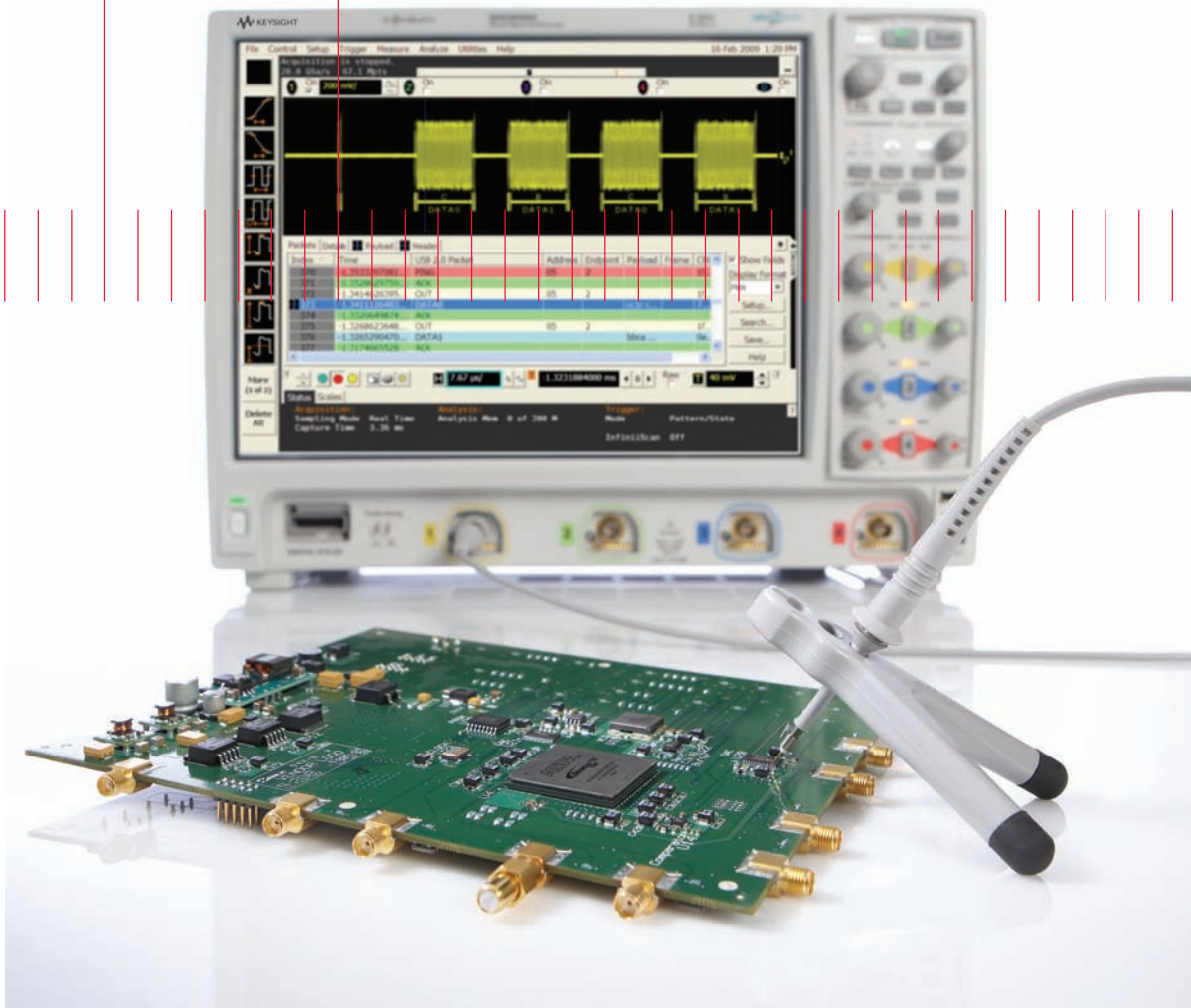


是德科技

为您的测量任务选择最佳的
无源和有源示波器探头

应用指南



序言

无源电压探头是当今最常用的示波器探头

要进行可靠的示波器测量，首先是为您的应用选择恰当的探头。虽然有许多不同类型的示波器探头可供选择，但它们基本上可以分为两大类：无源探头和有源探头。无源探头不需要外接示波器电源。有源探头需要外接示波器电源为探头中的有源器件（例如晶体管和放大器）供电，并提供比无源探头更高的带宽性能。每一大类都包括许多不同类型的探头，每种探头都有其最适合的用途。

