光输入连接器（一般用于联网/数据中心网络应用中）

¹ 选件 FC/APC 将探头响应限制在以下波长范围内：DPO70E1 为 1260nm 至 1650nm；DPO70E2 为 1200nm 至 1650nm。

标配附件 产品配有以下标准附件：

附件	泰克零件号
硬箱（请参阅 图 4: 硬箱附件 第5 页）	024-0018-xx
用户手册（英文版）	071-3558-xx
光纤清洁工具	006-8217-xx
ATI 输入支架	407-6082-xx
可溯源校准证明	不适用
一年保修	不适用

可选附件 您还可以选择以下可选附件：

附件	泰克零件号
光连接器清洁装置	006-8327-xx



图 4: 硬箱附件

所需和推荐的示波器软件

- 所需的示波器软件版本

DPO70E 系列光探头兼容所有 DPO70000SX、MSO/DPO70000DX 和 MSO/DPO70000C 系列示波器。为了使用探头，这些示波器必须在以下一种固件版本上运行：
- 70 GHz 示波器型号：

版本 10.8.0 或更高版本。
- 其他所有示波器型号：

版本 10.8.1 或更高版本。

- 推荐的示波器应用软件

DPO70E 系列探头可以使用在示波器上安装的以下泰克 DPOJET 抖动和眼图分析和 PAM4 分析软件来深入分析 PAM4 和 PAM2 (NRZ) 信令。

应用软件	说明
PAM4-O	PAM4 的光测量
DJA	使用 PAM4 的 DPOJET 抖动和眼图分析
DJAN	使用垂直噪声分离的 DPOJET 抖动和眼图分析
SDLA	串行数据链路分析

安装

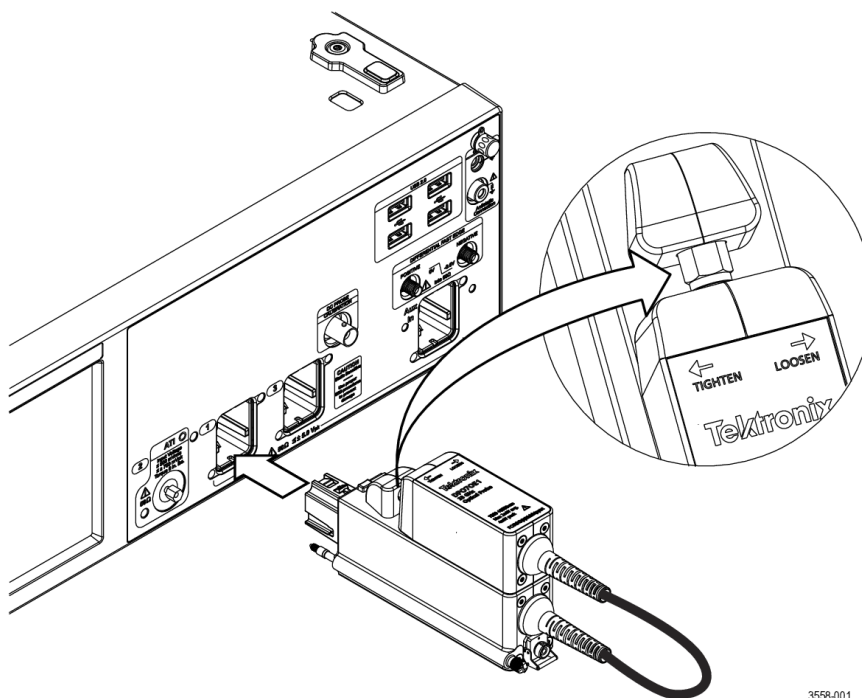
- 静电放电

为了防止静电损坏主仪器和光模块，请采取本手册和主仪器附带手册中介绍的预防措施。



注意：光模块中的电路非常容易因静电放电和超限信号而损坏。务必只在采取静电控制措施（接地导电台面、腕带、地毯和电离空气吹风机）的环境下操作光模块。务必向大地放出任何电缆上可能存在的所有静电荷，然后，再将它们连接 DPO70E 系列传送梭 RF 输出。

TekConnect 探头安装 以下过程介绍如何将 DPO70E 系列探头连接到示波器。



3558-001

图 5: 将 DPO70E 系列探头连接到示波器

1. 从硬箱中取出探头。
2. 如果需要，将探头传送梭装在载体上：
 - a. 将传送梭放在探头载体顶部的槽中并向前滑动传送梭。
 - b. 如传送梭标签所示，使用设为 8 英寸磅的扭矩扳手逆时针拧紧探头传送梭上的螺母。



