



TICP 系列
有源隔离电流分流器探头
用户手册

立即注册！
点击如下链接以保护您的产品。
tek.com/register



Copyright © 2024, Tektronix. 2024 All rights reserved. Licensed software products are owned by Tektronix or its subsidiaries or suppliers, and are protected by national copyright laws and international treaty provisions. Tektronix products are covered by U.S. and foreign patents, issued and pending. Information in this publication supersedes that in all previously published material. Specifications and price change privileges reserved. All other trade names referenced are the service marks, trademarks, or registered trademarks of their respective companies.

TEKTRONIX and TEK are registered trademarks of Tektronix, Inc.

Tektronix, Inc.
14150 SW Karl Braun Drive
P.O. Box 500
Beaverton, OR 97077
US

For product information, sales, service, and technical support visit [tek.com](https://www.tek.com) to find contacts in your area. For warranty information visit [tek.com/warranty](https://www.tek.com/warranty).

内容

TEKTRONIX END USER LICENSE AGREEMENT.....	5
Third Party Software Licenses.....	6
重要安全信息.....	7
常规安全概要.....	7
避免火灾或人身伤害.....	7
探头和测试导线.....	8
本手册中和本产品上的术语.....	9
产品上的符号.....	10
间隙要求.....	11
合规性信息.....	13
安全标准.....	13
电气额定值.....	14
环境合规性.....	14
前言.....	15
关键性能指标和特点.....	15
型号概述.....	16
标配附件.....	16
推荐附件.....	17
操作信息.....	18
TICP 框图.....	18
测量系统处理最佳实践.....	19
环境要求.....	19
控件和指示器.....	20
电缆标记.....	20
探头端部.....	21
铁氧体夹具安装.....	21
连接到电路.....	22
三脚架适配器安装.....	23
两脚架安装.....	24
连接 SMA 适配器.....	25
安装探头端部适配器.....	26
将方形引脚安装到电路板.....	27
探头设置菜单.....	29
自行校准.....	29
自动调零.....	30
自动量程.....	30
量程.....	30
选择探头端部.....	30
相差校正.....	31
输入偏置.....	31
电压范围.....	31
共模电压范围.....	31
偏置电压范围.....	32
最大无损差分电压范围.....	32

技术规格.....	33
探头和端部概述.....	33
应用实例.....	36
电气技术规格.....	37
法规合规性.....	38
探头尺寸.....	39
性能验证步骤.....	40
所需设备.....	40
系统 RMS 噪声.....	40
系统 RMS 噪声 测试记录.....	41
DC 增益精度.....	42
DC 增益精度 测试记录.....	43
DC 均衡.....	44
DC 均衡 测量记录.....	45
偏置增益精度.....	46
偏置增益精度测试记录.....	46
维护.....	48
服务.....	48
清洁.....	48
故障排除和错误情况.....	48
重新包装测量系统以进行运输.....	49
远程编程.....	50
命令列表.....	50

TEKTRONIX END USER LICENSE AGREEMENT

Go to www.tek.com/en/eula to read the Tektronix End User License Agreement.



Third Party Software Licenses

Freescale Kinetis Design Studio

This component module is generated by Processor Expert. Do not modify it.

Copyright : 1997 - 2015 Freescale Semiconductor, Inc.

All Rights Reserved.

Redistribution and use in source and binary forms, with or without modification, are permitted provided that the following conditions are met:

- Redistributions of source code must retain the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer.
- Redistributions in binary form must reproduce the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer in the documentation and/or other materials provided with the distribution.
- Neither the name of Freescale Semiconductor, Inc. nor the names of its contributors may be used to endorse or promote products derived from this software without specific prior written permission.

THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE COPYRIGHT HOLDERS AND CONTRIBUTORS "AS IS" AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL THE COPYRIGHT HOLDER OR CONTRIBUTORS BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES; LOSS OF USE, DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION) HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT LIABILITY, OR TORT (INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.

[http: www.freescale.com](http://www.freescale.com)

mail: support@freescale.com

IAR Embedded Workbench for ARM

IARSourceLicense.txt Version 1.0

The following license agreement applies to linker command files, example projects unless another license is explicitly stated, the cstartup code, low_level_init.c, and some other low-level runtime library files.

Copyright 2012, IAR Systems AB.

This source code is the property of IAR Systems. The source code may only be used together with the IAR Embedded Workbench. Redistribution and use in source and binary forms, with or without modification, is permitted provided that the following conditions are met:

- Redistributions of source code, in whole or in part, must retain the above copyright notice, this list of conditions and the disclaimer below.
- IAR Systems name may not be used to endorse or promote products derived from this software without specific prior written permission.

THE SOFTWARE IS PROVIDED "AS IS" AND THE AUTHOR DISCLAIMS ALL WARRANTIES WITH REGARD TO THIS SOFTWARE INCLUDING ALL IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS. IN NO EVENT SHALL THE AUTHOR BE LIABLE FOR ANY SPECIAL, DIRECT, INDIRECT, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES OR ANY DAMAGES WHATSOEVER RESULTING FROM LOSS OF USE, DATA OR PROFITS, WHETHER IN AN ACTION OF CONTRACT, NEGLIGENCE OR OTHER TORTIOUS ACTION, ARISING OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE USE OR PERFORMANCE OF THIS SOFTWARE.

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。

如果存在危险带电导体暴露，请使用个人防护装备以防电击和电弧爆炸伤害。

使用本产品时，您可能需要使用一套大型系统的其他部件。有关操作这类系统的警告和注意事项，请阅读其他器件手册的安全性部分。

将本设备集成到某系统时，该系统的安全性由系统的组装者负责。

避免火灾或人身伤害

遵守所有终端额定值

为避免火灾或电击危险，请遵守产品上的所有额定值和标记说明。在连接产品之前，请先查看产品手册，了解额定值的详细信息。

请勿超过产品、探头或附件中各器件额定值最低者的测量类别 (CAT) 额定值和电压或电流额定值。

对任何终端（包括公共终端）施加的电势不要超过该终端的最大额定值。

本产品的测量端子不适用于连接到 IV 类型电路。

不要将电流探头连接到电压超过电流探头额定电压的任何导线。

请勿开盖操作

切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。

远离外露电路

电源接通后请勿接触外露的接头和器件。

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，请将其关闭。在产品上做出清晰标记以防其再被使用。

在使用之前，请检查电压探头、测试导线和附件是否有机机械损坏，如损坏则予以更换。如果探头或测试导线损坏、金属外露或出现磨损迹象，请勿使用。

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

如果产品从冷环境移动到暖环境中，注意可能会发生凝结现象。

切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。

提供安全的工作环境

始终将产品放在方便查看显示器和指示器的地方。

避免对键盘、指针和按钮盘使用不当或长时间使用。键盘或指针使用不当或长时间使用可能导致严重损伤。

请确保工作区符合适用的人体工程学标准。请咨询人体工程学专家，以避免应激损伤。

探头和测试导线



警告: 为避免触电，请尽可能使探头电线远离探头端部和高压电路。探头电线的额定电压低于探头端部的额定电压。因此，探头电线可能无法提供足够的保护。



警告: 当电缆上的磨损指示标记变得可见时，请勿使用探头以免触电。请通过 tek.com 联系 Tektronix 进行更换。

小心高电压

了解您正在使用的探头的额定电压，请不要超出这些额定值。重要的是知道并理解两个额定值：

- 探头端部到探头参考导线的最大测量电压。
- 从探头参考引线到接地的最高浮动电压。

这两个额定电压取决于探头和您的应用。请参阅手册的“技术规格”部分了解更多详情。



警告: 为防止电击，请不要超出示波器输入 BNC 连接器、探头端部或探头参考导线的最大测量电压或最大浮动电压。

正确连接并正确断开连接。

探头或测试导线连接到电压源时请勿插拔。

仅使用产品附带的或经 Tektronix 指明适合产品使用的绝缘电压探头、测试导线和适配器。

连接或断开电流探头之前，先将被测电路断电。

请勿将分流器连接到电压或频率超过分流器额定值的任何导线。

检查探头和附件

在每次使用之前，请检查探头和附件是否损坏（探头本体、附件、电缆外壳等的割裂、破损、缺陷）。如果损坏，请勿使用。

使用浮动测量

不要将此探头的参考引线浮动到额定浮动电压之上。

维修探头和附件

请转至 tek.com/support，查找有关联系 Tektronix 服务支持部门的信息。

本手册中和本产品上的术语

本手册中可能出现以下术语：



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。



警告：“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。

产品上可能出现以下术语：

- 看到“危险”标记时表示可直接导致人身伤害的危险。
- 看到“警告”标记时表示不会直接导致人身伤害的危险。
- “注意”表示会对本产品或其他财产造成损害的危险。

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。



注意事项：请参阅手册



保护性接地端



接地端



警告：高压



允许与危险裸线连接及断开连接。



请勿连接或断开危险的带电非绝缘导体。



警告：表面过热

间隙要求

测量系统的独特共模电压范围使其能够应用于存在高频/高压共模信号的情形。使用本产品时，请务必阅读所有预防措施。



警告: 使用本测量系统时可能会发生电击。该系统用于将操作员与危险输入电压（共模电压）隔离开；探头头部的塑料外壳和探头端部上的屏蔽层不提供安全隔离功能。在测量系统连接到本文中建议的通电电路时，请与探头头部和探头端部保持安全距离。在带电电路上进行测量时，请勿访问 RF 燃烧危险区域。

下图显示了测量系统的组件以及处理危险电压时的可能射频灼伤区域。1 米（40 英寸）射频灼伤区域用探头头部周围的虚线表示。

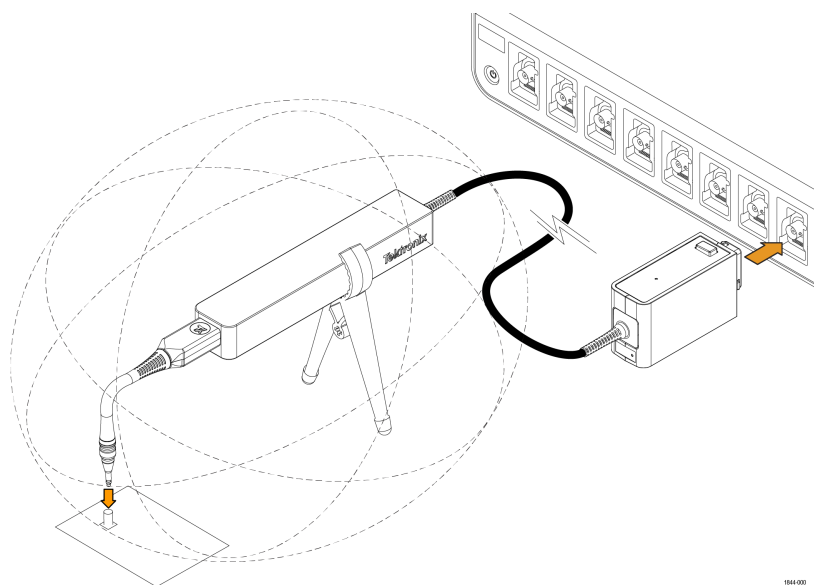


图 1: 探头头部周围的射频灼伤危险区域



警告: 射频灼伤风险。请参考以下降额曲线来识别危险区域。为避免射频灼伤，请勿在图表的灰色阴影区域内操作探头。



警告: 当连续波或高占空比突发共模信号频率处于 10 MHz 至 50 MHz 之间时，尖端温度升高有燃烧风险。这会导致尖端铁氧体在电压低于下图所示时消耗大量功率。为避免燃烧风险，请通过限制应用的共模电压和/或占空比、降低环境温度和/或采用强制对流气流，将尖端温度保持在 85°C (185°F) 或更低。