无源探头

无源电压探头是目前最常用的示波器探头类型。它可以再分为两大类型：高阻抗输入探头和低阻抗电阻分压器探头。具有 10:1 分压比的高阻抗输入无源探头可能是目前最常用的探头。目前大部分中低档示波器在装运时都附带该探头。探针电阻通常为 $9\text{ M}\Omega$ ，当探头与示波器的 $1\text{ M}\Omega$ 输入端相连时，探针与示波器输入端的分压比（或衰减比）为 10:1。观察到的探针处的净输入电阻为 $10\text{ M}\Omega$ 。因此，示波器输入端电压是探针电压的十分之一，两者的关系可用下面的公式表示： $V_{\text{示波器}} = V_{\text{探头}} * (1\text{ M}\Omega / (9\text{ M}\Omega + 1\text{ M}\Omega))$

无源探头

与有源探头相比，无源探头更耐用，也更便宜。它们具有非常宽的动态范围（典型 10:1 探头的动态范围 $>300\text{ V}$ ）和高输入阻抗，可与示波器的输入阻抗相匹配。然而，高阻抗输入探头与有源探头或低阻抗（ Z_0 ）电阻器分压无源探头相比，会产生较大的电容负载，并具有较窄的带宽。

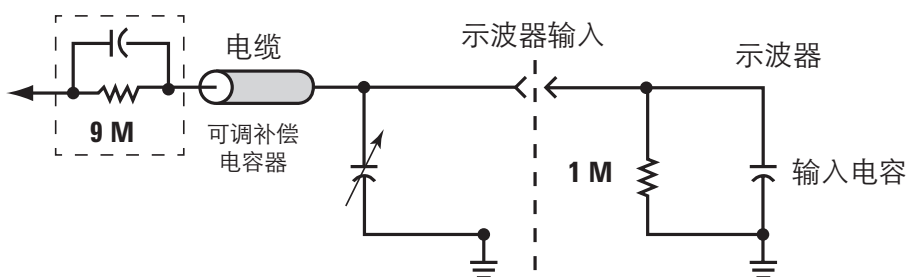


图 2. 高阻抗无源探头提供结实耐用、价格较低的通用探测与故障诊断解决方案。

低阻抗电阻器分压探头具有 $450\ \Omega$ 或 $950\ \Omega$ 输入电阻，与示波器的 $50\ \Omega$ 输入形成 10:1 或 20:1 的衰减比。输入电阻器之后是 $50\ \Omega$ 电缆，使用示波器的 $50\ \Omega$ 输入作为负载端接。切记，示波器必须具有 $50\ \Omega$ 输入，才能使用此类探头。这种探头的主要优势包括，电容负载小，带宽非常高——在几 GHz 的范围内——有助于进行高精度计时测量。此外，与类似带宽范围的有源探头相比，此探头的成本比有源探头低。您可以在以下应用中使用这种探头：探测电子电路逻辑（ECL）电路、微波器件或 $50\ \Omega$ 传输线路。唯一美中不足的是，这种探头有较大的电阻负载，可能影响信号的测量幅度。

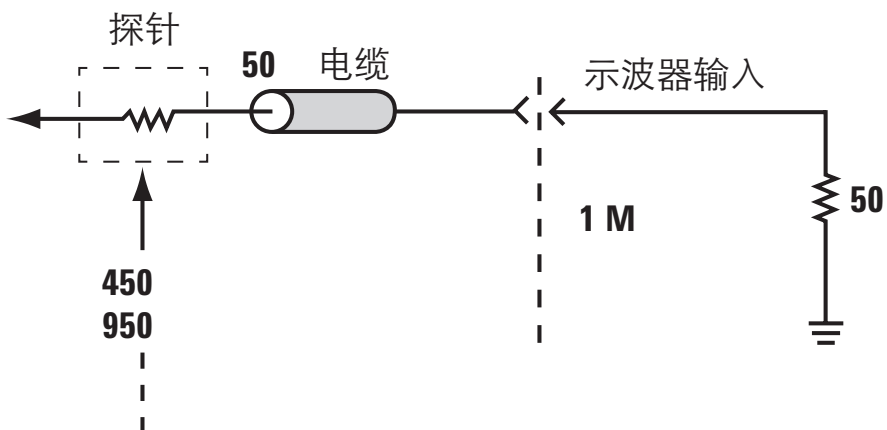


图 3. 低阻抗电阻器分压探头具有低电容负载和宽带宽。

有源探头

如果您的示波器带宽超过 500 MHz，可能或应该使用有源探头。虽然价格较高，但是当您需要高带宽性能时，有源探头还是您的最佳选择。有源探头比无源探头价格较高，并且其输入电压有限，但是由于它们的电容负载显著降低，因而能使您更深入地观察快速信号。