注意： 为了防止探头损坏，切勿过度拧紧传送梭电连接器。

3. 将探头插入示波器。
4. 拧紧探头后面的翼形螺钉以便将探头固定在示波器上。

在探头连接示波器后，系统将自动发现探头。

ATI 通道安装

以下过程介绍如何将 DPO70E 系列探头传送梭连接示波器上的 ATI 通道。

在 ATI 通道上安装探头传送梭前，在示波器 TekConnect 通道 1 上安装探头。请参阅 [TekConnect 探头安装](#) 第 7 页。

1. 从探头载体上拆下传送梭前，在示波器的 ATI 通道上安装 ATI 传送梭支架。

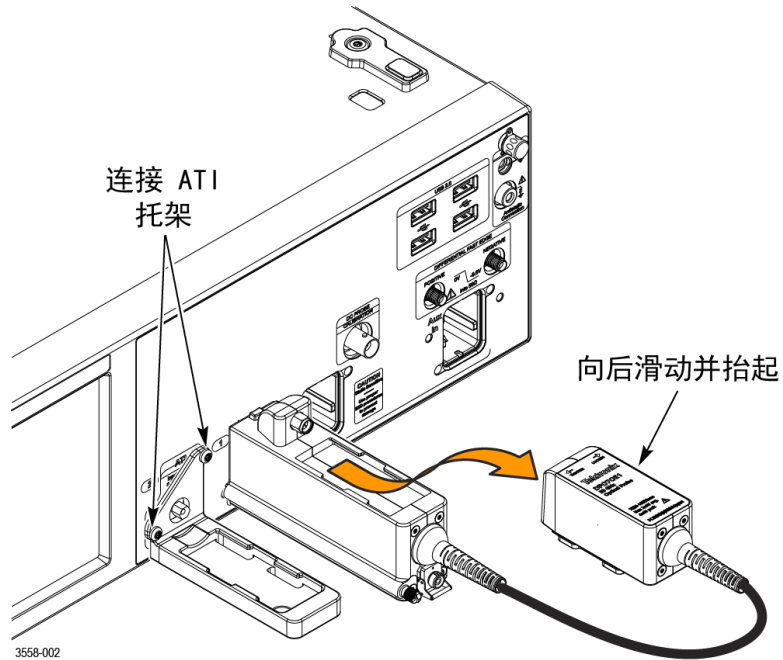


图 6: 安装 ATI 支架并从探头载体上拆下传送梭

2. 使用设为 8 英寸磅的扭矩扳手顺时针（向右）转动螺母来拧松探头上的传送梭。拧松和拧紧螺母的方向均在探头的标签上标出。



注意： 为了防止探头或示波器上 ATI 输入连接器损坏，切勿过度拧紧传送梭电连接器。

3. 顺时针（向右）转动螺母来拆下传送梭。
4. 从载体上轻轻向外滑动传送梭并抬起传送梭即可取下。

5. 将传送梭放在 ATI 支架顶部的槽中并向前滑动传送梭。

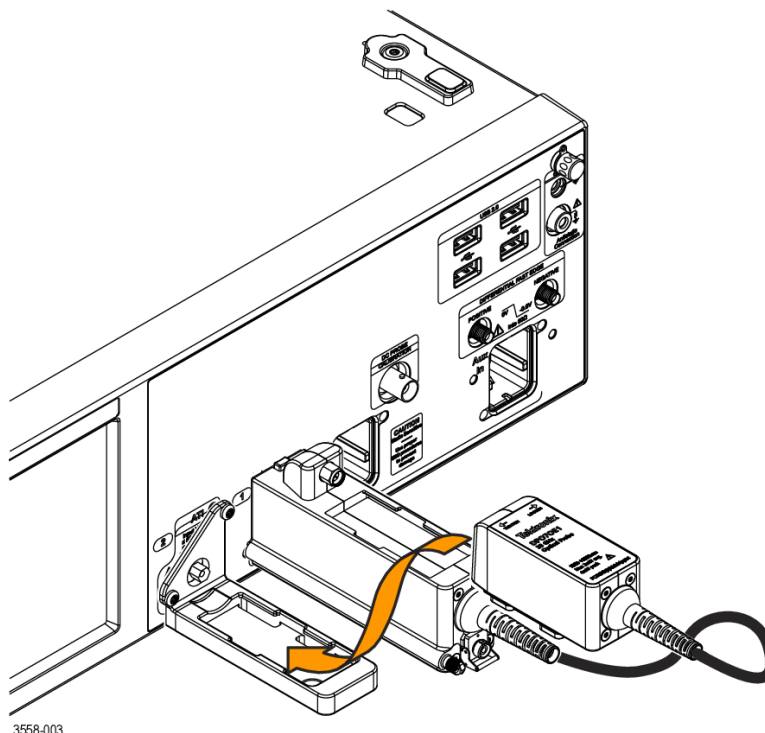


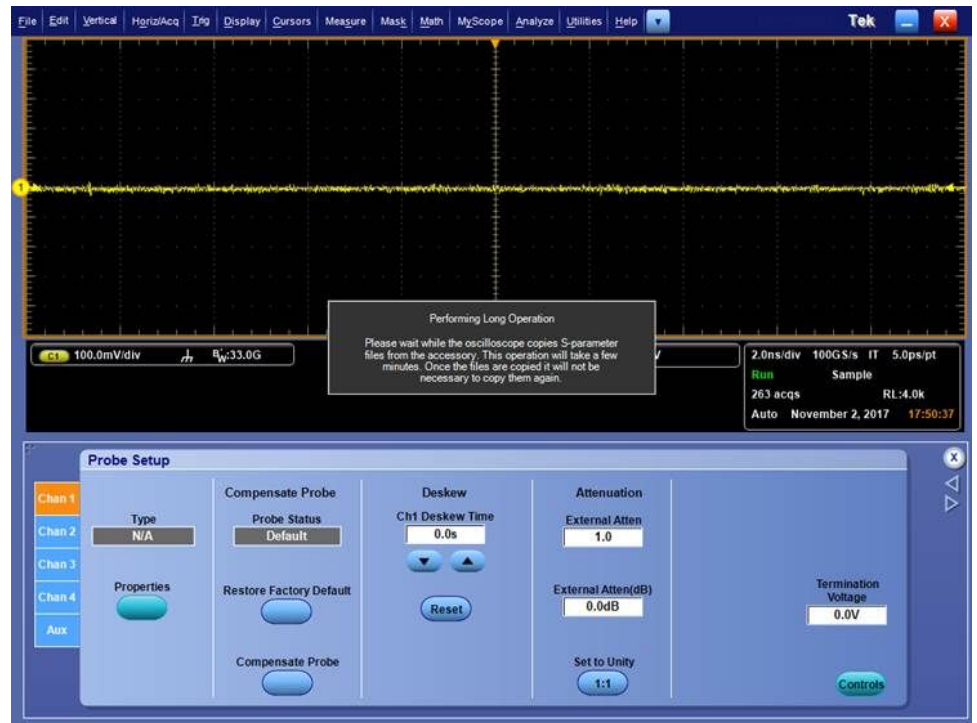
图 7: 将传送梭装在 ATI 支架上

6. 使用设为 8 英寸磅的扭矩扳手逆时针（向左）转动来拧紧传送梭上的螺母，以便将传送梭固定在 ATI 支架上。

在探头传送梭连接示波器后，系统将自动发现探头。

首选，启用功能检查

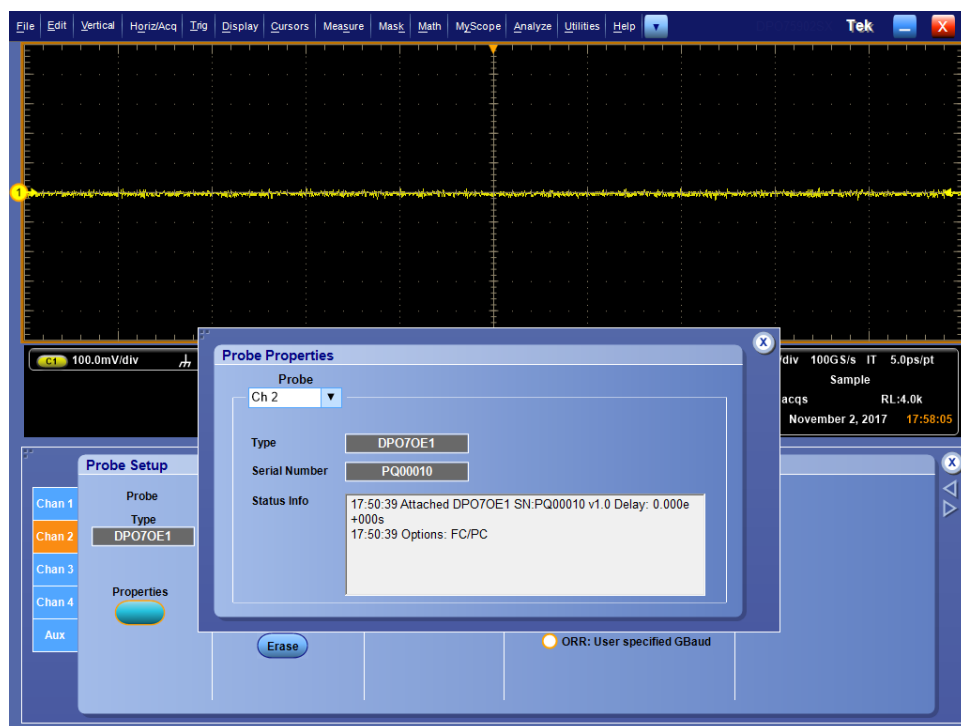
1. 当 DPO70E 系列探头首次插入 70k 系列示波器时，将从探头内部存储器中复制测得的探头 S 参数，以便创建自定义校正滤波器。在开始复制时，屏幕将显示下图中的消息。总操作时间可能超过一分钟。



2. 一旦完成，此消息将消失。

确保在探头首次连接到仪器时显示此消息。

3. 探头型号和序列号可以在 Probe Properties（探头属性）屏幕中确认，此屏幕可以从 Probe Setup（探头设置）菜单访问。



4. 将探头连接仪器。
5. 选择 **Vertical（垂直）** > **Probe Cal（探头校准）** 打开 Probe Setup（探头设置）屏幕。选择探头所连接通道的选项卡。
6. 按下 **Properties（属性）** 按钮。

显示 Probe Properties（探头属性）窗口。
7. 确认探头型号和序列号。

操作基础

本节介绍连接和操作 DPO70E 系列光探头所需的基本信息。

操作安全和探头处理

欲了解安全问题的更多信息，请参阅本文开头的重要安全信息。



注意： 为了防止光探头损坏，请采取以下预防措施：

切勿弄掉探头，否则，光电二极管的光学组件可能损坏和未对齐。不用时，将模块存放在安全位置，例如，探头附带的硬箱中。

在存放探头时，将传送梭固定在探头载体上，以保护 RF 连接器。

在不使用模块时，将保护盖拧在输入连接器上。

请勿挤压、卷曲或猛烈弯曲光缆。

请勿拉动或急拉光缆。

为了防止光功率损失或光纤连接器损坏，连接器务必保持干净。在连接探头前，检查并确保所有连接器和保护盖干净。请参阅 [清洁光连接器](#) 第16 页。

将光信号连接到探头

此过程介绍如何将光缆连接到 DPO70E 系列探头。

探头 O/E 转换器可以通过 FC 光输入通道连接芯径高达 50 μ m（仅限 DPO70E1）和 9 μ m（仅限 DPO70E2）的光纤。

在连接前，清洁所有光纤连接器。光纤连接器端面变脏是光纤失效的主要原因。变脏将导致插入损耗和背向反射，从而抑制光传输。由于污垢在光纤认证测试前、中或后可能都是问题并且可能在配对时在光纤连接器端面间转移，在每次连接前，必须清洁和检查任何连接的两侧。此外，由于在真实接触的两个端面将挤压微小碎屑，将变脏的光纤连接器配对可能导致永久损坏。建议您在连接前使用光纤检查探头检查污垢。请参阅 [清洁光连接器](#) 第16 页。



注意： 为了保持高性能（低回波损耗），在 O/E 转换器的输入通道和被测设备间连接适配器和电缆。在连接其他设备时使适配器和电缆保持原位，以保护 O/E 转换器的光连接器使其免受磨损。

FC/PC 连接和 FC/APC 连接不可互换。互换这两种连接可能损坏探头的光输入通道。

如果连接大于探头型号的最大直径的光纤芯，O/E 转换器仍可进行光耦合连接，但是，由于芯直径错配，将导致转换增益降低。

在将光缆连接到探头前,应将探头连接到示波器。请参阅 [TekConnect 探头安装](#) 第 7 页。请参阅 [ATI 通道安装](#) 第 8 页。

1. 在探头上,拧下光输入插座的金属盖。
2. 将光纤连接器或适配器上的锁紧机构对准探头输入通道上的槽,然后,将光纤连接器或适配器紧紧压到接口对准套管中,直至碰到挡块。

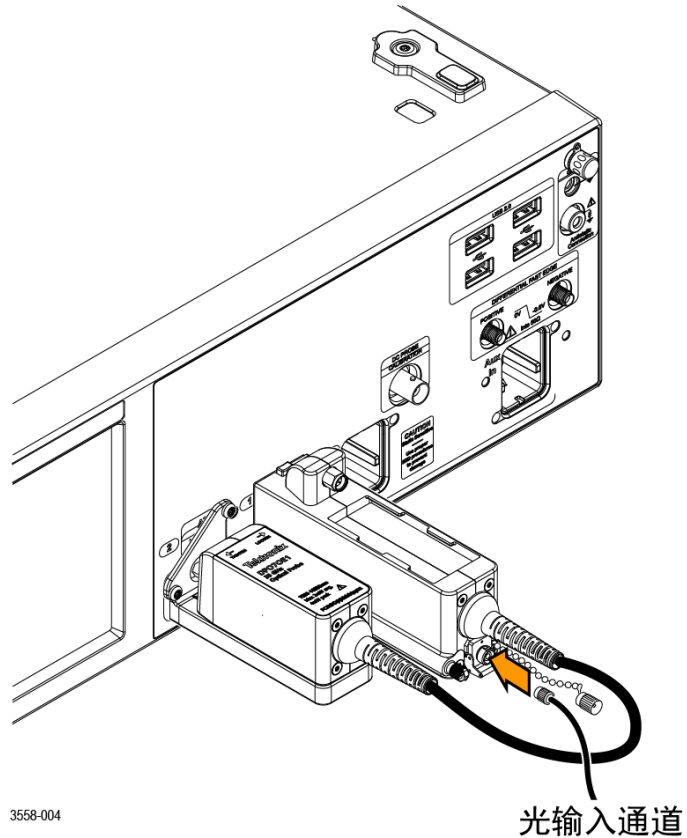


图 8: 将光输入电缆连接到探头

3. 仅用手指拧紧电缆连接器或适配器外壳。

将光缆连接到探头后,示波器将准备测量光缆信号。

衰减光信号

为了使光输入功率保持在合适水平，可能需要衰减光信号。



注意：将信号的最高功率电平保持在下表中的峰值下。为了防止模块的光输入通道损坏，将输入光信号衰减至绝对最大无损光接口输入技术规格以下。为了使电平保持在性能范围内并防止限幅，请使用下表设置最高光输入信号电平。