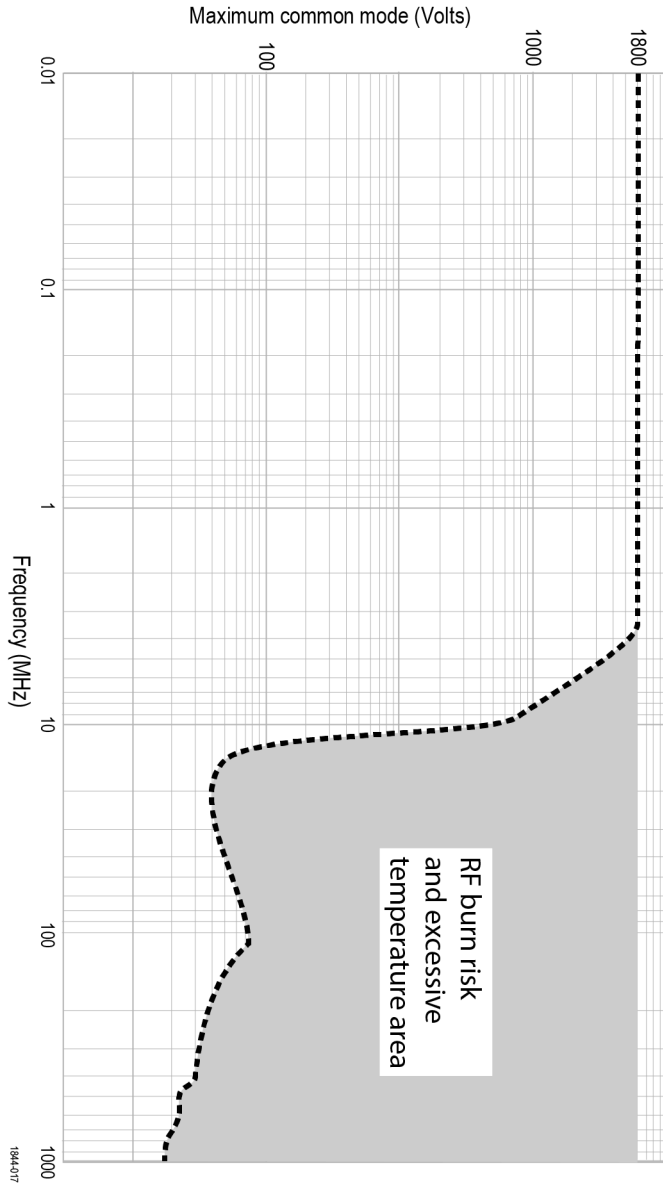


图2: 共模电压的最大安全操作限值。

合规性信息

此部分列出仪器遵循的安全和环境标准。本产品仅供专业人员和受过培训的人员使用；不得在家中或供儿童使用。如对合规性信息存疑，可联系以下地址：

Tektronix, Inc.
PO Box 500, MS 19-045
Beaverton, OR 97077, US (美国)
tek.com

安全标准

本部分列出了产品遵循的安全标准及其他安全合规性信息。

欧盟一致性声明 - 低电压

经证明符合《欧盟官方公报》中所列的以下技术规格：

低电压指令 2014/35/EU。

- EN 61010-1: 测量、控制和实验室用电气设备安全要求 – 第 1 部分：总体要求
- EN 61010-2-030: 测量、控制和实验室用电气设备安全要求 – 第 2-030 部分：关于测试和测量电路的特殊要求

美国国家认可的测试实验室列表

- UL 61010-1: 测量、控制和实验室用电气设备安全要求 – 第 1 部分：总体要求
- UL 61010-2-030: 测量、控制和实验室用电气设备安全要求 – 第 2-030 部分：关于测试和测量电路的特殊要求

加拿大认证

- CAN/CSA-C22.2 No. 61010-1: 测量、控制和实验室用电气设备安全要求 – 第 1 部分：总体要求
- CAN/CSA-C22.2 No. 61010-2-030: 测量、控制和实验室用电气设备安全要求 – 第 2-030 部分：关于测试和测量电路的特殊要求

其他合规性

- IEC 61010-1: 测量、控制和实验室用电气设备安全要求 – 第 1 部分：总体要求
- IEC 61010-2-030: 测量、控制和实验室用电气设备安全要求 – 第 2-030 部分：关于测试和测量电路的特殊要求

设备类型

测试和测量设备。

污染度说明

对产品周围和产品内部环境中可能出现的污染的一种量度。通常认为产品的内部环境与外部环境相同。产品只应该在其规定环境中使用。

- 污染度 1。无污染或仅发生干燥、非导电性污染。此类产品通常予以封装、密封或被置于干净的房间中。
- 污染度 2。通常只发生干燥、非导电性污染。偶尔会发生由凝结引起的临时传导。典型的办公室/家庭环境属于这种情况。只有当产品处于非使用状态时，才会发生临时凝结。
- 污染度 3。导电性污染，或干燥、非导电性污染，由于凝结后者会变成导电性污染。此类场所为温度和湿度不受控制的建有遮盖设施的场所。此类区域不受阳光、雨水或自然风的直接侵害。
- 污染度 4。通过传导性的尘埃、雨水或雪产生永久性可导性的污染。户外场所通常属于这种情况。

IP 等级

IPx0 (如 IEC 60529 中定义)。

电气额定值

电气额定值	TICP025: 电流 20mA, 250MHz TICP050: 电流 20mA, 500MHz TICP100: 电流 20mA, 1GHz
对地最高电压	1300 V (污染度 2, 瞬态电平不超过 $5kV_{pk}$ 时的最大值) 1800 V (用于污染度 1 的环境, 瞬态电平不超过 $5kV_{pk}$ 时的最大值) 600 V CAT III (污染度 2) 1000 V CAT II (污染度 2)

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。

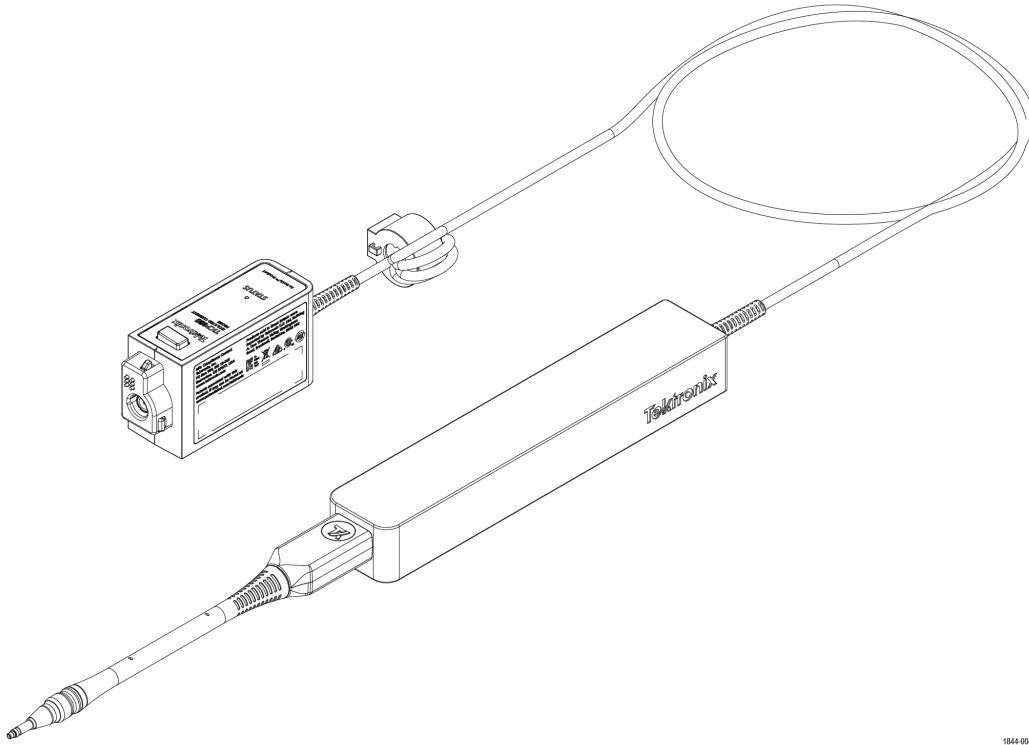


此符号表示该产品符合欧盟有关废旧电子和电气设备 (WEEE) 以及电池的 2012/19/EU 和 2006/66/EC 号指令所规定的相关要求。有关回收选项的信息, 请登录泰克官网 (www.tek.com/productrecycling) 查看。

前言

本文档介绍了有关安装和使用泰克 T1CP 系列有源隔离式分流器探头的信息。

该探头在分流器测量方面提供出色的带宽、精度、易用性和隔离性。



补偿盒

TekVPI 补偿盒将测量系统连接到示波器上的其中一个输入通道。通过示波器的 TekVPI 接口向测量系统提供电源。补偿盒上的 LED 用于显示探头的整体状态。

探头头部

探头头部为待测设备 (DUT) 和补偿盒之间提供了一个接口。探头头部包含隔离屏障，将 DUT 与接地隔离开来。

探头端部

探头端部选项可用于将探头头部连接到 DUT。

关键性能指标和特点

- 探头端部和示波器之间实现电隔离
- 提供三种带宽：1 GHz、500 MHz 和 250 MHz
- 电流测量范围宽，取决于与 1X、10X 或 100X 探头端部配合使用的分流器
- 噪声 $<4.70 \text{ nV} / \sqrt{\text{Hz}}$ (20 MHz 时 $<21 \mu\text{V}_{\text{RMS}}$)
- 1 MHz 时高达 90 dB CMRR
- 最大共模电压：1.8 kV，用于污染度 1 环境，瞬态电平不超过 5 kV_{pk}
- 1.5% DC 增益精度

- 与 4、5 和 6 系列 MSO 仪器兼容，包括最新的 B 型号
- TekVPI™ 接口可通过示波器前面板或编程接口实施控制和调整探头配置

型号概述


型号	说明
TICP025	250 MHz 泰克隔离电流探头
TICP050	500 MHz 泰克隔离电流探头
TICP100	1 GHz 泰克隔离电流探头

标配附件

下表中列出了探头发货时附带的附件。

附件	说明	部件编号
	带 MMCX 连接器的 1X 探头端部电缆	TICPMM1
	带 MMCX 连接器的 10X 探头端部电缆	TICPMM10
	SMA 端部适配器	TICPSMA
	钳式铁氧体共模扼流圈	276-0905-XX
	两脚架用于固定探头。	020-3210-XX
	适用于 1/4 英寸 - 20 UNC 螺纹附件的三脚架接头。	103-0508-XX
	探头端部适配器。使 MMCX IsoVu 端部适用于标准的 0.100 英寸间距 0.025 英寸方形针脚。	131-9717-XX

续表

附件	说明	部件编号
	带有泡沫隔层的软提包。	016-2147-XX

推荐附件

下表列出了可选附件。

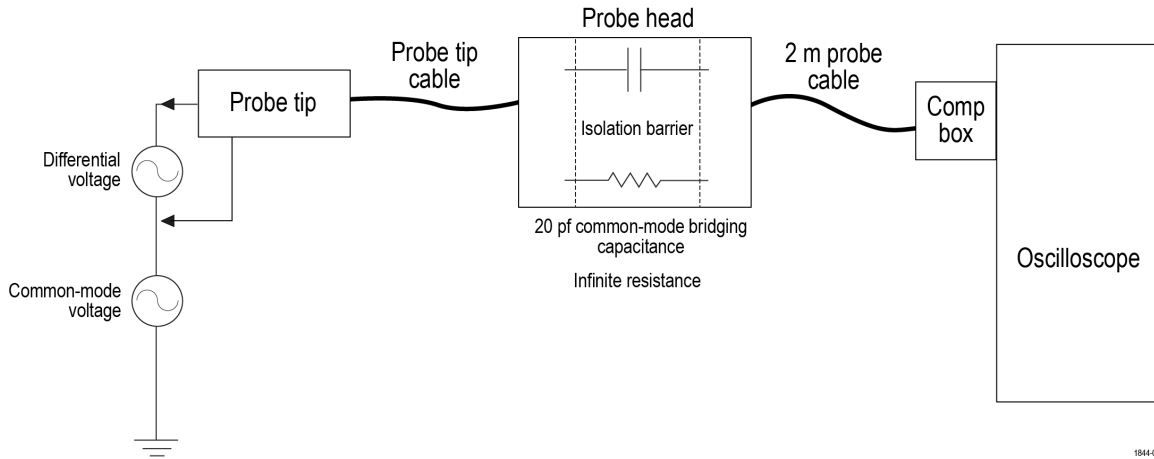
附件	说明	部件编号
	带 MMCX 连接器的 100X 探头端部	TICPMM100
	方形引脚转 MMCX 适配器，间距为 0.062 英寸	131-9677-XX
	MMCX 转 IC 采集表笔	196-3546-XX
	方形引脚转 IC 采集表笔	196-3547-XX
	MicroCKT 采集器	206-0569-XX