顾名思义，有源探头需要有探头电源。许多先进的有源探头使用智能探头接口，该接口可提供电力，以及充当兼容探头与示波器之间的通信链路。通常，探头接口能够识别连接的探头类型，并且按正确设置输入阻抗、衰减率、探头功率和偏置范围。

通常情况下，您会选择使用单端有源探头测量单端信号（以接地为参考的电压），使用差分有源探头测量差分信号（正电压与负电压之比）。差分探头中的信号连接之间的有效接地面比大部分单端探头中的接地连接更理想。这个接地面将探针接地有效地连接到被测件（DUT）接地，连接阻抗非常小。因此在测量单端信号时，差分探头可以获得比单端探头更精确的测量结果。Keysight InfiniiMax 1130A 系列探测系统使用专为手动点测、插座式连接或焊入式连接优化的可互换探头，只需通过一个探头放大器便可进行差分或单端探测。



图 4. 许多先进的有源探头使用智能探头接口，该接口可提供电力，以及充当兼容探头与示波器之间的通信链路。



图 5. InfiniiMax 探测系统提供多种单端和差分探头附件，可构成经济高效的单端和差分探测解决方案。

带宽考虑

更高带宽是有源探头相对于无源探头的明显优势。探头用户经常忽视的一个问题是连接到目标的效应，称为“连接带宽”。尽管特殊的有源探头可能具有非常出色的带宽技术指标，但是一般公布的性能都是在理想探测条件下实现的。在实际的探测条件下（可能需要使用探测附件连接探针），有源探头的性能可能要远远逊色于公布的性能。有源探测系统的实际性能主要是由“连接”系统决定。图 5 中，在 V_{Atn} 点左侧的寄生元器件是确定实际有源探测系统在高频应用中的性能的驱动因素。

例如，Keysight N2796A 2 GHz 单端有源探头通过探针和 2 厘米长的偏置接地，提供 2 GHz 带宽。使用这种最佳设置，您可以获得 2 GHz 探头带宽。如果拆除探针和接地连接，改用 10 厘米双引线适配器，则探头带宽下降到 1 GHz。再将其他夹具连接到双引线适配器，则探头带宽进一步下降到 500 MHz。由此可见，此处的诀窍在于更短的输入引线提高了探头性能。

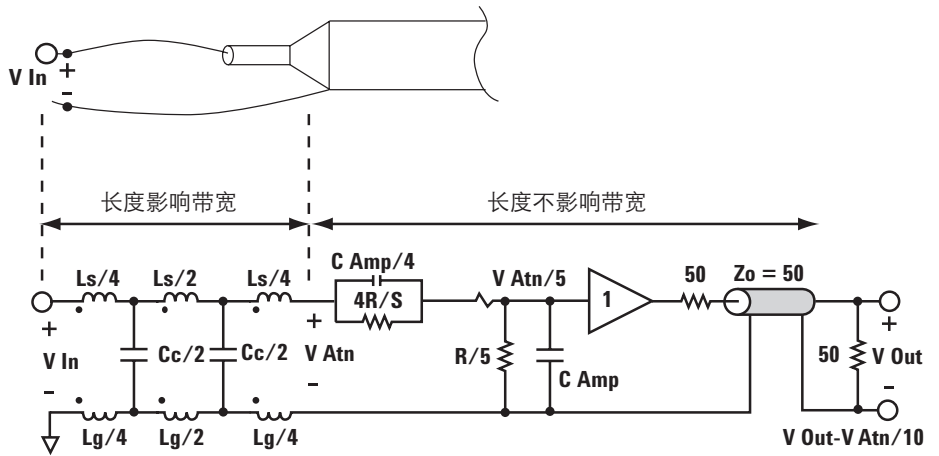
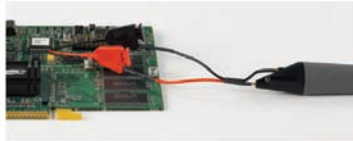