表 1: 绝对最大无损光接口输入

型号	平均值	峰值
DPO70E1	4 mW	8 mW
DPO70E2	2 mW	5 mW

注意：由于光电探测器的过载信号输出可能仍处于示波器电通道的动态范围内，光探头可能超出动态范围但屏幕未显示任何明显提示。

系统交互

您的光探头为较大仪器系统的一部分。大多数光探头功能均由主仪器自动控制。例如，垂直缩放和水平采样率。您不能直接控制这些参数；当您在主仪器上执行任务时，它们将受到控制。

您在主仪器上控制的另一光模块功能为外部通道衰减。外部衰减用于输入代表您在通道中添加的任何外部衰减值的数值。

清洁光连接器

为了使 DPO70E 探头保持良好工作状态，请遵循正确的清洁和处理技术。小灰尘颗粒和油污可以轻易弄脏光连接器并减弱或堵塞信号。注意保持连接器干净，使其保存完好。



注意： 为了防止光功率损失或光纤连接器损坏，连接器务必保持干净。

在使用棉签清洁连接器时，采用轻柔的圆形动作。只能使用不会腐蚀且没有残留物的优质或建议清洁用品。

为了减少清洁需求，在不用时，立刻更换光纤连接器的保护盖。

所需用品

使用以下用品清洁光连接器：

- 干燥、清洁且无灰尘的压缩空气（例如泰克零件号 118-1068-xx）
- FIS 盒式清洁器（例如 FI-6270）和/或 FIS 带座式清洁器（例如 FI-7111）
- 清管器

清洁过程

为了除去污垢，请采用以下过程清洁光纤连接器：



注意： 使用干的布带式清洁器（盒式或带座式）清洁两个卡套端面。

1. 从探头上取下 JAE 连接器：
 - a. 从光连接器上拧下金属防尘帽。



图 9: 从光连接器上取下金属防尘帽

- b. 抬起 JAE 连接器锁闩并从探头上拔下连接器。这使 JAE 连接器后的外螺纹光纤端面露出。

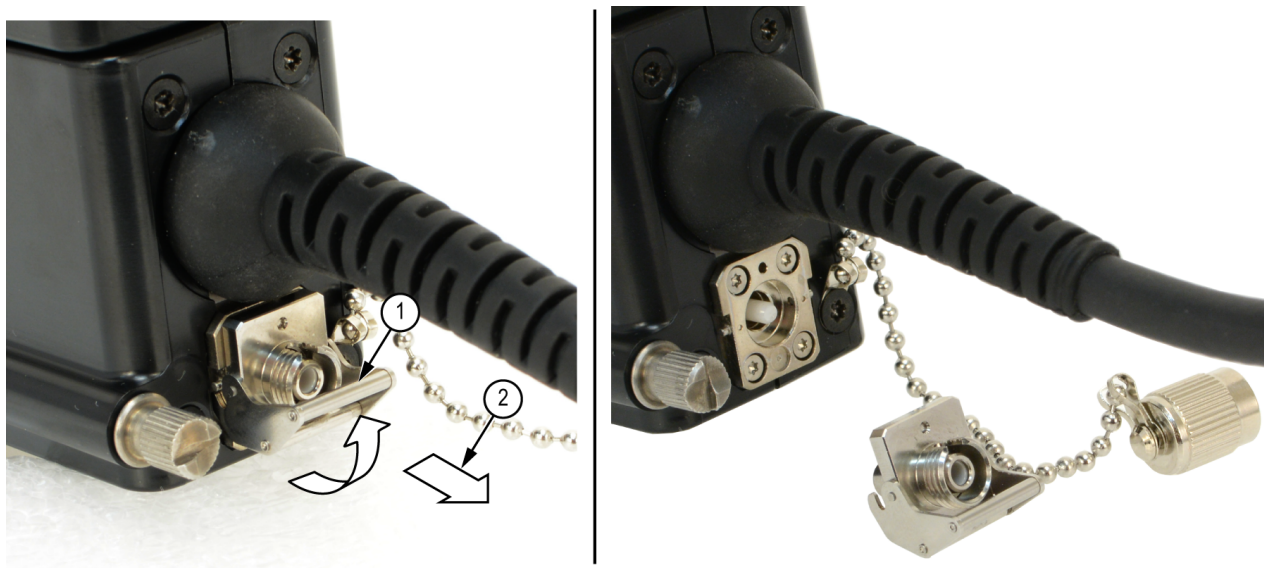


图 10: 从探头上取下 JAE 连接器

2. 除去 JAE 连接器内中空双内螺纹卡套对齐管内壁上的污垢：
 - a. 使用压缩空气罐清洁 JAE 连接器端到端连接处的内螺纹输入通道。
 - b. 使用清管器清洁 JAE 连接器的内部。



图 11: 清洁 JAE 连接器



注意：当 JAE 连接器的内螺纹输入通道装在模块上时，切勿向其内部吹送压缩空气。

3. 推动光纤清洁盒或带盒式清洁器使不脱绒的干燥清洁面露出未用的洁净部分。
4. 沿着光纤输入通道的外螺纹端面将清洁工具的干燥洁净面轻轻拖动一段距离（1 或 2 厘米）。

5. 将 JAE 连接器装回清洁完的光纤端面上。在装好连接器后，锁闩将卡扣到位。
6. 当模块的光纤未连接其输入通道时，盖上金属防尘帽，以防空中悬浮的污垢堵塞内螺纹光输入通道。
7. 使用抹布清洁连接 JAE 连接器输入通道的输入光纤或设备的端面。

注意：使用类似清洁方法清洁光纤端面输入光纤或设备。

清洁探头的外部

模块盒用于防止灰尘进入，切勿打开。先从示波器上取下探头，然后，再清洁探头的外部。



警告：为了防止受伤，请关闭示波器电源并断开线路电压，然后再进行清洁。

用不脱绒的干布或软毛刷清洁探头载体和传送梭的外表面。如果仍有污垢，请使用蘸有 75% 异丙基酒精溶液的湿布或棉签清洁。使用棉签清洁连接器周围的狭小空间。切勿让探头内部受潮。切勿在探头盒的任何位置使用研磨剂，这可能损坏探头盒。



注意：为了防止探头损坏，避免使用可能损坏探头中塑料的化学清洁剂。请使用 75% 的异丙基酒精溶液作为清洁剂并用去离子水清洗。在使用其他任何类型的清洁剂之前，请咨询泰克维修中心或代表。

切勿打开探头盒。探头盒内没有用户可以保养的器件，也无需清洁内部。

探头设置

探头具有两个只能在出厂时配置的选件，它们确定仪器的光用户界面和光波长范围：

DPO7OE1：

- **选件 FC/PC** 使用 FC/PC 卡套式连接器，其连接到芯径为 50 μm 的多模光纤。此光纤被绞接成芯径为 50 μm 的多模光纤（连接 O/E 光电二极管）。通过此选件，DPO7OE1 的波长范围为 750nm 至 1650nm。
- **选件 FC/APC** 使用 FC/APC 卡套式连接器，其具有一个倾斜的物理接触接口，可改善连接器接口的光回波损耗。此类型接口只能配合单模光纤尾纤使用，因此，此选件将 DPO7OE1 的可用波长范围限制为 1260nm 至 1650nm。

DPO7OE2：

- **选件 FC/PC** 使用 FC/PC 卡套式连接器，其连接到芯径为 9 μm 的多模光纤。此光纤被绞接成芯径为 9 μm 的单模光纤（连接 O/E 光电二极管）。通过此选件，DPO7OE2 的波长范围为 1200nm 至 1650nm。
- **选件 FC/APC** 使用 FC/APC 卡套式连接器，其具有一个倾斜的物理接触接口，可改善连接器接口的光回波损耗。此类型接口只能配合单模光纤尾纤使用，因此，此选件将 DPO7OE2 的可用波长范围限制为 1200nm 至 1650nm。

以下过程介绍如何使用 TekConnect 装置设置光探头。ATI 装置的设置过程相同，除非通道号和可用带宽频率有所不同。

配置概述

在使用探头测量前，您应采取以下步骤：

1. 在示波器上安装探头。
2. 选择 **Vertical (垂直) > Vertical Setup (垂直设置)** 打开 Vertical Setup (垂直设置) 屏幕。请参阅 [Vertical Setup \(垂直设置\) 设置](#)第21 页。
3. 在示波器上，选择已安装探头的通道。
4. 单击 **Probe Cal (探头校准)** 打开 Probe Setup (探头设置) 屏幕。请参阅 [Probe Setup \(探头设置\) 设置](#)第27 页。
5. 选择您将测量的信号的波长。如果需要，创建自定义波长。
6. 执行信号路径补偿 (SPC)，以确保测量值具有最高精度。请参阅 [信号路径补偿](#)第31 页。
7. 执行 Dark Cal (黑校准) 校准以便校正光电二极管泄漏电流（通常指黑电流）导致的任何 DC 偏置误差。请参阅 [黑电平补偿](#)第31 页。
8. 将光输入信号电缆连接 DPO7OE。
9. 选择所需 Frequency Response (频率响应) 设置。
10. 在 Vertical Setup (垂直设置) 屏幕上，确认 Termination (终端)、Coupling (耦合) 和 Bandwidth (带宽) 设置均正确。
11. 使用 Position (位置)、Scale (标度)、Offset (偏置)、Invert (反相) 和 Vertical Zoom (垂直缩放) 设置来得到所需波形视图。
12. 使用 Deskew (相差校正) 和 Attenuation (衰减) 控件补偿不同长度信号电缆和探头组合的传播延迟并设置信号和输入通道间任何外包衰减或增益的输入/输出比。

Vertical Setup (垂直设置) 设置

本节介绍 Vertical Setup (垂直设置) 屏幕上的设置。为了查看探头的 Vertical Setup (垂直设置) 屏幕, 请选择 **Vertical (垂直) > Vertical Setup (垂直设置)**, 然后, 选择安装了探头的示波器通道。