操作信息

本节将帮助您安全有效地使用探头。安装测量系统之前请阅读所有安全信息，了解操作和间距要求，包括测量系统连接到 DUT 时的可能危险区域。

TICP 框图

下图显示了泰克有源隔离电流分流器探头的框图。



接地的共模电阻和电容如下图所示。共模电阻显示为无穷，因为它是电隔离的，可以忽略不计。接地的共模耦合电容及周围电路显示为桥接电容。将探头头部放置在接地表面以上 6 英寸（15.25 厘米）时，该电容将约为 20 pF。

为最大程度地降低共模电容负载的影响，请考虑以下各项：

- 尽可能在测试设备 (DUT) 中选择一个相对于接地为静电电势的参考点。
- 将探头端部的同轴（通用）屏蔽连接到电路的最低阻抗点。
- 增加探头头部与任何导电性表面的物理距离将降低电容。
- 使用多个 TICP 探头测量具有不同共模电压的电路中的不同点时，请保持探头头部隔离，以最大程度地降低电容耦合。

测量系统处理最佳实践

测量系统包括高质量部件，应小心对待，避免由于处理不当造成损坏或性能降低。操作探头和端部时，考虑以下注意事项：

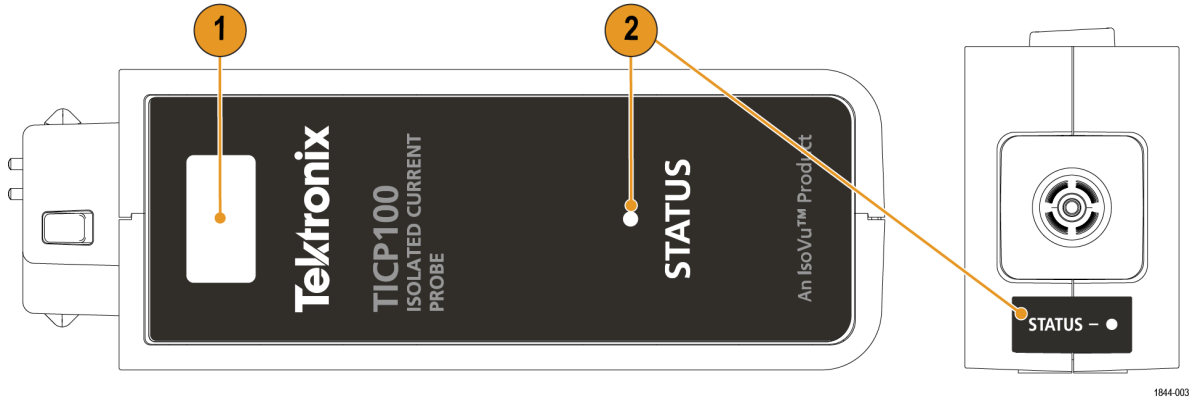
- 请勿挤压、卷曲或猛烈弯曲探头电缆。。
- 请勿缠绕电缆。
- 请勿在探头电缆上进行扭结或打结。
- 避免探头电缆受力。
- 请勿拉动或猛拉电缆，特别是在有扭结或打结的情况下。
- 请勿掉落探头头部或补偿盒组件。这会导致内部组件损坏和错位。
- 避免过度弯曲探头端部；请勿超过最大弯曲半径 2.0 英寸（5.1 厘米）。
- 避免挤压电缆，如不小心用椅子轮子碾压电缆或将重物跌落到电缆上。
- 不使用时，请将测量系统存放在随附的手提箱中。

环境要求

特性	组件	工作状态	非工作状态
温度	补偿盒和探头	0°C 至 +50°C	-20°C 至 +70°C
	端部电缆和适配器	-40°C 至 +85°C	-40°C 至 +85°C
湿度	补偿盒和探头	5% 至 85% 相对湿度（不超过 +40°C），5% 至 45% 相对湿度（不超过 +50°C），无冷凝	5% 至 85% 相对湿度（不超过 +40°C），5% 至 45% 相对湿度（不超过 +70°C），无冷凝
	端部电缆和适配器		
海拔高度	所有组件	最高 3,000 米（9,842 英尺）	最高 12,000 米（39,370 英尺）

控件和指示器

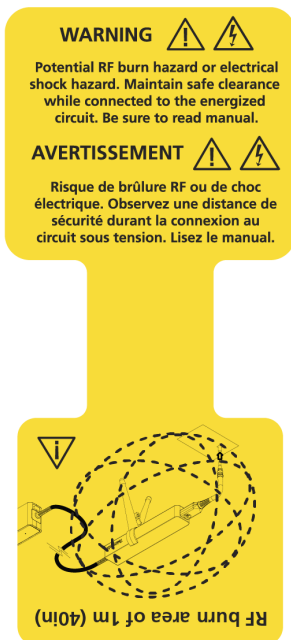
补偿盒上的控件和指示器说明。



1. 闭锁释放按钮。要断开补偿盒与示波器的连接，请先按下闭锁释放按钮，然后将探头从仪器中拉出。
2. 状态指示器。LED 灯指示探头的状态。补偿盒顶部和背面设有状态指示器。有关 LED 状态的更多信息，请参阅 [Table 1](#)

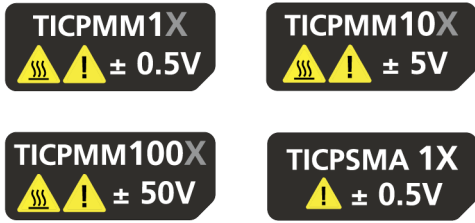
电缆标记

电缆上的标记提供潜在射频烧伤危险警告。



探头端部

各探头端部的标签均提供最大动态范围并显示衰减系数。

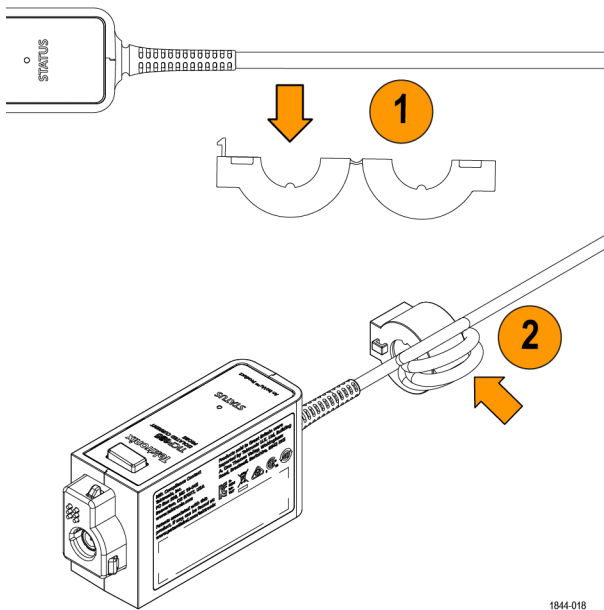


1844-001

铁氧体夹具安装

以下步骤描述了在探头电缆上安装共模铁氧体夹具的过程。

过程



1844-018

1. 将共模铁氧体夹具置于补偿盒应力释放 0.25 英寸范围内。
2. 将电缆在打开的铁氧体夹具上绕五圈，然后关闭夹具。
确保尽可能小地绕圈，以最大限度地发挥铁氧体的效果。

下一步做什么

要从探头电缆上取下铁氧体夹具，请将平头螺丝刀插入夹具闭锁之间的缝隙并向上提起。

连接到电路

以下步骤描述了将 TICP 系列探头连接到示波器和被测设备 (DUT) 的过程。

开始之前



警告: 请勿将测量系统连接到通电电路，以避免电击危险。从测试电路安装或移除端部电缆之前，请务必断开测试电路。探头头部的塑料外壳和探头电缆的探头端部不提供隔离功能。



警告: 为避免 DUT 通电时的电击或 RF 燃烧危险，请勿在进行测试时触摸探头头部或探头端部。测试过程中请始终与探头头部保持 1 米（40 英寸）的间距。请参阅 [Figure 1](#)。



警告: 为防止由不同电位引起的电弧闪光，请勿将探头头部或探头端部置于具有不同电压的电路中。



警告: 为避免可能对设备造成的损坏，请勿将同轴（通用）屏蔽探头端部或 SMA 输入电缆连接到电路的高阻抗部分。附加电容可能会导致电路损坏。请将同轴（通用）屏蔽电缆连接到电路的低阻抗部分。



注: 测量高频共模信号时触摸探头头部或探头端部电缆，会增加电容耦合并可能降低测试电路的共模负载。



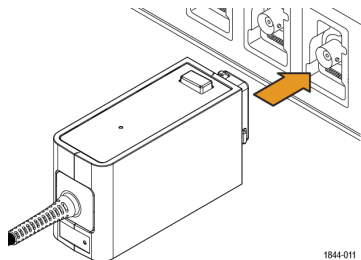
注: 为避免测量不准确，请勿将独立的探头头部堆放在一起，测量时请将手机放在至少三英尺以外的地方。

关于此任务

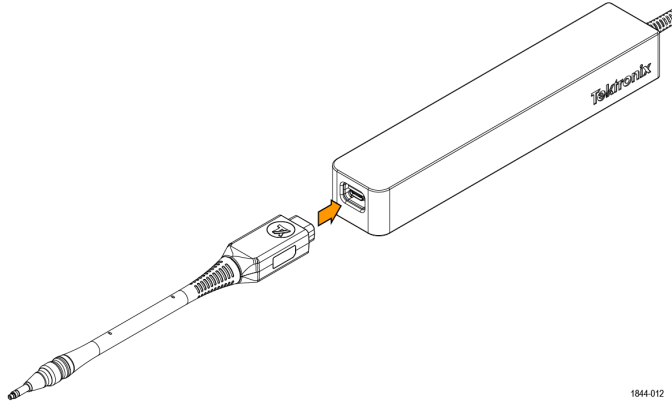
请验证 DUT 未连接到通电电路。为实现最精确的测量，请让探头预热 5 分钟。

过程

1. 将补偿盒连接到示波器上的可用通道。



2. 将探头端部和探头头部 IsoConnect™ 连接器对齐。
在此过程中请小心操作，避免弯曲或缠绕探头端部组件。
3. 将探头端部连接到探头头部。



1844-012



注: 将探头头部连接到两脚架、三脚架（带适配器）或类似支架。使用支架可保持探头头部的稳定性，从而降低 DUT 电气连接点的潜在机械压力。支架还使探头头部与周围电路和导体隔离，从而最大程度地降低这些环境的寄生电容耦合。将 TICP 系列探头安装到三脚架上需要使用随附的三脚架适配器。

4. 将探头端部连接到 DUT。

如果使用的是 MMCX 端部，在连接到 DUT 之前，将端部连接到 MMCX 连接器或方针适配器。适配器连接到方针时保留 0.100 英寸（2.54 毫米）或 0.062 英寸（1.57 毫米）的间距。

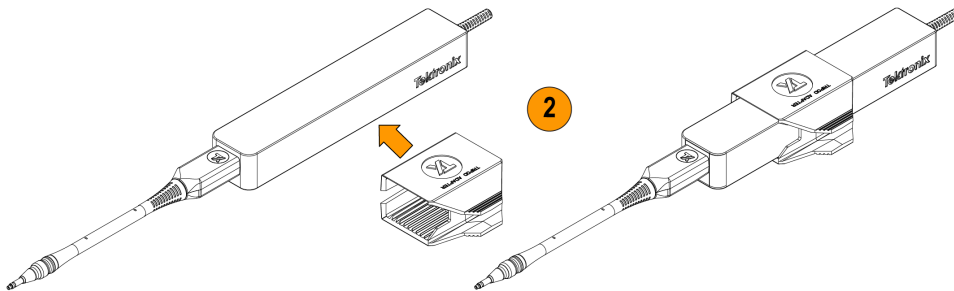
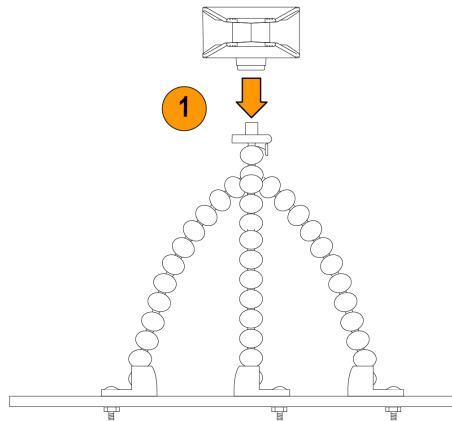
5. 设置示波器上的控件。