图 6. 在 V_{Atn} 点左侧的寄生元器件是确定实际有源探测系统在高频应用中的性能的驱动因素。

使用更短引线时，带宽更好，达到 1 GHz



使用短引线时，带宽良好，达到 500 MHz



使用最短引线时，带宽最好，达到 2 GHz



图 7. 使用的引线越短，您将实现的探头带宽就越高。

探头负载效应

现在我们来讨论探头的输入阻抗和输入负载。许多人以为探头输入阻抗是一个常数。您可能听说过，探头具有 $k\Omega$ 、 $M\Omega$ 甚至 $10 M\Omega$ 级的输入阻抗，但是输入阻抗不是在任何频率上都是恒定的。输入阻抗会随着频率的增加而下降。

在直流和低频范围内，探头的输入阻抗最初等于额定输入阻抗（如果是 10:1 无源探头，输入阻抗即为 $10 M\Omega$ ），但是随着频率的增加，探头的输入电容开始变成短路，探头的阻抗开始降低。输入电容越高，阻抗下降趋势越明显。

图 8 显示了 500 MHz 无源探头与 2 GHz 有源探头的比较。您将会看到，在 ~ 10 kHz 交点及其之后，有源探头的输入阻抗比无源探头高。输入阻抗更高，意味着对目标信号施加的负载越小，负载越小即意味着对信号的影响越小或损害越小。

在图中大约 70 MHz 带宽处，无源探头的输入阻抗降低到 $\sim 150 \Omega$ ，而有源探头的输入阻抗为 $\sim 2.5 k\Omega$ 。两者的差异相当大。例如，如果您的系统的信号源阻抗为 50Ω 或 100Ω ，那么由于探头负载的原因，无源探头对信号的影响要比有源探头大得多。

在该频率范围内，连接无源探头就相当于在您的电路中加入了一个 150Ω 电阻器。如果您可以容忍的话，可以继续使用无源探头。如果您不能容忍的话，再使用无源探头就会产生问题，最好选择使用在高频范围内具有更高阻抗的探头，例如有源探头。