图 12: Vertical Setup (垂直设置) 屏幕

- **Display (显示)**。单击 Display (显示) 按钮显示或不显示通道波形。
- **Label (标签)**。使用 Label (标签) 输入框按照以下步骤为波形分配标签：
 1. 单击 Label (标签) 输入框, 然后, 使用弹出键盘为所选波形创建标签。
 2. 单击 X Position (X 位置) 和 Y Position (Y 位置) 输入框激活它们。
 3. 使用多功能旋钮将标签放在刻度上。您也可以单击标签将其拖动到所需位置, 将标签放在屏幕上的任何位置。
- **Units (单位)**。单击 Units (单位) 输入框选择波形显示的自定义垂直单位。
- **Logic Properties (逻辑属性)**。在希望指定 Ch1-Ch4 (实时) 和 M1-M4 (数学) 通道的电压阈值电平作为逻辑波形并计入总线时, 单击 Logic Properties (逻辑属性)。

- **Termination (终端)**。Termination (终端) 按钮显示示波器自动设置的输入终端。
- **Invert (反相)**。单击 Invert (反相) 来启用或禁用波形的反相。
- **Coupling (耦合)**。使用 Coupling (耦合) 控件选择所需输入耦合：
 - 选择 **DC** 来显示带 AC 和 DC 分量的波形。
 - 选择 **GND** 来显示零伏特波形。通过此次选择在显示屏幕上创建接地参考点。
- **Bandwidth (带宽)**。使用 Bandwidth (带宽) 下拉列表选择输入信号的带宽。带宽指仪器可以采集并准确显示 (衰减低于 3dB) 的频率范围。

注意：为了准确测量，输入频率应远低于仪器的额定带宽。最佳做法就是确保仪器系统的带宽为希望测量信号带宽的三到五倍。

启用或禁用示波器通道上的带宽增强功能：

注意：Bandwidth Enhancement (带宽增强) 控件用于使用 DSP 处理更准确地测量上升时间、拓展带宽和减少全采样率下的通带波动。增强带宽功能也可以在启用的通道上提供匹配的响应，以便比较各个通道并执行差分测量。

- 单击 **Digital Filters (DSP) Enabled (已启用数字滤波器 (DSP))** 激活带宽增强滤波器。

注意：将探头传送梭连接到示波器上的 ATI 输入通道时，您无法关闭 DSP，因为所有 ATI 通道采集均需要使用 DSP。

- 单击 **Apply to All Channels (应用于所有通道)** 将带宽增强功能同时应用于所有通道。
 - 单击 **Force Constant Sample Rate (强制启用恒定采样率)** 让仪器保持您在 Horizontal (水平) 控件窗口中设置的恒定采样率并应用 DSP 支持的采样率。然后，启用 DSP 并选择相应带宽。
 - 单击 **Analog Only (仅模拟)** 禁用带宽增强并返回 Analog (模拟) 操作。Bandwidth (带宽) 下拉列表将 (HW) 添加到表示硬件/仅模拟滤波器的选项。
- **Position (位置) 和 Scale (刻度)**。设置垂直刻度和位置灵敏度：

注意：您也可以使用 Auxiliary Front Panel (辅助前面板) 上的专用旋钮控制所选波形的位置和刻度。

- 单击 Position (位置) 输入框并使用多功能旋钮调整波形的位置。
- 单击 Scale (刻度) 输入框并使用多功能旋钮调整垂直灵敏度。

- **Offset (偏置)**。单击 Offset (偏置) 输入框并使用多功能旋钮设置偏置值。

注意： 使用 Offset (偏置) 控件设置所选通道垂直偏置的值。这将切换垂直采集窗口，以便匹配您希望采集的波形数据。

使用 Offset (偏置) 控件避免修剪波形。Offset (偏置) 控件通过从波形中减去 DC 偏置来影响垂直采集窗口。这将移动所选通道的采集窗口的垂直中心处的电平。显示偏置时，向大信号顶部滚动采集窗口来增大偏置值，向底部滚动窗口来减小偏置值。

Offset (偏置) 控件通过定义匹配偏置而非接地电平的通道基准指示器来影响波形显示。与影响所有波形（包括数学和参考波形）的位置控件相比，偏置仅影响通道波形。

- **Deskew (相差校正)** 和 **Attenuation (衰减)**。使用 Deskew (相差校正) 和 Attenuation (衰减) 控件补偿不同长度信号电缆和探头组合的传播延迟并设置信号和输入通道间任何外部衰减或增益的输入/输出比。请参阅 [对光通道进行相差校正](#) 第25 页。

注意： 在设置 Vertical Setup (垂直设置) 控件后，使用 Deskew (相差校正) / Attenuation (衰减) / Invert (反相) 控件改变设置。

- **Probe Cal (探头校准)**。单击 Probe Cal (探头校准) 按钮打开 (探头设置) 屏幕，从中您可以进行探头补偿。请参阅 [Probe Setup \(探头设置\)](#) 第27 页。

- **Probe Controls (探头控件)**。单击 Probe Controls (探头控件) 按钮打开下图所示的 Probe Controls (探头控件) 屏幕。

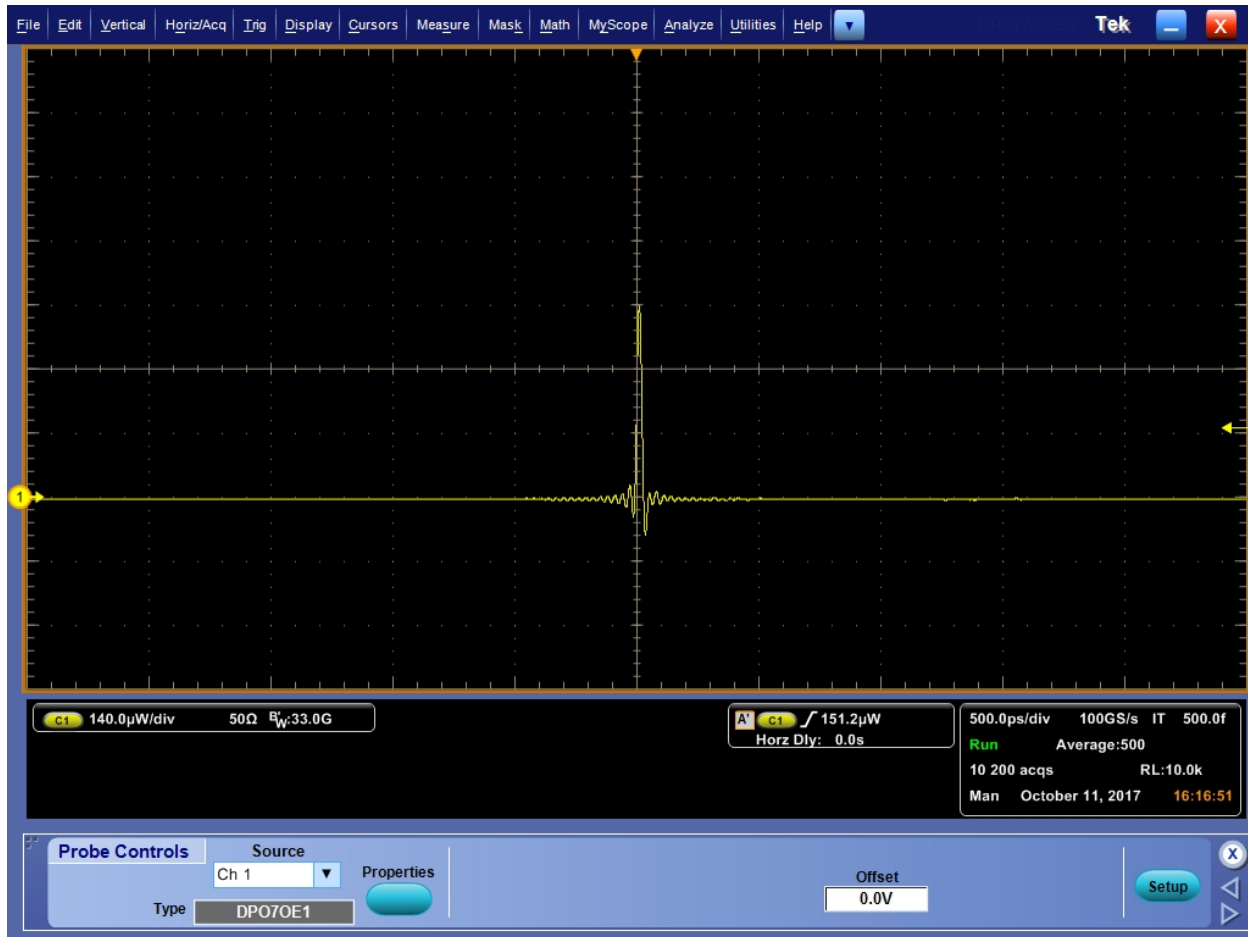


图 13: Probe Controls (探头控件) 屏幕

- **Vertical Zoom (垂直缩放)**。单击 Vertical Zoom (垂直缩放) 启用 MultiView Zoom (多视图缩放)，可以使用多功能旋钮缩放波形。

对光通道进行相差校正： 执行以下步骤对 TekConnect 和 ATI 通道进行相差校正：

1. 将触发模式设为边沿并调整参考信道上的触发电平，直至触发稳定。
2. 从 Analyze（分析）菜单中打开 Deskew Tool（相差校正工具）。
3. 选择需要进行相差校正的通道。确保各通道具有相关的实时信号且其边沿处于触发通道上边沿的 0.5 UI 范围内。
4. 选择各通道的斜率和电平。
5. 等待总值够用（To Mean（平均值）按钮旁的指示灯变绿）。