6. 给 DUT 通电并进行测试。

三脚架适配器安装

以下步骤描述将三脚架适配器安装到探头头部并将其连接到三脚架上。

过程



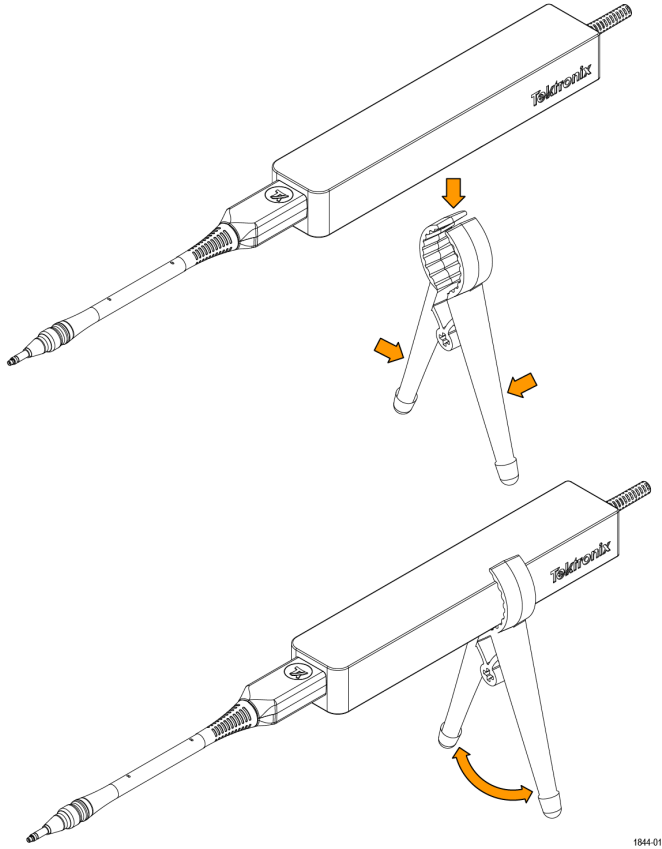
1844-015

1. 将适配器连接到兼容的三脚架。
适配器中的螺纹为 UNC $\frac{1}{4}$ -20。确保三脚架的螺纹也为 UNC $\frac{1}{4}$ -20。
2. 打开三脚架适配器上的夹具并将其连接到探头头部。

两脚架安装

以下步骤说明了将两脚架安装到探头头部上的方法。

过程



1844-014

1. 将两脚架的手柄挤在一起，以打开夹具。
2. 将探头头部放入夹具中，然后松开手柄，使探头处于与 DUT 连接所需的角。

连接 SMA 适配器

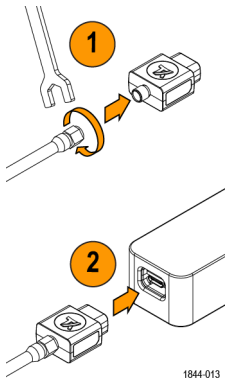
以下步骤描述将 TICPSMA SMA 端部适配器连接到探头头部和 SMA 电缆的过程。

开始之前



注: 建议先将 SMA 电缆连接到 SMA 适配器, 然后将 SMA 适配器连接到探头头部。

过程



1. 将 SMA 电缆连接到 SMA 适配器。
使用 SMA 扳手将 SMA 电缆拧紧 8 英寸磅。
2. 将 SMA 适配器连接到探头头部。

安装探头端部适配器

Tektronix 提供两个探头端部适配器，可将 MMCX 探头端部连接到电路板的引脚。MMCX 到 0.1 英寸（2.54 毫米）间距适配器和 MMCX 到 0.062 英寸（1.57 毫米）间距适配器。

每个适配器的一端都带有一个可连接到 IsoVu MMCX 端部电缆的 MMCX 插槽。适配器的另一端（适配器外）有一个中心引脚插槽和四个通用（屏蔽）插槽。适配器上的凹槽可用于定位屏蔽插槽。安装这些适配器的步骤相同，主要区别在于电路板引脚的间距。

要将适配器安装到方形引脚，请将适配器的中心与电路板的信号源引脚对齐。使用适配器上的凹槽将其中一个屏蔽插槽与电路板的通用引脚对齐。下图为对齐电路板适配器的示例。

为实现最佳电气性能，特别是 CMRR 性能和 EMI 敏感性，请使探头端部适配器尽可能靠近电路板。

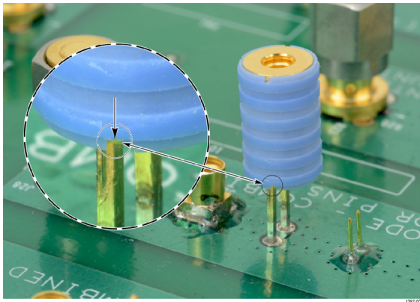


图3: 对齐 MMCX 到 0.1 英寸（2.54 毫米）适配器与电路板

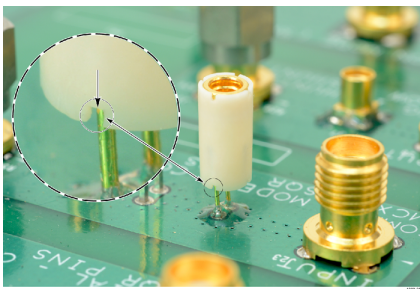


图4: 对齐 MMCX 到 0.062 英寸（1.57 毫米）适配器与电路板

对齐适配器后，请轻轻按下适配器，使其固定到电路板的合适位置。

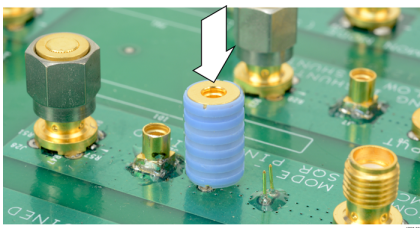


图5: 将 MMCX 到 0.1 英寸（2.54 毫米）适配器按入合适位置

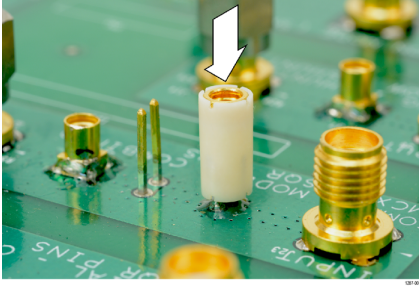


图6: 将 MMCX 到 0.062 英寸 (1.57 毫米) 适配器按入合适位置

将方形引脚安装到电路板

下图和表格显示将适配器连接到电路板方形引脚时的建议间隙要求。适配器的底部显示在上面。

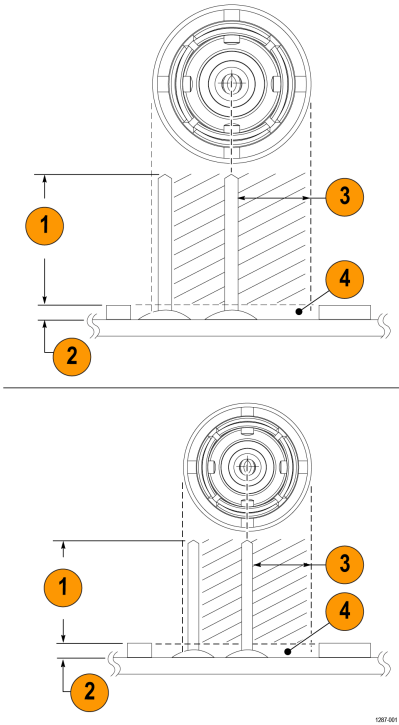


图7: 适配器间隙要求

图注	探头端部适配器, MMCX 到 0.1 英寸点距方针 0.635 毫米 (0.025 英寸) 方针	探头端部适配器, MMCX 到 0.062 英寸点距方针 0.406 毫米 (0.016 英寸) 方针
1	推荐的最大针长 6.00 毫米 (0.235 英寸)	推荐的最大针长 4.40 毫米 (0.170 英寸)
2	尽量减少适配器和电路板之间的空间	
3	禁用区域 (每个适配器的直径)	
4	在禁用区域内避免或尽可能减少组件的使用	

0.025 英寸 (0.635 毫米) 方形引脚应已经放置在电路板上。某些方形引脚的头部可能已安装在电路板上。Tektronix 建议移除方形引脚的塑料垫片以使其更接近于电路板 (如下图所示), 从而获得最佳电气性能, 特别是 CMRR。您可能需要用一对镊子来移除垫片 (如图所示)。

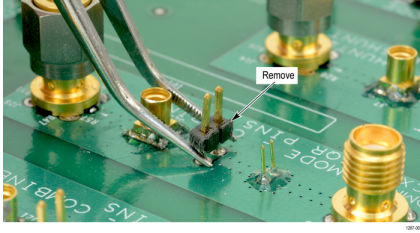


图8: 移除电路板上方形引脚的头部

Tektronix 提供一组可安装到电路板上的焊接引脚（0.018 英寸（0.46 毫米）直径），可搭配 MMCX 到 0.062 英寸（1.57 毫米）适配器使用。使用焊接辅助件工具附件（Tektronix 部件号 003-1946-xx）将这些针安装到电路板上。

焊接针非常小，可能很难操作。将这些引脚安装到电路板时，Tektronix 建议使用镊子和放大工具。

焊接引脚可安装到电路板的表面安装组件，但应保留足够的间隙，以便为适配器提供良好的电气连接。图7 on page 27



注: 探头端部和端部适配器的同轴（通用）屏蔽应始终连接到测试电路（与探头端部电缆/中心导体关联）的最低阻抗点（通常为电路通用或电源导轨），以获取最准确的波形。

请按照以下步骤使用焊接辅助件将焊接引脚安装到电路板上：

1. 将焊接引脚小心插入焊接辅助件中，如下图所示。

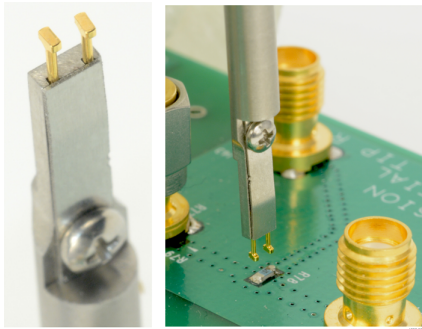


图9: 使用焊接辅助件将方形引脚安装到电路板上

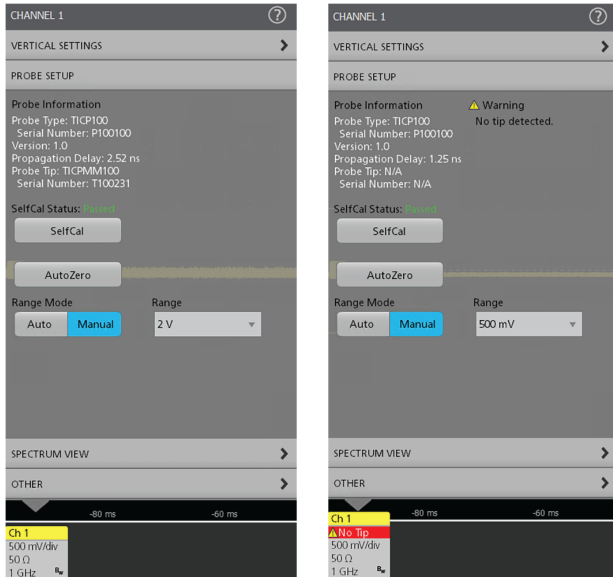
2. 使用焊接辅助件将方形引脚放置在合适的位置，并将方形引脚焊接到电路板上。
3. 如有必要，请使用少量的粘合剂进一步增强与电路板的连接。但是，请保持最低的粘合剂高度，以便为适配器提供良好的电气接触。图7 on page 27