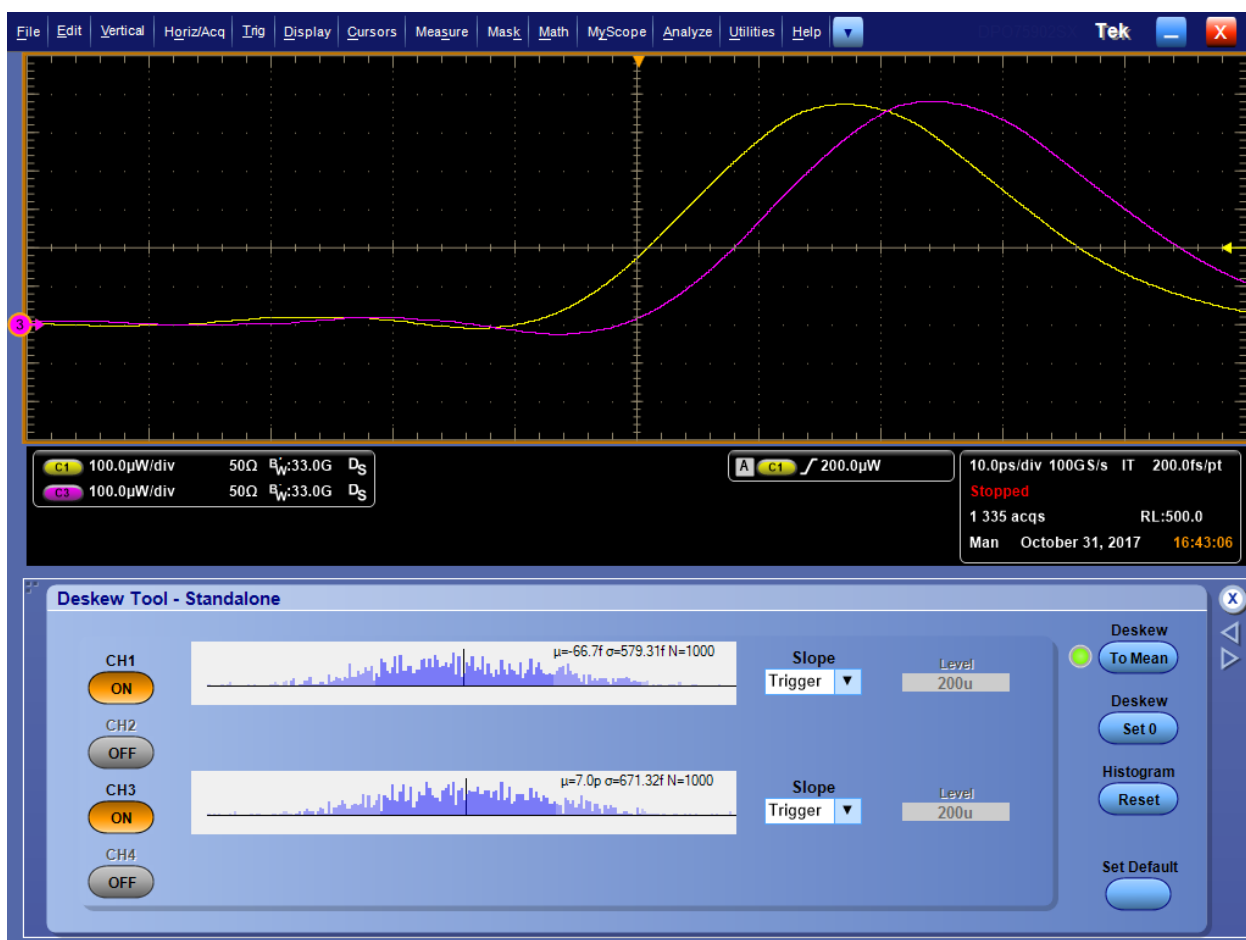


图 14: 初次相差校正过波形的示例

6. 按下 To Mean（平均值）按钮。

7. 多次重复第 4 至 6 步。由于 ps 和 fs 的分辨率相差很大, 第一次相差校正尝试仅接近目标范围, 第二次尝试才达到 fs 范围。

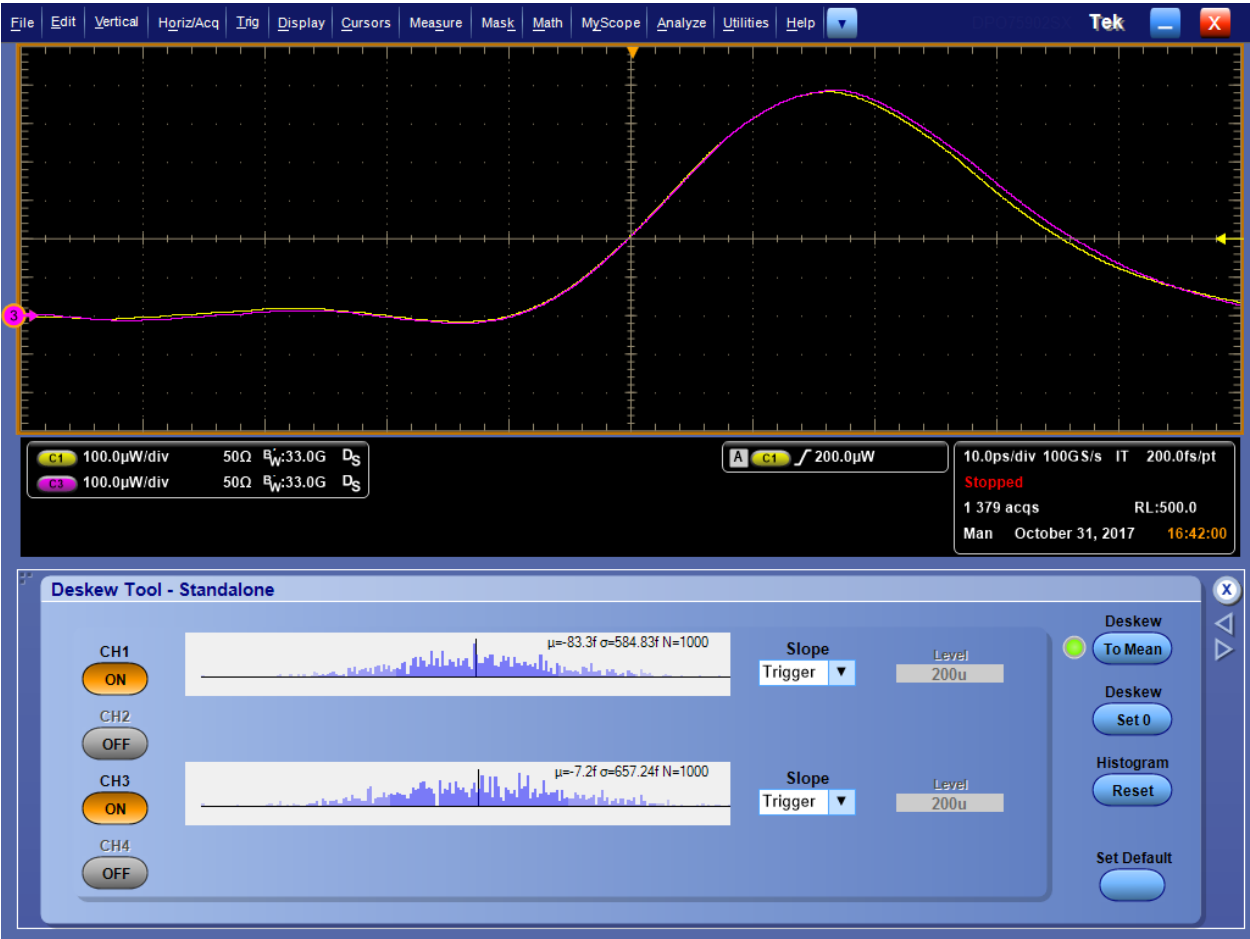


图 15: 最终相差校正过波形的示例

Probe Setup (探头设置) 设置

本节介绍 Probe Setup (探头设置) 屏幕上的设置。在 Vertical Setup (垂直设置) 屏幕上, 单击 **Probe Cal (探头校准)** 打开下图所示的 Probe Setup (探头设置) 屏幕。

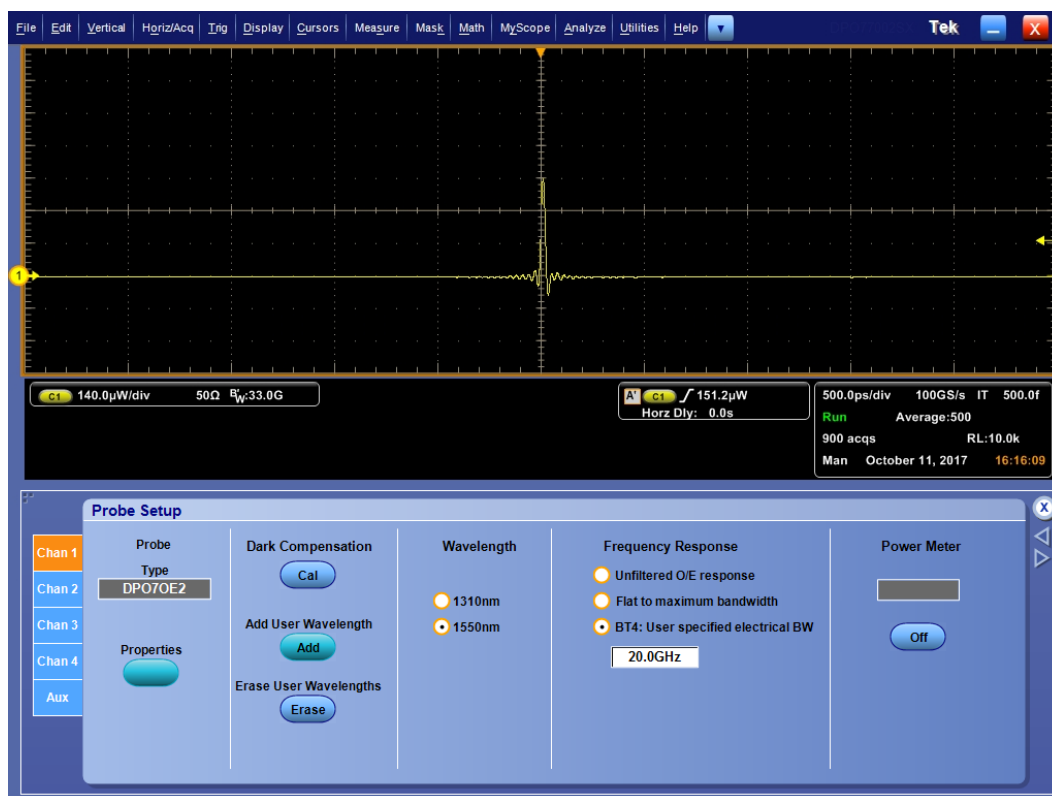


图 16: Probe Setup (探头设置) 屏幕

- **Properties (属性)**。单击 Properties (属性) 查看 Probe Properties (探头属性) 屏幕, 此屏幕显示所选通道号、探头类型和序列号以及探头状态。