探头设置菜单

使用探头设置菜单查看探头信息、执行自行校准 (SelfCal)、执行自动归零、更改量程模式并配置量程。

要访问示波器上的探头设置菜单，请双击设置栏上相应的模拟通道标记，然后点击**探头设置**。

如果在未连接探头端部的情况下将探头连接到示波器，则会收到一条警告信息。下图显示有端部警告和没有端部警告的菜单。



自行校准

自行校准 (SelfCal) 功能可修整增益精度和直流偏置。这些参数随着探头预热至工作温度而变化，并在温度达到稳态后保持恒定。

在**探头设置**菜单中勾选**自行校准状态**。状态显示自行校准**已通过**、**失败**或是否**建议**运行自行校准。

要远程检查自行校准状态，请使用 `SELF CAL: STATE? PI` 命令，确定自行校准是建议、正在运行还是已通过。

建议在环境温度变化 10°C 或状态为**建议**时再次运行自行校准。要运行自行校准使用，请执行以下步骤：

1. 点击与连接探头的通道相对应的通道标记。
2. 在通道菜单中，展开**探头设置**选项卡。
3. 点击**自行校准**按钮。

要远程运行自行校准，请使用 `CH<x>: PROBE: SELF CAL EXECUTE PI` 命令。连接的通道由 "x" 指定。



注：为获得最佳效果，请在探头连接到断电的 DUT 时运行自行校准。

使用 10 mV/div 或更小的垂直刻度时，应在仍连接探头端部且探头端部无信号的情况下运行探头自行校准。此外，对于 TICPSMA 和 TICPMX1X 端部，建议在自行校准期间将具有代表性的驱动阻抗（断电的 DUT）连接到探头端部。

在垂直刻度较高的情况下，或在 TICPSMA 或 TICPMX1X 端部由极低阻抗（分流器电阻 $\leq 5\ \Omega$ ）驱动的特殊情况下，可采用另一种方法，即断开探头头部与端部的连接，以确保在自行校准期间不产生信号。

TICP 系列探头的预热时间为 5 分钟，完成自行校准的时间不到 2 分钟。**自行校准状态**将变为**已通过**或**失败**。

自动调零

自动调零和自行校准功能适用于测量系统的不同部分。自行校准功能通过调整探头参数来优化测量。自动调零是当波形未正确居中显示时（例如，由于小的直流偏移误差）所使用的示波器功能。执行自行校准后系统自动运行自动调零。

运行自动调零之前，必须关闭 DUT 电源或断开探头与 DUT 的连接。

自动量程

量程模式可选择**自动**或**手动**。在将“量程模式”设置为**自动**时，旋转示波器上的 V/div 旋钮时，会自动选择探头量程。探头量程和 V/div 设置间的关系与“量程”和 4/5/6 系列 MSO 伏/格设置表中所的示关系相匹配。

量程

该测量系统具有多种量程供您选择，探头可以带端部或不带端部使用。这使得能够根据所进行测量的需要在噪声和动态范围之间进行权衡。



警告: 为避免损坏探头，请勿超过给定端部或探头头部的峰值电压额定值。更改探头量程后，最大无损电压限制（峰值电压）不会增加。

在**量程模式**设置为**手动**时，在 4、5 和 6 系列 MSO 仪器中可以选择量程。有关推荐 V/div 设置，如下表所示。显示的量程适用于探头 SMA 输入和 1X 端部。将量程和 V/div 设置乘以端部衰减，可获得探头端部的值。

表 1: 量程和 4/5/6 系列 MSO V/div 设置

4/5/6 系列 MSO 探头量程	推荐的 V/div 设置
20 mV	2 mV/div
30 mV	5 mV/div
45 mV	5 mV/div
65 mV	10 mV/div
90 mV	10 mV/div
125 mV	20 mV/div
175 mV	20 mV/div
250 mV	20 mV/div
350 mV	50 mV/div
500 mV	100 mV/div

使用端部时，各探头端部的标签均显示最大动态范围和衰减系数。选择更敏感范围后，动态范围受限。请参考技术规格表中的线性差分输入电压范围了解更多信息。

选择探头端部



警告: 通过选择正确的探头端部，可避免过压条件导致探头头部输入终端损坏或性能降低。选择正确的探头端部衰减系数对于确保探头头部输入终端不会因过压条件而劣化或损坏至关重要。请选择将为测量信号提供可能的最低衰减的探头端部。

为特定应用选择探头端部时，请考虑以下问题：

- 被测测试点（例如，在故障条件下）的最大 RMS/峰值电压是多少？

- 电路可容忍的最低单端输入电阻是多少？
- 要在示波器上一次显示多大的信号？
- 需要的敏感度（例如，最低 V/div 设置）是多少？

下表将帮助您选择合适的探头端部。请从表格上部开始并向下浏览。选择满足您所有标准的第一个端部。

表 2: 探头端部选择

探头端部	最敏感 V/div 设置	动态范围	最大无损电压（直流 + 交流峰值）	单端输入电阻
TICPSMA	1 mV	±0.5 V	±3 V	50 Ω
TICPMM1	1 mV	±0.5 V	±3 V	50 Ω
TICPMM10	10 mV	±5V	±15 V	500 Ω
TICPMM100	100 mV	±50 V	±60 V	5000 Ω

如需获取最大无损电压，请参见 [Maximum differential input voltage vs frequency derating graphs](#)。

相差校正

各探头均带有额定传播延迟值，该值可通过示波器上的 **Vertical**（垂直）菜单自动应用。使用已知信号和相差校正夹具可以提高相差校正精度。如果波形之间的时序关系至关重要，请始终使用已知设备对您的测试系统进行相差校正。

输入偏置

测量系统提供可调整的参照输入偏置电压。

这使得能够查看屏幕外的部分信号或在较大差分电压下查看敏感行为。例如，0 V 至 0.6 V 的步进通常会超过 ±0.5 V 的输入范围。通过应用 250 mV 的偏置，600 mV 的步进将被带入探头的动态范围，且可以准确查看。偏置通过探头应用。

电压范围

探头设计用于在有共模电压的情况下对广泛差分电压的高频电路进行特性分析。理解本节中讨论的电压额定值之间的限制和差异对于优化信号保真度和测量精度至关重要。

尽管探头的共模电压范围非常大 (1000 V CATII)，但差分输入范围有限并取决于端部衰减、所选增益范围和所应用的偏置。

输入电压条件分为几个不同的输入范围。

共模电压范围

由于探头头部与接地端隔离，因此共模输入范围 1000 V CATII。差分输入范围受到更大限制，并且指的是可施加在探头端部上的信号，而不管共模电压如何。

差分电压范围是指使用 IsoVu™ 时出现在示波器屏幕上的实际测量值。为获得准确结果，测量值必须在任何施加的端部偏置 $\pm V_{diff}$ 范围内。 $V_{meas} = V_{offset} \pm V_{diff}$

偏置电压范围

可通过 **Vertical**（垂直）菜单设置施加偏置电压。探头的输入偏置能力范围为 $\pm 0.5\text{ V}$ 至 $\pm 50\text{ V}$ ，具体取决于使用的端部。此偏置施加在探头头部，可用于传递在探头动态范围 (V_{diff}) 内施加的信号。

最大无损差分电压范围

最大无损差分输入范围是指可以施加到输入而不会损坏探头的最大差分电压。这是直流 + 峰值交流额定值（差分输入信号的任何部分均不得超过此值）。最大无损差分电压的范围是 $\pm 3\text{ V}$ 至 $\pm 60\text{ V}$ ，具体取决于所使用的探头端部。超过这些水平会导致探头头部件永久性损坏。

技术规格

本章包含仪器的技术规格。除非注明为保证值，否则所有技术规格均为典型值。典型技术规格是为了方便用户而提供的，不是保证值。标有 ✓ 符号的技术规格为保证值，在性能验证中经过核查。

除另行指明外，所有技术规格均为典型规格并适用于所有型号。

要满足技术规格，首先必须满足以下条件：

- 仪器必须在本手册中指定的环境限制条件内工作。
- 仪器必须在指定的工作温度范围内连续运行了至少 5 分钟。
- 测量系统通过兼容 TekVPI 的示波器供电。

保证技术规格说明了在容限内或特定测试类型要求下保证达到的性能。

探头和端部概述

探头	TICP100	TICP050	TICP025
带宽	1 GHz	500 MHz	250 MHz
上升时间	400 ps	700 ps	1.4 ns
DC 增益精度	±1.5%		
最大共模电压	1800 V（用于污染度 1 的环境，瞬态电平不超过 5kV _{pk} ）		
	1300 V（污染度 2，瞬态电平不超过 5kV _{pk} 时的最大值）		
	600 V CAT III（污染度 2）		
	1000 V CAT II（污染度 2）		
RMS 噪声频谱密度	4.70 nV / √Hz（20 MHz 时 <21 μV _{RMS} ）		
探头电缆长度	2 米（78 英寸）		

输入电压范围和输入阻抗

差分输入电压范围+ 偏置范围将不会超过最大可测量输入电压。例如，在 TICPSMA 的 ±0.5 V 范围内，偏置限制在 ±0.15 V。在 TICP 系列探头的 ±0.125 V 范围内，具有完整的 ±0.5 V 偏置。

探头端部	差分输入电压范围	偏置范围	最大可测量输入电压 (V _{pk})	最大无损差分电压	输入阻抗
TICPSMA	±0.5 V	±0.5 V	0.65 V	±3 V; 3 V _{RMS}	50 Ω N.A.
TICPMM1	±0.5 V	±0.5 V	0.65 V	±3 V; 3 V _{RMS}	50 Ω N.A.
TICPMM10	±5 V	±5 V	6.5 V	±15 V; 15 V _{RMS}	500 Ω <3 pF
TICPMM100	±50 V	±50 V	50 V	±60 V; 60 V _{RMS}	5000 Ω <3 pF

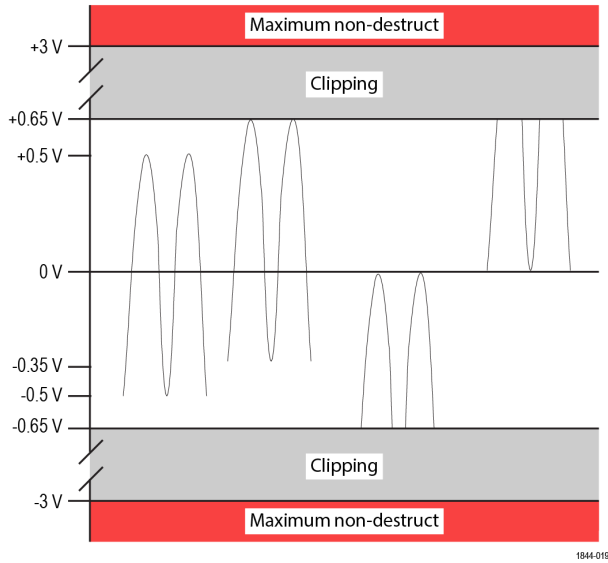


图10: 差分输入电压范围

本底噪声 (A RMS)

$$\text{Noise Floor (A RMS)} = \frac{4.70 \frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}} \times \sqrt{\text{Bandwidth}}}{R_{\text{shunt}}}$$

分流器选择	20 MHz	250 MHz	1 GHz
50 Ω TICP 作为分流器	420 nA	1.5 μA	3.0 μA
5 Ω 分流器	4.2 μA	14.9 μA	29.7 μA
1 Ω 分流器	21 μA	74.3 μA	149 μA
500 mΩ 分流器	42 μA	149 μA	297 μA
50 mΩ 分流器	420 μA	1.5 mA	3.0 mA
5 mΩ 分流器	4.2 mA	14.9 mA	29.7 mA
500 μΩ 分流器	42 mA	149 mA	297 mA
50 μΩ 分流器	420 mA	1.5 A	3.0 A
15 μΩ 分流器	1.4 A	5.0 A	9.9 A

最大测量电流

最大值取决于分流器的额定功率。

$$\text{Maximum Measurable Current (A)} = \frac{\text{Maximum Measurable Input } V_{pk}}{R_{\text{shunt}}}$$

分流器选择	TICPMM1	TICPSMA	TICPMM10	TICPMM100
50 Ω TICP 作为分流器	13 mA		-	-
5 Ω 分流器	130 mA		1.3 A	10 A
1 Ω 分流器	650 mA		6.5 A	50 A

续表

分流器选择	TICPMM1	TICPSMA	TICPMM10	TICPMM100
500 mΩ 分流器	1.3 A		13 A	100 A
50 mΩ 分流器	13 A		130 A	1.0 kA
5 mΩ 分流器	130 A		1.3 kA	10 kA
500 μΩ 分流器	1.3 kA		13 kA	100 kA
50 μΩ 分流器	13 kA		130 kA	1000 kA
15 μΩ 分流器	43.3 kA		433.3 kA	3300 kA