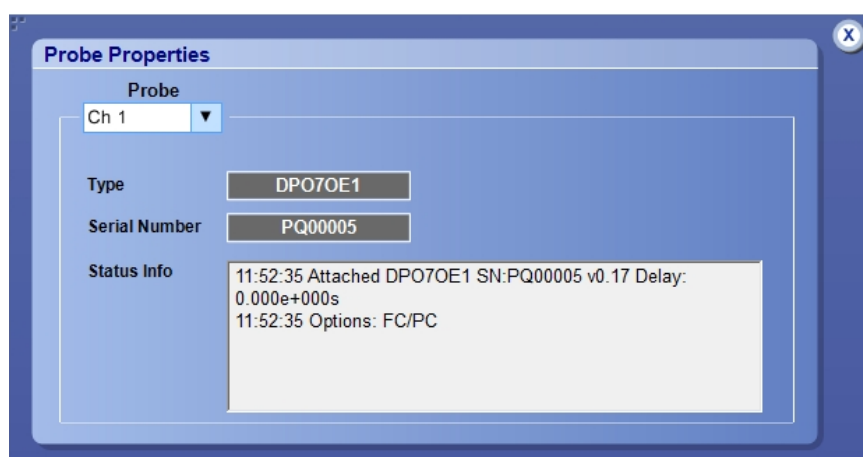


图 17: Probe Properties (探头属性) 屏幕

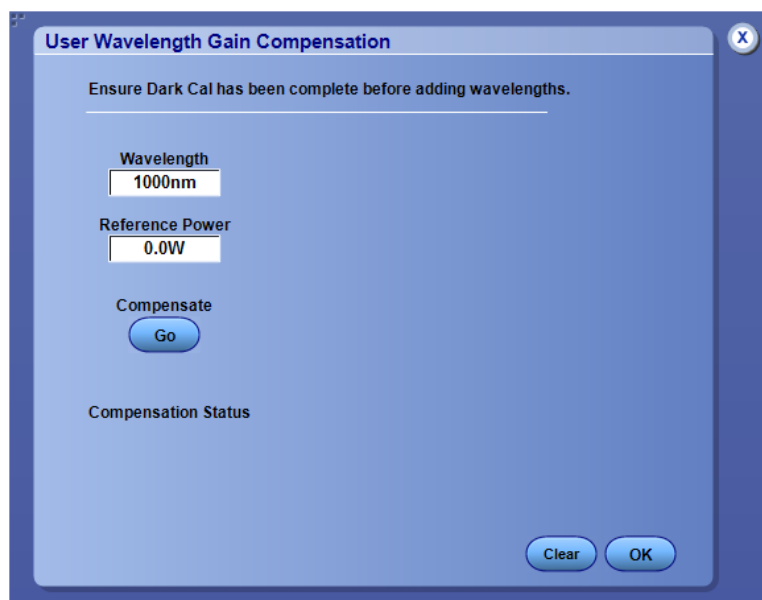
- **Calibration Dark Cal (校准黑校准)**。单击 Calibration Dark Cal (校准黑电平校准) 对探头进行黑电平补偿。请参阅 [黑电平补偿](#) 第31 页。
- **Add User Wavelength (添加用户波长)**。单击 Add User Wavelength (添加用户波长) 创建自定义波长, 此波长将加入标准波长 (850nm (仅限

DPO7OE1)、1310nm 和 1550nm) 选择列表中。请参阅 [添加用户波长](#) 第 29 页。

- **Erase User Wavelengths (清除用户波长)**。单击 Erase User Wavelengths (清除用户波长) 从 Wavelength (波长) 列表中删除所有自定义波长。
- **Wavelength (波长)**。使用 Wavelength (波长) 单选按钮选择输入信号的波长：850nm (仅限 DPO7OE1)、1310nm 或 1550nm。对于带 FC/APC 卡套式连接器选件的探头，不显示 850nm 设置。在添加自定义用户波长后，将显示另一个 User Cal'd (用户校准值) 单选按钮，您可以从其下拉列表中选择自定义波长。
- **Frequency Response (频率响应)**。使用 Frequency Response (频率响应) 单选按钮选择所需 O/E 补偿校正。在选择 **BT4: User specified electrical BW (BT4: 用户指定的电带宽)** 选项后，将显示一个上图所示的输入框，其中您可以输入自定义频率。请参阅 [Flat \(平坦\) 滤波器设置的带宽](#) 第 39 页。请参阅 [ORR 滤波器设置的带宽](#) 第 40 页。

添加用户波长： 执行以下步骤来添加用户波长：

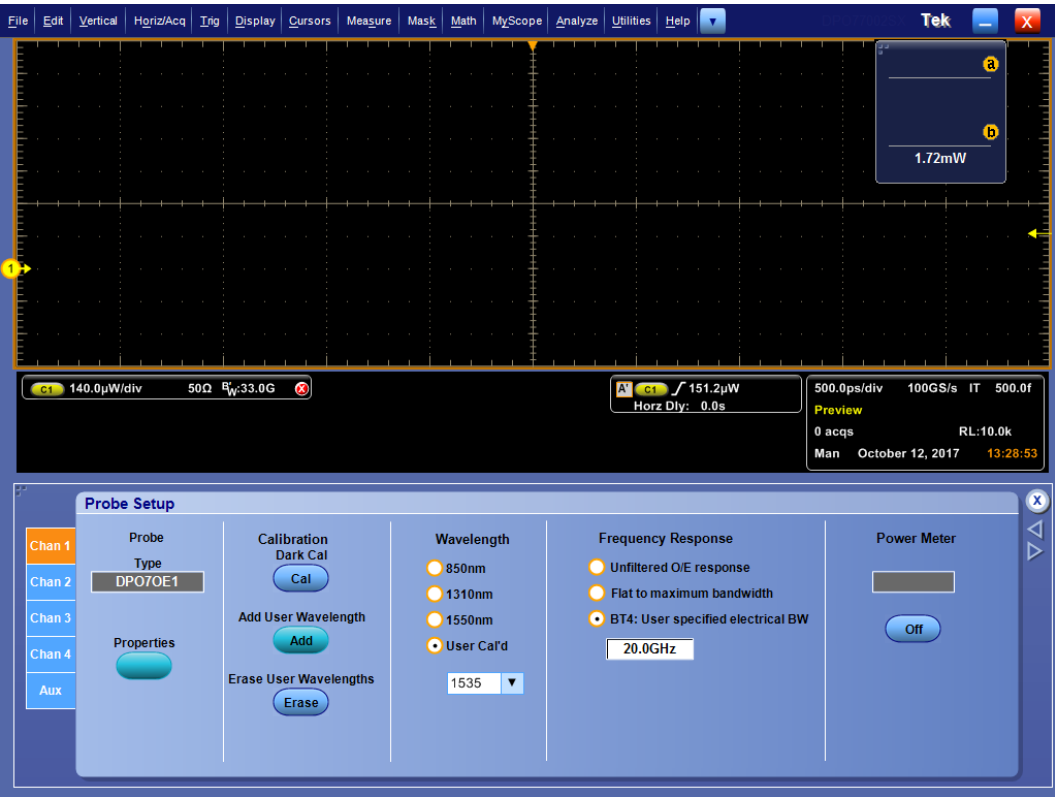
1. 在 Probe Setup（探头设置）屏幕中，单击 **Add User Wavelength**（添加用户波长）。这将打开以下所示的 User Wavelength Gain Compensation（用户波长增益补偿）屏幕。



注意： 为了防止测量值不正确，请务必在添加用户波长前进行 *Dark Cal*（黑校准）校准。请参阅 [黑电平补偿第31 页](#)。

2. 单击 **Wavelength**（波长）输入框并输入输入信号的波长（单位为纳米）。只能输入数字。
3. 单击 **Reference Power**（参考功率）输入框并输入功率（单位为瓦特）。输入数字和单位前缀。参考功率必须介于 $200\ \mu\text{W}$ 和 4mW 之间。如果参考功率输入值不在正确范围内，将显示错误消息。
4. 在输入 **Wavelength**（波长）和 **Reference Power**（参考功率）数值后，单击 **Compensate Go**（开始补偿）。在示波器计算正确增益时，将显示一条消息。
5. 单击 **OK**（确定）保存所计算波长和增益。

6. Probe Setup（探头设置）屏幕将显示另一个 **User Cal'd**（用户校准值）单选按钮，其有一个列出所有用户波长的下拉列表。



校准

DPO70E 系列光探头均经过出厂校准。您可以从三种支持的出厂波长中选择一种：

波长 (nm)	DPO70E1	DPO70E2
850	X (仅限 FC/PC 选件)	
1310	X	X
1550	X	X

黑电平补偿

精确光测量需要先完成黑电平补偿。黑电平补偿测量光输入通道没有光线时 DPO70E 系列的平均 DC 输出。随后，从所有采样值中减去此测得值。

在执行消光比测量前，使用以下过程进行黑电平校准：

1. 取下所有电缆并使用随附的盖子盖上 O/E 转换器来确保没有光源进入探头。
2. 打开 Probe Setup（探头设置）屏幕。
3. 选择探头通道。
4. 单击 **Dark Compensation Cal**（黑电平补偿校准）按钮。

在按下此按钮后，系统将在后台进行补偿。这可能最多需要 30 秒。在进行修正时，可能暂时停止采集。

信号路径补偿

定期执行信号路径补偿 (SPC)，以确保测量值具有最高精度。泰克认为，无论温度变化如何或距离上次运行的时间多久，在使用仪器测量灵敏度设置较高（10 mV/div 及以下）的信号时最好要运行 SPC。如果不这样做，可能会导致仪器不符合保证的性能等级。

SPC 可修正由于温度变化或长期漂移引起的直流误差。SPC 可优化采集系统，修正直流偏置以及隔行扫描校准。带交流成分的输入信号会对 SPC 产生不良影响。因此，在运行 SPC 前，关键就是从示波器中删除所有信号。

使用此过程优化采集系统：

- 如果自上次信号路径补偿 (SPC) 后温度变化超过 5 °C (9 °F) 或者自上次执行 SPC 后已经超过 30 天。
- 如果使用灵敏度更高 (10 mV/div 及以下) 的仪器测量信号, 每周至少运行 SPC 一次
- 如果前面板 SPC 状态图标不是绿色

注意： 为了查看 SPC 状态图标, 您必须单击仪器校准 UI 选项旁的复选框 “始终显示 SPC 状态 (即使在传送时)”。

- 如果更换或插入驱动器媒体
- 如果更改多仪器系统的配置, 例如更改主或附加仪器
- 如果在内部和外部件切换参考时钟。

1. 前提条件：

- Utility (辅助功能) > Instrument Calibration (仪器校准) > Temperature Status (温度状态) 就绪前必须打开仪器。这通常需要 20 分钟到 1 小时, 具体取决于示波器型号。
- 必须删除所有通道输入信号。
- 如果选择时基外部基准模式, 请保持外部基准信号互联和活跃。

2. 选择 **Instrument Calibration** (仪器校准)。

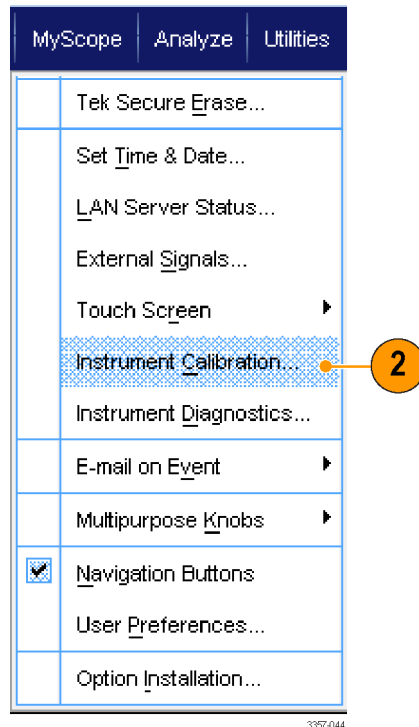


图 18: DPO70000 示波器上的 Utility (辅助功能) 菜单

3. 在 Temperature Status（温度状态）变为 Ready（就绪）时，请单击 **Run SPC**（运行 SPC）开始校准。校准可能需要 10 至 15 分钟。

注意： 运行 SPC 校准之前，请删除所有通道输入信号。

如果使用当前仪器中未运行 SPC 的驱动器，您将会看到未运行 SPC 警告信息。如果看到此警告，请运行 SPC。

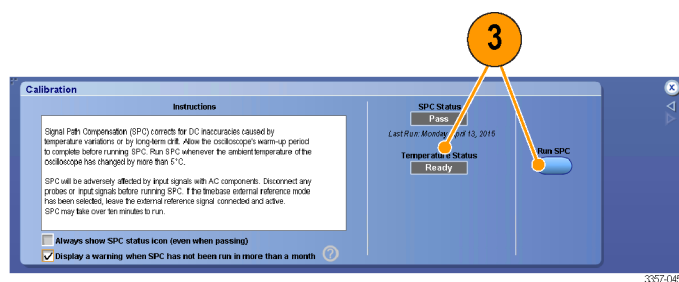
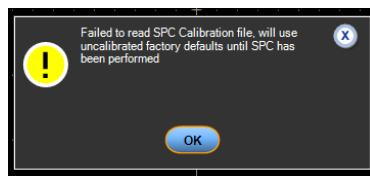


图 19: DPO70000 示波器上的 Calibration（校准）菜单

4. 如果仪器未通过，请重新校准仪器或请合格的维修人员修理仪器。

注意： 要始终显示 SPC 状态图标，或者在 SPC 超过一月未运行时显示警告，请单击相应的复选框。

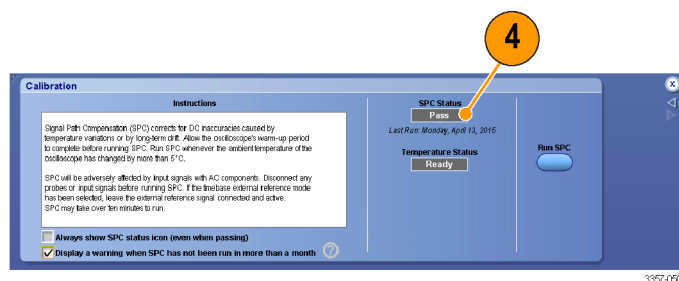
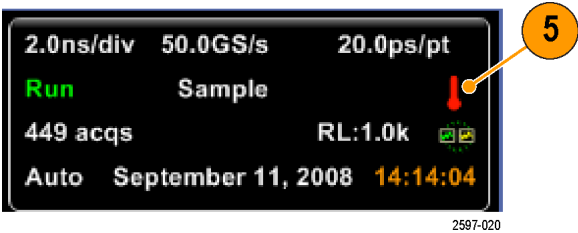


图 20: DPO70000 示波器上的 Calibration（校准）菜单

5. 如果需要 SPC 的图标为红色，请执行信号路径补偿。检查 SPC 状态图标的颜色：

- 绿色表示 SPC 成功通过且温度稳定。
- 黄色表示仪器处于预热状态或距离上次运行 SPC 已有 30 多天。

- 红色表示 SPC 需要运行（温度波动超过 5 °C，SPC 失败，或 SPC 未运行）。



信号路径补偿状态： 下表列出可能出现的信号路径补偿状态消息及建议操作。

状态	含义和建议操作
已补偿	仪器已经预热，在信号路径补偿过程中未出现故障，当前工作温度处于上次信号路径补偿的工作温度 +/- 5 °C 的范围内。
失败	在信号路径补偿过程中出现一个或多个故障。请联系当地的泰克代表以采取进一步操作。
温度	工作温度不在上次信号路径补偿的工作温度 +/- 5 °C 的范围内。
正在预热	仪器尚未预热。等待仪器完成预热过程，然后，执行信号路径补偿过程。

光滤波器和带宽设置

所有带宽设置均通过示波器软件构建的 DSP 滤波器完成。各转换器将测得的 S 参数存储在其内部存储器中，示波器使用该存储器构建各滤波器。此信号不通过任何硬件滤波器传输。下表列出所有可用设置。

DPO7OE1

滤波器名称	3 dB 光带宽	4 阶 Bessel-Thomson	兼容 ORR
未滤波 O/E 相应	21 GHz	否	否
平坦到最高带宽	33 GHz ¹	否	否
BT4：用户指定的电带宽	2 GHz 至 21 GHz ²	是	是 ³

DPO7OE2

滤波器名称	3 dB 光宽带	4 阶 Bessel-Thomson	兼容 ORR
未滤波 O/E 响应	48 GHz	否	否
平坦到最高带宽	59 GHz ⁴	否	否
BT4：用户指定的电带宽	2 GHz 至 59 GHz ²	是	是 ⁵

¹ ATI 通道的最高带宽增至 43 GHz 以便支持高达 21 GHz 的 BT4 滤波器。

² 已经指定 4 阶 Bessel-Thomson 滤波器的 -3 dB 电带宽以便兼容 NRZ 和 PAM4。

³ ORR 兼容性取决于调制类型。在 NRZ 速度高达 28.05 GBd 且 PAM4 速度高达 42 GBd 的 ATI 通道上可以兼容。

⁴ TekConnect 通道上的最高带宽被限制为示波器通道允许的最大值

⁵ ORR 兼容性取决于调制类型。在 NRZ 速度高达 39 GBd 且 PAM4 速度高达 59 GBd 的 ATI 通道上可以兼容。

电输出

在装到 ATI 支架上后，O/E 电输出限制保持在 ATI 通道的无损输入范围内。



注意： 为了防止探头损坏，在 ATI 通道上安装传送梭时，务必使用 ATI 支架。

超载指示器

当通道超过 DPO7OE 传送梭当前连接的通道的动态范围时，示波器屏幕将出现一个红色超载指示器。如下图所示，将光标放在指示器上时，将显示 Overload（超载）消息。

探头动态范围指示器

在改变 Vertical Setup（垂直设置）设置时，探头动态范围指示器在波形显示画面的左侧出现。下图显示超过通道动态范围的波形以及启用的超载指示器。



3558-005

图 21: 超载指示器

校正转换增益

O/E 转换器的转换增益已经针对这些标准波长在出厂时校准：850nm（仅限 DPO7OE1）、1310nm 和 1550nm。必须先补偿用户波长（按下 Add User Wavelength（添加用户波长）窗口中的 Compensate Go（开始补偿）按钮）。转换增益的单位为 V/W。通过将 O/E 转换器的电压输出采样值除以在 Probe Setup（探头设置）菜单中选择的波长的转换增益来校正通道波形。

参考

本节提供光带宽考虑事项和产品技术规格等参考信息。

光带宽和电带宽

对光带宽的定义是经过设备的光功率为 DC 时通过的光功率一半时的频率。对于光信号，DC 信号是指一个未调制的 CW 信号，因为光电探测器已经将其转为 DC 电流。对于光系统，则为满足以下公式时的频率 f_c ：

$$-3 \text{ dBo} = 10 \log\left(\frac{P_{fc}}{P_{DC}}\right)$$

请注意，由于 PIN 二极管为平方律检测器，这意味着，它们将瓦特直接转为安培，采样器的电压功率与功率而非功率的平方根呈线性比例。这已经导致在光系统中经常使用的另一带宽定义，即电带宽 (BWe)。电带宽为满足以下公式时的频率 f_c ：

$$-3 \text{ dBe} = 20 \log\left(\frac{P_{fc}}{P_{DC}}\right)$$

Flat（平坦）滤波器设置的带宽

下文介绍 Probe Setup（探头设置）屏幕的 Frequency Response（频率响应）部分的 Flat（平坦）滤波器设置。请参阅 [Probe Setup（探头设置）设置](#) 第 27 页。