探头量程

以下数字适用于 TICPSMA 和 TICPMM1 端部。对于 10X 或 100X 端部，分别乘以 10 或 100。

输入范围	偏置范围	RMS 噪声频谱密度 (V_{RMS})	20 MHz 时的本底噪声 (V_{RMS})
±0.5 V	±0.15 V	22.9 nV / $\sqrt{\text{Hz}}$	102.5 μV_{RMS}
±0.35 V	±0.30 V	17.4 nV / $\sqrt{\text{Hz}}$	77.8 μV_{RMS}
±0.25 V	±0.40 V	15.0 nV / $\sqrt{\text{Hz}}$	67.2 μV_{RMS}
±0.175 V	±0.475 V	9.5 nV / $\sqrt{\text{Hz}}$	42.4 μV_{RMS}
±0.125 V	±0.5 V	8.7 nV / $\sqrt{\text{Hz}}$	38.9 μV_{RMS}
±0.09 V	±0.5 V	6.3 nV / $\sqrt{\text{Hz}}$	28.3 μV_{RMS}
±0.065 V	±0.5 V	5.5 nV / $\sqrt{\text{Hz}}$	24.7 μV_{RMS}
±0.045 V	±0.5 V	4.7 nV / $\sqrt{\text{Hz}}$	21.2 μV_{RMS}
±0.03 V	±0.5 V	4.7 nV / $\sqrt{\text{Hz}}$	21.2 μV_{RMS}
±0.02 V	±0.5 V	4.7 nV / $\sqrt{\text{Hz}}$	21.2 μV_{RMS}

共模抑制比 (CMRR)

探头端部	DC	1 MHz	100 MHz	250 MHz	500 MHz	1 GHz
TICPSMA	195 dB	90 dB	75 dB	50 dB	45 dB	35 dB
TICPMM1	140 dB	90 dB	80 dB	70 dB	70 dB	50 dB
TICPMM10	160 dB	70 dB	60 dB	60 dB	40 dB	20 dB
TICPMM100	145 dB	50 dB	45 dB	30 dB	20 dB	6 dB

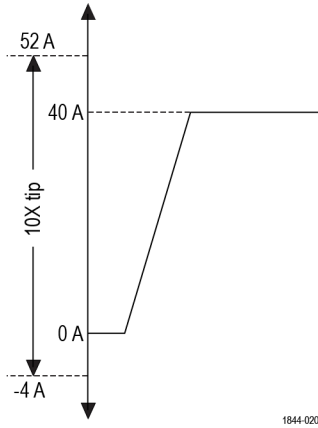
应用实例

宽禁带 (WBG) 和 PMIC 电源完整性的应用实例。

WBG 实例 (800V, 40 A 典型值; 0.125 Ω 分流器)

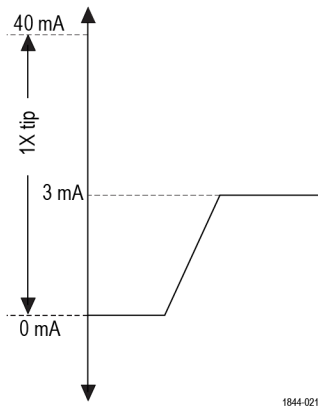
在 40 A 的 800 V SiC 电路交换中, 125 m Ω 分流器将产生 5 V 信号。要进行测量, 必须使用 TICP 和 10X 端部。在 ± 3.5 V 范围内应用 0.3 V 偏置。

可测量电流范围从 52 A 到 -4 A。在这些设置下, 250 MHz 带宽下 RMS 本底噪声为 2.2 mA RMS



PMIC 电源完整性 (48 V, 3 mA 典型值; 1 Ω 分流器)

在 48 V PMIC 总线上, 3 mA 待机电流将在 1 Ω 分流器上产生 3 mV 信号。在最敏感的 ± 20 mV 范围内使用 1X 端部, 应用偏置以查看 3 mA 电流并捕获 0 A 到 40 mA 的瞬态电流, RMS 本底噪声为 21.2 μ A



电气技术规格

模拟带宽

探头端部	带宽
TICPSMA	>1 GHz
TICPMM1	>1 GHz
TICMM10	>1 GHz
TICPMM100	>1 GHz

线性度

与最佳线的偏差 < 峰值 FS 的 $\pm 2\%$

线性回归的最大偏差，以指定动态范围的百分比表示。

输入阻抗

探头端部	输入电阻	输入电容
TICPMM1	50 $\pm 0.5\%$, 49.75 至 50.25	
TICMM10	500 $\pm 2\%$, 490 至 510	<3 pF
TICPMM100	5000 $\pm 2\%$, 4900 至 5100	<3 pF

隔离防护线阻抗（至接地） >120 M Ω , ~17 pF

偏置增益精度 $\pm 0.5\%$

偏置线性 $\pm 0.1\%$

工作电压输入范围 ± 0.65 V 最大差分

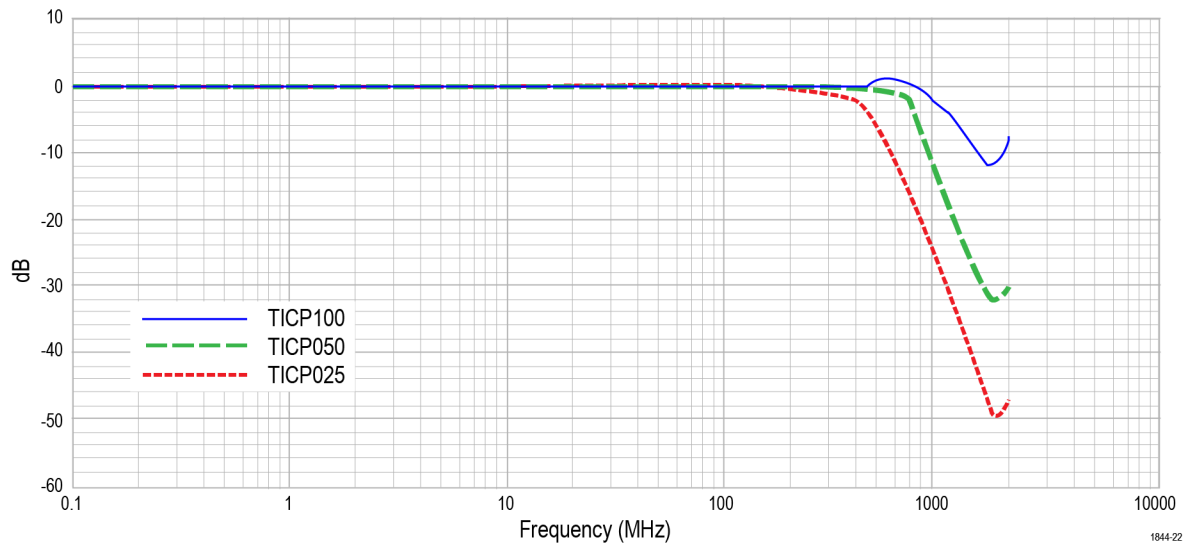
输入耦合 直流

DC 均衡 < 0.1 div

工作时随机振动 0.31 GRMS, 5-500 Hz, 每个轴 10 分钟, 3 个轴（总计 30 分钟）

频响图

下图显示每个探头的频响图。



法规合规性

EMC

符合欧盟 EMC 指令（带 CE 标志）

安全性

符合欧盟低电压指令（带 CE 标志）

符合 ANSI/UL61010-1（带 CSA 标志）

符合 ANSI/UL61010-2-030（带 CSA 标志）

通过 CAN/CSA C22.2 No.61010-1 认证（带 CSA 标志）

通过 CAN/CSA C22.2 No.61010-2-030 认证（带 CSA 标志）

RoHS

符合欧盟有害物质限制标准（带 CE 标志）

探头尺寸

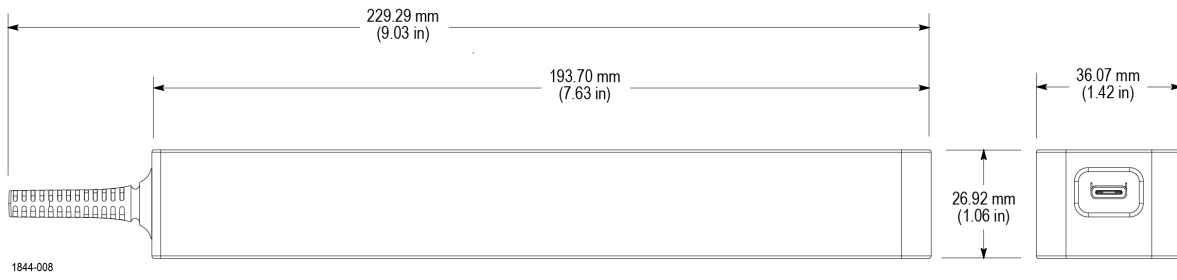


图11: 探头头部

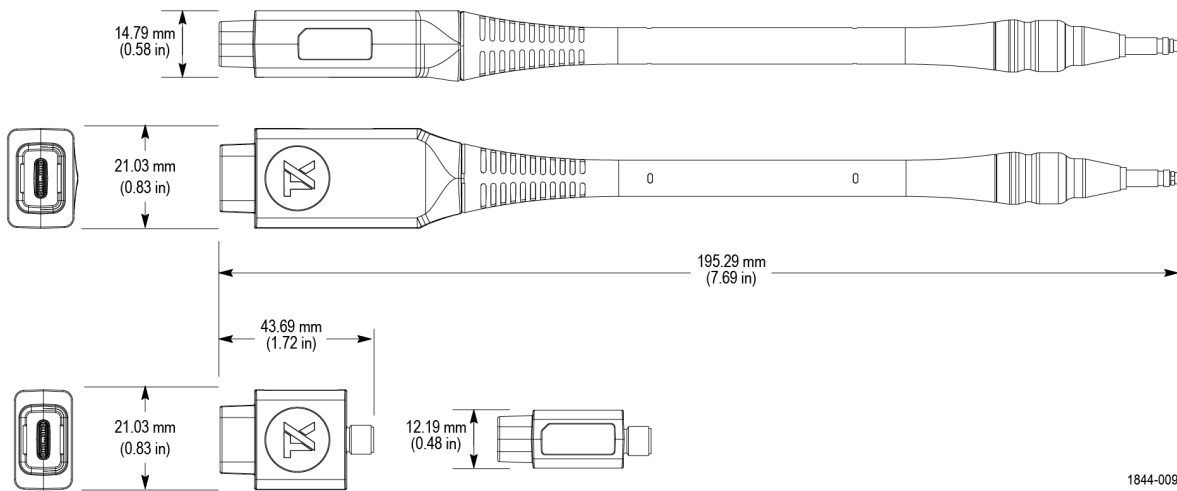


图12: 探头端部

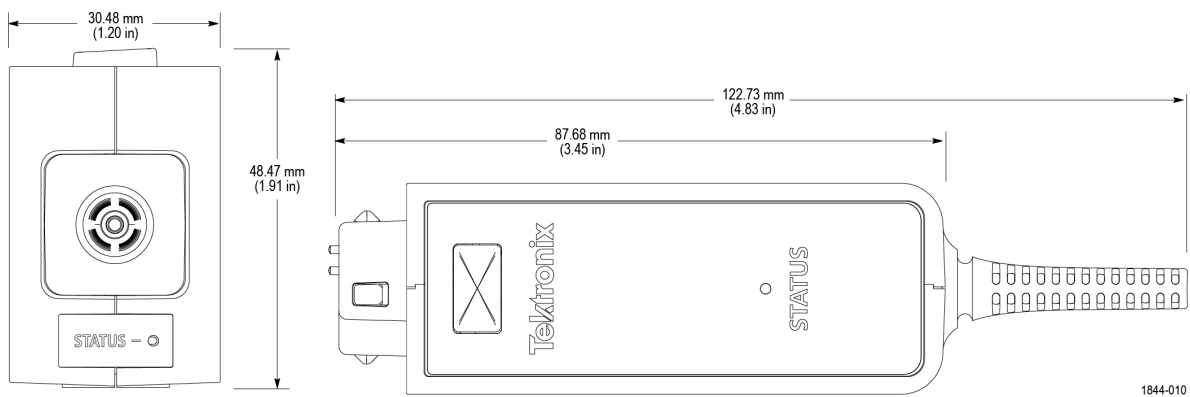


图13: 补偿盒

性能验证步骤

按照以下步骤来验证 IsoVu 测量系统的性能。在开始这些步骤前，请复印测试记录，用来记录性能结果。 [Test record](#)