-3dBe 电带宽供 Flat（平坦）滤波器选项使用。为了在 O/E 转换器上执行 DSP 校正，在校准过程中测量频率响应并存入探头的闪存中。

示波器软件采集测量响应（作为 2 端口 s 参数存储）并创建有线脉冲响应 (FIR) 滤波器，此滤波器减少高达滤波器带宽的 O/E 频率响应的波动。短波长 (<1260nm) 和长波长 (>1260nm) 下的响应不同，在 O/E 输出通道与 TekConnect 输出通道上直接测得的响应也有所不同。

ORR 滤波器设置的带宽

下文介绍 Probe Setup（探头设置）屏幕的 Frequency Response（频率响应）部分中的 ORR 滤波器设置。请参阅 [Probe Setup（探头设置）设置](#) 第 27 页。

将 ORR 滤波器选件的带宽定义为频率 f_c ，其中，在 f_c 下测得的信号幅度 A_{f_c} 与直流时的信号幅度 A_{DC} 具有以下关系

$$-3 \text{ dBe} = 20 \log\left(\frac{P_{f_c}}{P_{DC}}\right)$$

f_c 等于符号速率的 0.75 倍（仅限 NRZ 信号）和 0.5 倍（仅限 PAM4 信号）。

响应符合 4 阶 Bessel-Thomson (BT4) 曲线，由以下公式确定

$$H(y) = \frac{105}{105 + 105y + 45y^2 + 10y^3 + y^4}$$

其中，

$$y = 2.114p; p = \frac{j\omega}{\omega_c}; \omega_c = 2\pi f_c$$

已经针对各滤波器带宽创建理想 BT4 滤波器且将它们应用于平坦 O/E 响应。因此，如果平坦有限脉冲响应 (FIR) 滤波器正常工作，此波长的所有滤波器设置均正常工作。

光基准接收机性能

实现光基准接收机 (ORR) 响应要求充足的仪器带宽，确保超过数据速率时实现平滑的频率滚降特点。在设计数据中心网络设备时，一般会使用四阶 (BT4) 频响的 ORR。对 NRZ(PAM2)，基准接收机的 -3dB 电带宽设置成频率是光符号速率的 75%，其带宽极限保护频段设置成频率为光符号速率的 150%。对 28GBd 光信号使用这些值可以得到下面的频响要求：

光基准接收机衰减	频率
-3 dB	$0.75 * 28 \text{ G} = 21 \text{ GHz}$
标称值: -13.4 dB 范围: -9.4 ~ -17.4 dB	$1.50 * 28 \text{ G} = 42 \text{ GHz}$

对 PAM4 信号，要调低 BT4 滤波器。电带宽设置成与符号速率的 50% 对应的频率。DPO7OE 系列中还提供了 ORRBT4 滤波，支持 PAM4 标准中的各种重要符号速率，如 53.152GBd 和 26.5625GBd。

通过在高带宽 ATI 通道上采集信号，可在该通道的通带中保持线性相位。这使得可在 DPO7OE1 上启用波特率高达 28Gb/s 的真正光学基准接收机 (ORR) 质量滤波器，DPO7OE2 需要高达 42GHz 的受控电气响应，和高达 53Gbps 的 PAM4 波特率。下图显示了 DPO77002SX 实时示波器上的 DPO7OE1 的典型频响。

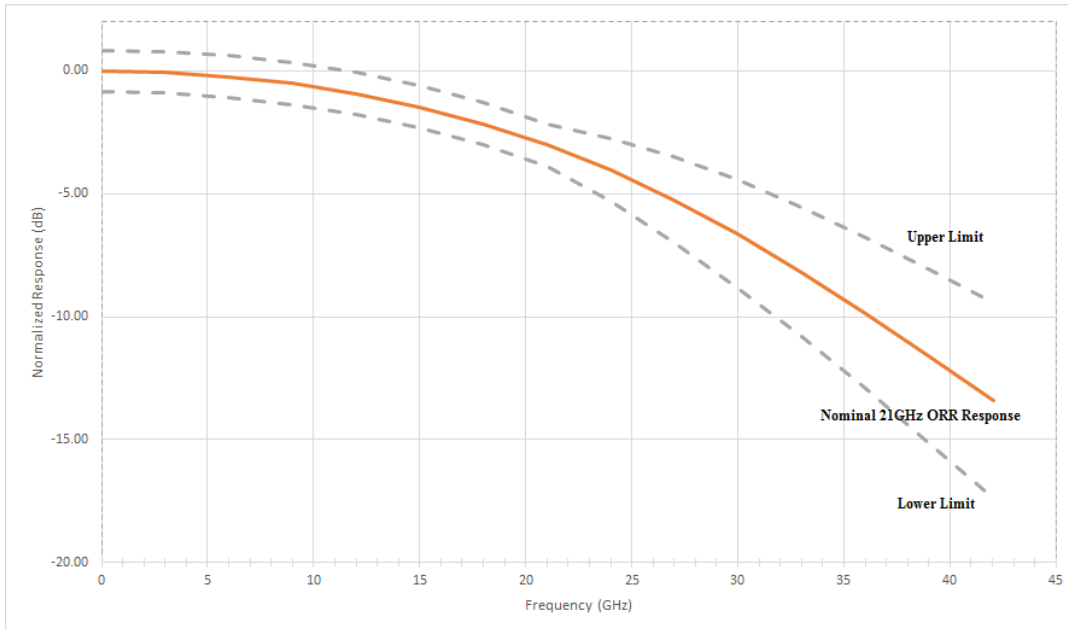


图 22: DPO70E1 光探头和 DPO70000SX ATI 通道的四阶 Bessel-Thompson 频响

由于示波器的系统软件使用光探头和示波器通道独有的 S 参数计算 BT4 滤波器，所以使用 DPO70E 系列 DPO70000SX 示波器可以实现平滑受控的系统响应。当前大多数实时示波器在额定通道带宽或以上的滚降特点都相当陡（如“砖墙”）。这种响应限制了复现真正 BT4 响应的能力，后者的滚降特点要平滑得多。在不具备真正 BT4 响应的情况下，信号的眼图张开程度会下降，给测量精度带来不利影响。

附录 A：编程接口 (PI) 命令

本节介绍供您查询或控制探头的编程接口 (PI) 命令。欲了解示波器支持的 PI 命令的更多信息，请参阅 *MSO/DPO5000/B*、*DPO7000/C*、*DPO70000/B/C/D/DX/SX*、*DSA70000/B/C/D* 和 *MSO70000/C/DX* 系列程序员手册（泰克零件号 077-0010-24 和以上）。

CH<x>:OPTI:POWER? (仅查询)

此命令查询连接指定通道的 DPO7OE 系列探头的功率计读数。

组 垂直

语法 CH<x>:OPTI:POWER?

返回值 返回连接指定通道的 DPO7OE 系列探头的功率计读数。

CH<x>:OPTIcal:AOPstream

此命令设置或查询流式传送平均输出功率。

组 垂直

语法 CH<x>:OPTIcal:AOPstream {OFF | ON}
CH<x>:OPTIcal:AOPstream?

变量 OFF 将平均输出功率的流式传送设为关。
ON 将平均输出功率的流式传送设为开。

返回值 OFF 表示平均输出功率的流式传送被设为关。
ON 表示平均输出功率的流式传送被设为开。

示例 CH1:OPTI:AOPstream ON 将平均输出功率的流式传送设为开。
CH1:OPTI:AOPstream? 可能返回 OFF，这表示平均输出功率的流式传送被设为关。

CH<x>:OPTIcal:RCVR

此命令设置或查询用于补偿所应用光信号的光参考接收机 (ORR) DSP 滤波器。使用 USER 值需要可选的第二个数字变量。

组 垂直

语法 CH<x>:OPTIcal:RCVR { OFF | FLAT33 | FLAT | USER }
[,<NR1>]

变量 OFF、FLAT 或 FLAT33 为用于补偿所应用光信号的光参考接收机 DSP 滤波器。
<NR1> 为波特率。单位为波特。

示例 CH1:OPTIcal:RCVR FLAT33 将 DSP 滤波器设为 FLAT33。
CH1:OPTI:RCVR USER, 28.6E9 将 DSP 滤波器设为 28.6 GBd User 滤波器。
CH1:OPTIcal:RCVR? 可能返回 FLAT，这表示 DSP 滤波器被设为 FLAT。

CH<x>:OPTIcal:RCVR:USERVALue? (仅适用于查询)

此命令查询用户指定的光参考接收机 (ORR) 滤波器的波特率。

组 垂直

语法 CH<x>:OPTIcal:RCVR:USERVALue?

返回 返回用户指定的 ORR 滤波器的波特率。

CH<x>:OPTIcal:WLENgth

获得或设置探头和示波器波长所应用光信号时使用的光波长（单位为纳米）。使用可选的第二个变量指定调用出厂校准值还是用户编程的校准值。

注意： 如果使用可选的第二个变量，则需要逗号。

组 垂直

语法 CH<x>:OPTIcal:WLENgth <NR1> [, USER | FACTory]
CH<x>:OPTIcal:WLENgth?

变量 <NR1> 为光波长（单位为纳米）。

USER 指定用户编程的校准值，此值可以从 UI 中加载到“User Wavelength Gain Compensation”（用户波长增益）窗口中的探头上。在加载此值后，可以使用此命令调用。

FACTory 指定使用出厂校准值。如果未指定，第二个变量默认为 FACTory。

CH<x>:OPTIcal:WLENgth:LIST? (仅查询)

查询从探头返回由逗号分隔的波长列表以及已校准响应。返回值的单位为纳米。

组 垂直

语法 CH<x>:OPTIcal:WLENgth:LIST?

CH<x>:PRObe:GAIN? (仅查询)

此仅查询命令返回连接指定通道的探头的增益因数。通道由 x 指定。x 值介于 1 至 4 之间。探头的“增益”为输出除以输入传输比。例如，常用 10x 探头的增益为 0.1。

组 垂直

语法 CH<x>:PRObe:GAIN?

示例 CH2:PROBE:GAIN? 可能返回 :CH2:PROBE:GAIN 0.1000E+00, 这表示每向探头输入通道施加 1.0 V，所连接的 10X 探头向通道 2 BNC 传递 0.1 V。