所需设备

下表中列出执行性能验证步骤所需的设备。

表 3: 性能验证所需设备

说明	最低要求	示例产品
具有 TekVPI 接口的受支持示波器	50 Ω 输入支持，完全兼容 TekVPI 接口	Tektronix 5 系列 B MSO
直流电压源	3 mV 至 4 V， $\pm 0.1\%$ 精度	Fluke 9500B 示波器校准器带 Fluke 9500 有源头部
SMA 公头短路连接器帽（选配）	内部短路，镀铜触点	Fairview Microwave SC2135
数字万用表 (DMM)	0.1% 精度或更好	Tektronix DMM6500
一个 50 Ω 终端器	阻抗 50 Ω ；连接器：母头 BNC 输入、公头 BNC 输出	Tektronix 部件号 011-0049-XX
精度终端测试夹具		Tektronix 部件号 067-3281-XX
TekVPI 校准性能验证夹具		Tektronix 部件号 067-1701-XX

系统 RMS 噪声

此步骤可验证 TICP 系列探头是否正常工作，并符合保证的噪声规格。在最敏感范围内，在无输入信号的情况下测量噪声。

开始之前

1. 打开 TekVPI 示波器。
2. 将 TICP 探头连接到通道 1 上的示波器，并移除 TICP 探头端部（如果已连接）。
3. 让测试设备在 20°C (68 °F) 左右的环境温度下预热 30 分钟。

关于此任务

此步骤适用于 TICP 系列探头的所有版本。

过程

1. 点击文件 > 默认设置。
2. 运行信号路径补偿，如果在辅助功能 > 校准... 中推荐运行
3. 运行自行校准（[Self-calibration](#)）。
4. 将 TICPSMA 探头端部连接到 TICP 探头。
5. 将 SMA 短连接器帽连接到 TICPSMA。
6. 启用 TICP 通道并使用以下垂直菜单设置：
 - a) 垂直刻度：1 mV/div
7. 编辑触发菜单设置，如下所示：
 - a) 类型：边沿

- b) 源：交流线路
 - c) 斜率：上升
 - d) 电平：0 V
 - e) 耦合：DC
8. 编辑水平菜单设置，如下所示：
 - a) 水平标度：100 $\mu\text{s}/\text{div}$
 - b) 记录长度：6.25 M
 9. 编辑以下采集菜单设置：
 - a) 单次序列停止条件：1 次采集
 10. 添加测量，设置如下：
 - a) 幅度测量：AC RMS
 - b) 源：CH 1
 11. 按下**单次/序列**按钮执行测量。
 12. 将 AC RMS 测量结果记录在测试记录表中。

系统 RMS 噪声 测试记录

使用测试记录表记录系统 RMS 噪声性能验证步骤的结果。

表 4: 测试记录表

型号：	步骤执行人：
序列号：	日期：

探头	最大噪声	测量噪声
TICP025	75 μV_{rms}	
TICP050	125 μV_{rms}	
TICP100	155 μV_{rms}	

DC 增益精度

此步骤可验证 TICP 系列探头是否正常工作，并符合保证的 DC 增益精度。

开始之前

1. 打开 TekVPI 示波器。
2. 将 067-3281-XX 50 Ω 精度终端连接到 067-1701-XX 夹具的输出。
3. 使用 BNC 三通将 DMM 连接到 50 Ω 精度输出。
4. 将 BNC 电缆从 50 Ω 精度终端输出处的三通连接到任何其他示波器通道。验证通道是否处于 1 M Ω 模式和 200 mV/div。这仅用于适当接地。
5. 将 067-1701-XX 夹具连接到示波器的通道 1 中。
6. 将 TICP 系列探头连接到 067-1701-XX 夹具中。
7. 打开 Fluke 9500B 示波器校准器。
8. 将 Fluke 9530 有源头部连接到通道 1 上的 Fluke 9500B。
9. 让测试设备在 20°C (68 °F) 左右的环境温度下预热 30 分钟。

关于此任务

此步骤适用于 TICP 系列探头的所有版本。

过程

1. 点击文件 > 默认设置。
2. 运行信号路径补偿，如果在辅助功能 > 校准...中推荐运行
3. 运行自行校准 (Self-calibration)。
4. 将 TICPSMA 探头端部连接到 TICP 探头。
5. 将 TICPSMA 连接到 Fluke 9500 有源头部。
6. 启用 TICP 通道并使用以下垂直菜单设置：
 - a) 量程模式：手动
 - b) 量程：500 mV
 - c) 偏置：0 V
7. 在 Fluke 9500B 上，选择模式：手动波形，设置如下：
 - a) 选择波形：DC
 - b) 选择 400 mV/div
 - c) 输出打开
8. 按下单次/序列按钮执行测量。
9. 在表中记录精度 50 Ω 电阻器上的直流电压。
10. 按 Fluke 9500B 上的反相电压 (+/-) 按钮，向探头施加 -400 mV 电压，并在表中记录输出电压。
11. 对其余量程重复整个步骤，并在测试记录表中记录数值。

DC 增益精度 测试记录

使用测试记录表记录 DC 增益精度性能验证步骤的结果。

表 5: 测试记录表

型号:	步骤执行人:
序列号:	日期:

探头增益用输出变化除以输入变化得出。

$$\text{增益} = (\text{测量 1} - \text{测量 2}) / (\text{输入 1} - \text{输入 2})$$

量程	输入 1	输入 2	测量输出 1	测量输出 2	计算增益	增益上限	理想增益	增益下限
500 m	+0.400 V	-0.400 V				1.010	1.000	0.990
350 m	+0.280 V	-0.280 V				1.443	1.429	1.415
250 m	+0.200 V	-0.200 V				2.020	2.000	1.980
175 m	+0.140 V	-0.140 V				2.886	2.857	2.828
125 m	+0.100 V	-0.100 V				4.040	4.000	3.960
90 m	+0.072 V	-0.072 V				5.612	5.556	5.500
65 m	+0.052 V	-0.052 V				7.769	7.692	7.615
45 m	+0.036 V	-0.036 V				11.222	11.111	11.000
30 m	+0.024 V	-0.024 V				16.834	16.667	16.500
20 m	+0.016 V	-0.016 V				25.250	25.000	24.750

DC 均衡

此步骤可验证 TICP 系列探头是否正常工作，并在输入为零和偏置为零时符合保证的残余偏置。

开始之前

1. 打开 TekVPI 示波器。
2. 将 067-3281-XX 50 Ω 精度终端连接到 067-1701-XX 夹具的输出。
3. 使用 BNC 三通将 DMM 连接到 50 Ω 精度输出。
4. 将 BNC 电缆从 50 Ω 精度终端输出处的三通连接到任何其他示波器通道。验证通道是否处于 1 M Ω 模式和 200 mV/div。这仅用于适当接地。
5. 将 067-1701-XX 夹具连接到示波器的通道 1 中。
6. 将 TICP 系列探头连接到 067-1701-XX 夹具中。
7. 让测试设备在 20°C (68 °F) 左右的环境温度下预热 30 分钟。

关于此任务

此步骤适用于 TICP 系列探头的所有版本。

过程

1. 点击文件 > 默认设置。
2. 运行信号路径补偿，如果在辅助功能 > 校准...中推荐运行
3. 运行自行校准 (*Self-calibration*)。
4. 将 TICPSMA 探头端部连接至 TICP 探头。
5. 启用 TICP 通道并使用以下垂直菜单设置：
 - a) 量程模式：手动
 - b) 探头范围：500 mV
6. 按下单次/序列按钮执行测量。
 - a) 使用 DMM 测量精度 50 Ω 终端输出端的电压。
7. 对其余量程重复整个步骤，并在测试记录表中记录数值。

DC 均衡 测量记录

使用测试记录表记录 DC 均衡性能验证步骤的结果。

表 6: 测试记录表

型号:	步骤执行人:
序列号:	日期:

任何量程的残余输出都应小于 ± 10 mV。

量程	限值	测量值
500 mV	± 10 mV	
350 mV	± 10 mV	
250 mV	± 10 mV	
175 mV	± 10 mV	
125 mV	± 10 mV	
90 mV	± 10 mV	
65 mV	± 10 mV	
45 mV	± 10 mV	
30 mV	± 10 mV	
20 mV	± 10 mV	

偏置增益精度

此步骤可验证 TICP 系列探头是否正常工作，并符合保证的偏置增益精度。

开始之前

1. 打开 TekVPI 示波器。
2. 将 067-3281-XX 50 Ω 精度终端连接到 067-1701-XX 夹具的输出。
3. 使用 BNC 三通将 DMM 连接到 50 Ω 精度输出。
4. 将 BNC 电缆从 50 Ω 精度终端输出处的三通连接到任何其他示波器通道。验证通道是否处于 1 M Ω 模式和 200 mV/div。这仅用于适当接地。
5. 将 067-1701-XX 夹具连接到示波器的通道 1 中。
6. 将 TICP 系列探头连接到 067-1701-XX 夹具中。
7. 让测试设备在 20°C (68 °F) 左右的环境温度下预热 30 分钟。

关于此任务

此步骤适用于 TICP 系列探头的所有版本。

过程

1. 点击文件 > 默认设置。
2. 运行信号路径补偿，如果在辅助功能 > 校准...中推荐运行
3. 运行自行校准 (Self-calibration)。
4. 将 TICPSMA 探头端部连接至 TICP 探头。
5. 将 TICPSMA 连接至 Fluke 9500 有源头部。
6. 启用 TICP 通道并使用以下垂直菜单设置：
 - a) 量程：20 mV
 - b) 偏置：20 mV/div
7. 在 Fluke 9500B 上，选择模式：手动波形，设置如下：
 - a) 选择波形：DC
 - b) 选择 20 mV/div
 - c) 输出打开
8. 按下单次/序列按钮执行测量。
 - a) 将偏置与 DMM 测量值相加。
9. 用以下所有示波器偏置和 Fluke 输入电压设置重复整个步骤：0.25 V、0 V、-0.25 V 和 -0.5 V。

偏置增益精度测试记录

使用测试记录表记录偏置增益精度性能验证步骤的结果。

表 7: 测试记录表

型号：	步骤执行人：
序列号：	日期：

1. 将偏置电压和相应的测量平均值结果输入到 Excel 中。

2. 创建数据散点图，Y轴为偏置电压，X轴为平均电压。
3. 在图中添加趋势线，并选择显示公式。

数据的最佳拟合斜率应在 0.995 和 1.005 之间，以满足 1% 的精度要求。

量程	500 mV 测量	250 mV 测量	0 V 测量	-250 mV 测量	-500 mV 测量	极限	计算值
20 mV						$0.995 < x < 1.005$	

维护

隔离可能出现故障的信息以及维护探头的过程。

服务

Tektronix 的服务范围包括质保维修及其他服务，旨在满足您的特定服务需求。

泰克维修技术人员技艺纯熟，可为您的探头提供维修服务。根据您的位置，我们可在 Tektronix 服务中心提供服务或在您的机构进行现场维修。访问 tek.com/service 查看所有可用服务。访问 tek.com/warranty-status-search 查看您的保修状态。

清洁



警告: 为防止损坏测量系统，请勿将其暴露在喷雾、液体或溶剂中。在清洁外部时，避免将水分弄到补偿盒或传感器头部内部。

用干燥不脱绒的软布或软毛刷清洁外表面。如果仍有污垢，请用软布或棉签蘸 75% 的异丙基酒精溶液清洁。使用的清洁溶剂量足以蘸湿软布或棉签即可。不要对仪器的任何部分使用研磨剂。

保持连接器干净，使其保存完好。使用低压、清洁、干燥的压缩空气清除连接器上的任何碎屑。

故障排除和错误情况

下方描述了各 LED 的状态和使用探头进行测量时可能遇到的问题。请在联系 Tektronix 进行维修之前将此作为快速故障排除参考。

表 8: STATUS (状态) LED 说明

LED	状态	动作
绿色 (常亮)	正常操作	-
绿色 (闪烁)	大功率电源故障	尝试拔下并重新插入。检查探头/示波器接口。可能需要维修探头。
红色 (常亮)	探头应用故障	尝试拔下并重新插入。可能需要维修探头。
红色 (闪烁)	探头应用故障和大功率电源故障	尝试拔下并重新插入。检查探头/示波器接口。可能需要维修探头和/或示波器。
红色 (闪烁 •• -)	探头隔离侧无电源	尝试拔下并重新插入。可能需要维修探头。

表 9: 测量问题及可能的解决方案

问题	解决方案
信号中存在直流偏置	<ul style="list-style-type: none"> 运行自行校准 确保输入信号在所选端部的所选动态范围内

续表

问题	解决方案
方波边沿显示“平滑”、滚落或未补偿	<ul style="list-style-type: none"> 运行自行校准 确保示波器带宽过滤器设为全带宽 确保输入信号未使探头输入过驱动
测得的振幅小于预期	<ul style="list-style-type: none"> 输入信号可能超出范围 确保输入信号在所选探头端部的动态范围内 应用偏置使输入信号处于所选探头端部的动态范围内
直流测量误差	<ul style="list-style-type: none"> 运行自行校准 将记录长度设置为至少 200 μs（越长越好），
过于嘈杂，无法准确测量微弱的信号	<ul style="list-style-type: none"> 选择衰减较低的端部 将示波器垂直刻度设为较小值 手动选择较低范围以降低噪音
未检测到信号；波形为平线	<ul style="list-style-type: none"> 参考输入阻抗表，拆下端部并检查其导通性
探头头部间歇断电	<ul style="list-style-type: none"> 确保探头头部在其工作温度范围内 增加外部冷却装置；例如小型台式风扇
共模噪声太多	<ul style="list-style-type: none"> 尝试卸下测试点和探头端部间的所有附件、飞线或裸露的电线 使用带有 MMCX 测试点的 MMCX 端部，该测试点设计在电路板中或用作非计划测试点
未发现端部警告	<ul style="list-style-type: none"> 拆卸并重新安装端部

重新包装测量系统以进行运输

如需将测量系统返回 Tektronix 进行维修，请使用原始包装。如果该包装箱找不到或不适合使用，则可与您的 Tektronix 代表联系以获得新的包装箱。

将测量系统返回 Tektronix 时，请附上包含以下信息的标签：

- 产品所有者名称
- 所有者地址
- 仪器序列号
- 所遇到的问题和/或所需服务描述

远程编程

本部分介绍传感器头部连接到 Tektronix 示波器时可向其发送的命令和查询。长格式和短格式关键词以大/小写字母说明。大多数示波器均可支持命令和查询；支持示波器的差异（如有）将在命令中进行介绍。

有关其他信息，请参阅示波器程序员文档。

命令列表

大多数示波器均可支持命令和查询；支持示波器的差异（如有）将在命令中进行介绍。有关其他信息，请参阅示波器程序员文档。

CH<x>:PRObe?（仅查询）

此仅查询命令返回连接到指定通道的探头的所有相关信息。通道由 x 指定。

语法 CH<x>:PRObe?

示例 对于 10X 探头，CH2:PROBE? 可能返回 1.0000E-01; RESISTANCE 1.0000E+07; UNITS "V"; ID:TYPE "10X" SERNUMBER "N/A"，表示（除其他参数外）连接通道 2 的探头的衰减系数为 100.0 mV（假设探头单位设为伏特）。

CH<x>:PRObe:AUTOZero（无查询表单）

此命令会执行自动调零功能。该操作完全由示波器执行。通道由 x 指定。

请参考自行校准步骤了解执行自行校准的信息。[Self-calibration](#)

语法 CH<x>:PRObe:AUTOZero EXECute

变量 EXECute 将连接至指定通道的探头设置为 AutoZero（自动调零）。

示例 CH1:PROBE:AUTOZERO EXECUTE 将连接至通道 1 的探头设置为自动调零。

CH<x>:PRObe:FORCEDRange

该命令以 +/-V 选择探头的动态范围（9 个中的 1 个）。取决于所连接的探头端部。通道由 x 指定。仅当 CH<x>:PROBECONTROL 设为 MANUAL（手动）时，才能使用该命令。

表 10: 探头端部电缆及动态范围

探头端部电缆	动态范围 +/-V
无端部或 1X 端部	0.02 0.03 0.045 0.065 0.09 0.125 0.175 0.25 0.35 0.5
10X	0.2 0.3 0.45 0.65 0.9 1.25 1.75 2.5 3.5 5.0
100X	2 3 4.5 6.5 9 12.5 17.5 25 35 50

此查询以 +/-V 返回探头端部的动态范围。

语法	CH2:PRObe:FORCEDRange <NR3> CH2:PRObe:FORCEDRange?
变量	<NR3> 指定探头动态范围
示例	如果电流探头连接的是通道 1 输入端，则 CH1:PROBE:FORCEDRANGE 5.0 会将连接的探头设置为 5V 范围。 CH3:PROBE:FORCEDRANGE? 可能返回 5.0000，表示连接到通道 3 的探头范围设置为 5V。

CH<x>:PRObe:GAIN?（仅查询）

该命令返回当前所选范围的增益系数（与衰减相反）。通道由 x 指定。

语法	CH<x>:PRObe:GAIN?
示例	CH2:PROBE:GAIN? 可能返回 100.0000E-3，表示每向探头输入端施加 1.0V，所连接的 10X 探头向通道 2 BNC 传递 0.1V。

CH<x>:PRObe:ID?（仅查询）

此仅查询命令返回连接到指定通道的探头的类型和序列号。通道由 x 指定。

语法	CH<x>:PRObe:ID?
示例	CH2:PROBE:ID? 可能返回 "B010289"; "TICP100"，表示序列号为 B010289 的 TICP100 探头连接到通道 2。

CH<x>:PRObe:ID:SERnumber? (仅查询)

此仅查询命令返回连接到指定通道的探头的序列号。通道由 x 指定。



注: 对于电平 0 和电平 1 探头, 序列号将为“不适用”。

语法 CH<x>:PRObe:ID:SERnumber?

示例 CH1:PROBE:ID:SERNUMBER? 可能返回 "B010289", 表示连接到通道 1 的探头序列号为 B010289。

CH<x>:PRObe:ID:TYPe? (仅查询)

此仅查询命令返回连接到指定通道的探头的类型。通道由 x 指定。

语法 CH<x>:PRObe:ID:TYPe?

示例 CH1:PROBE:ID:TYPE? 可能返回 "TICP100", 表示 TICP100 探头连接到通道 1。

CH<x>:PRObe:SELFCal:State? (仅查询)

此仅查询命令返回 RECOMMENDED (推荐)、RUNNING (正在运行) 或 PASSED (已通过) 自行校准状态。通道由 x 指定。

语法 CH<x>:PRObe:SELFCal:State?

示例 CH1:PRObe:SELFCal:State? 可能返回 RUNNING (正在运行), 表示通道 1 探头当前正在运行自行校准。

CH<x>:PRObe:SELFCal

此仅查询命令在探头上启动自行校准。通道由 x 指定。

语法 CH<x>:PRObe:SELFCal EXECUTE

示例 CH1:PRObe:SELFCal EXECUTE 在通道 1 探头上运行自行校准。

CH<x>:PRObe:STATus? (仅查询)

此命令查询探头的无符号整数错误值。通道由 x 指定。

条件 需要支持相关错误消息的探头。

语法 CH<x>:PRObe:STATus?

返回 返回表示二进制错误位 B0–B15 总和的整数。错误位不显示; 其级联成整数值。以下是各个位的错误列表。

- B0 – 探头禁用
- B1 – 卡抓打开
- B2 – 超量程
- B3 – 探头温度超限
- B4 – 需消磁

- B5 – 探头端部丢失
- B6 – 探头端部失败
- B7 – 探头端部不受支持
- B8 – 需要或建议进行自行校准（查询将以十进制格式返回 256）
- B9 至 B15 – 预留

示例 CH4:PROBE:STATus? 可能返回 2，表示探头报告卡抓打开错误。

CH<x>:PRObe:UNIts? (仅查询)

此仅查询命令返回一个字符串，该字符串描述连接到指定通道的探头的测量单位。通道由 **x** 指定。

语法 CH<x>:PRObe:UNIts?

示例 CH4:PROBE:UNITS? 可能返回 "v"，表示连接到通道 4 的探头的测量单位为伏特。

CH<x>:PROBEControl

此命令设置或查询连接到通道 <x> 的探头的多范围探头范围控制策略首选项。通道号由 **x** 指定。

语法 CH<x>:PROBEControl {AUTO|MANual}

CH<x>:PROBEControl?

变量 AUTO 设置值。系统自动计算探头范围。

通过 MANual，您能够为连接到特定通道的探头选择各种有效值。

示例 CH2:PROBECONTROL AUTO 设置值且系统自动计算探头范围。

CH2:PROBECONTROL? 可能返回 MANUAL，表示您能够为连接到通道 2 的探头选择各种有效值。

CH<x>:PROBEFunc:EXTAtten

此命令用于将衰减值指定为指定通道上给定刻度系数的乘数。通道由 **x** 指定。

该命令的查询表单返回用户指定的衰减。

语法 CH<x>:PROBEFunc:EXTAtten <NR3>

CH<x>:PROBEFunc:EXTAtten?

变量 <NR3> 即衰减值，指定为 1.00E-10 到 1.00E+10 范围内的乘数。

示例 CH1:PROBEFUNC:EXTATTEN 167.00E-3 指定外部衰减，该衰减连接至您的输入信号和连接到通道 1 的探头输入端之间。

CH2:PROBEFUNC:EXTATTEN? 可能返回 1.0000E+00，表示连接到通道 2 的探头直接连接到用户信号。

CH<x>:PROBEFunc:EXTDBatten

该命令设置或查询信号和仪器输入通道之间的外部衰减或增益的输入输出比（以分贝为单位）。通道由 **x** 指定。

该命令的查询表单返回用户指定的衰减（以分贝为单位）。

语法 CH<x>:PROBEFunc:EXTDBatten <NR3>
CH<x>:PROBEFunc:EXTDBatten?

变量 <NR3> 即衰减值，指定范围为 -200.00 dB 到 200.00 dB。

示例 CH3:PROBEFUNC:EXTDBATTEN 2.5 指定通道 3 上的外部 2.5 dB 衰减器。
CH1:PROBEFUNC:EXTDBATTEN? 可能返回 2.5000E+00，表示通道 1 的衰减为 2.5 dB。

CH<x>:PROBEFunc:EXTUnits

此命令设置指定通道的外部衰减器测量单位。通道由 x 指定。使用备用单位（若启用）。使用 CH<x>:PROBEFunc:EXTUnits:STATE 命令以启用或禁用备用单位。

语法 CH<x>:PROBEFunc:EXTUnits <QString>
CH<x>:PROBEFunc:EXTUnits?

变量 <QString> 表示指定通道的衰减测量单位。

示例 CH4:PROBEFUNC:EXTUNITS "Pascals" 设置通道 4 外部衰减器的测量单位。
CH2:PROBEFUNC:EXTUNITS? 可能返回 "Pascals"，表示通道 2 外部衰减器的测量单位为帕斯卡。

CH<x>:PROBEFunc:EXTUnits:STATE

此命令设置或查询指定通道的自定义单位启用状态。通道由 x 指定。

语法 CH<x>:PROBEFunc:EXTUnits:STATE {ON|OFF|<NR1>}
CH<x>:PROBEFunc:EXTUnits:STATE?

变量 OFF 变量关闭外部单元。
ON 变量打开外部单元。
<NR1> = 0 关闭外部单元；任何其他值打开外部单元。

示例 CH2:PROBEFunc:EXTUnits:STATE ON 打开外部单元。
CH2:PROBEFunc:EXTUnits:STATE? 可能返回 0，表示指定通道的外部单元关闭。

CH<x>:PROBE:DYNAMICRANGE?（仅查询）

此命令查询连接到指定通道的探头的动态范围。通道由 x 指定。

语法 CH<x>:PROBE:DYNAMICRANGE?

返回 返回值是当前最小范围和最大范围间的差值，且有一定公差。也是探头范围指示器（如果当前显示）之间的差值。

示例

CH1:PROBE:DYNAMICRANGE? 可能返回 1.3056, 表示连接到通道 1 的探头动态范围设置为 1.3056 V。