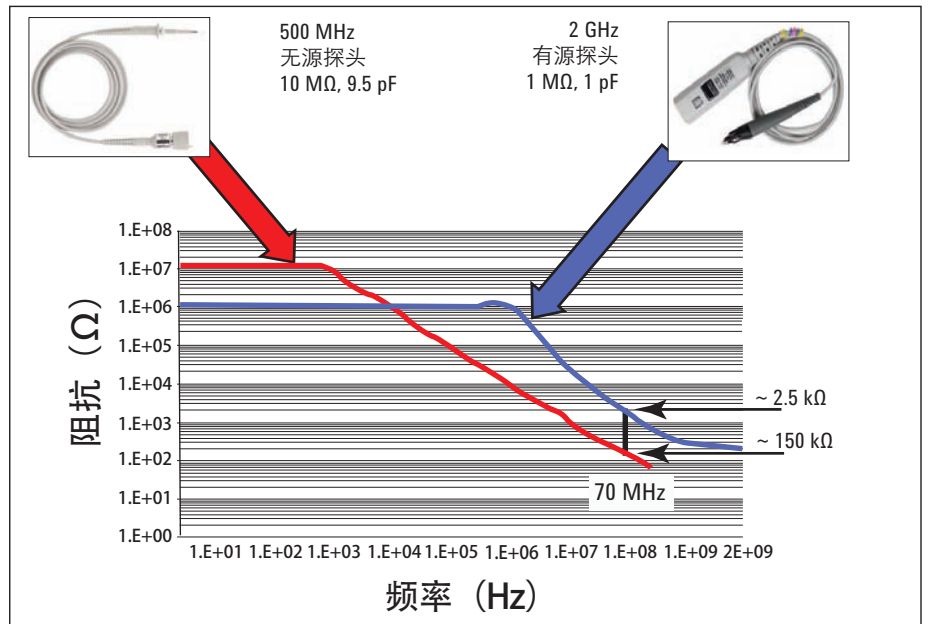


图 8. 在 ~ 10 kHz 交点及其之后，有源探头的输入阻抗比无源探头高。

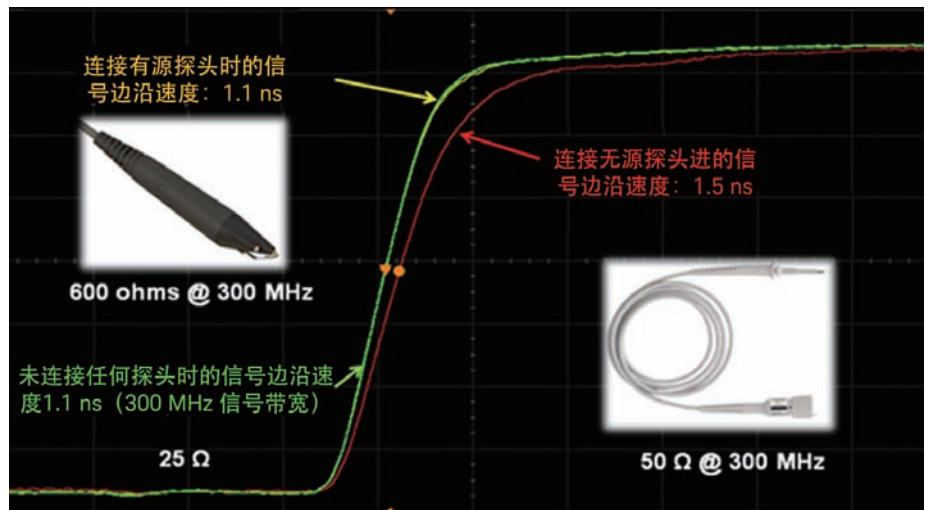


图 9. 使用 2 GHz 有源探头（黄色迹线）和 500 MHz 无源探头（红色迹线）测得的信号边沿速度。

上面的图 9 显示了使用两种不同的探头测量实际信号的实例。绿色迹线显示在未连接任何探头时，信号边沿速度为 $1.1 ns$ 。它表示该信号的带宽为 $300 MHz (=0.35/1.1 ns)$ 。当连接 2 GHz 有源探头测量这个 $1.1 ns$ 信号时，示波器显示黄色迹线位于绿色迹线之下，您甚至无法分辨原始信号与探头所测量的信号的区别。显然，有源探头不会使目标信号发生较大的失真。

如果您连接 500 MHz 无源探头测量相同信号，现在测得目标信号的边沿速度为 $1.5 ns$ 。无源探头实际上会破坏目标信号，使其速度变慢。

结论

用户在为示波器应用选择适当的测量工具时，往往忽视了探头。许多工程师在选择示波器时首先关注需要的带宽、采样率和通道数，其次考虑如何将信号输入示波器。但是要进行可靠的示波器测量，首先应考虑为您的应用选择适当的探头以及如何正确地使用探头。

对于一般的探测和故障诊断来说，无源探头是一个妥当的选择；但是在高频应用中，有源探头可以为您提供更精确的高速信号测量结果。虽然市场上许多有源探头标有极其卓越的带宽技术指标，但是请记住，有源探头的实际性能主要是由您如何将其连接到目标决定的。一条简单的经验证明，如果您希望进行高保真度测量，输入引线越短越好。



是德科技示波器

从 20 MHz 到 > 90 GHz 的多种型号 | 业界领先的技术指标 | 功能强大的应用软件

myKeysight

myKeysight

www.keysight.com/find/mykeysight

个性化视图为您提供最适合自己的信息！



www.axistandard.org

AdvancedTCA® Extensions for Instrumentation and Test (AXIe) 是基于 AdvancedTCA 标准的一种开放标准，将 AdvancedTCA 标准扩展到通用测试半导体测试领域。是德科技是 AXIe 联盟的创始成员。



www.lxistandard.org

局域网扩展仪器 (LXI) 将以太网和 Web 网络的强大优势引入测试系统中。是德科技是 LXI 联盟的创始成员。



www.pxisa.org

PCI 扩展仪器 (PXI) 模块化仪器提供坚固耐用、基于 PC 的高性能测量与自动化系统。



3 年保修

是德科技卓越的产品可靠性和广泛的 3 年保修服务完美结合，从另一途径帮助您实现业务目标：增强测量信心、降低拥有成本、增强操作方便性。

是德科技保证方案



www.keysight.com/find/AssurancePlans

5 年的周密保护以及持续的巨大预算投入，可确保您的仪器符合规范要求，精确的测量让您可以继续高枕无忧。

www.keysight.com/go/quality

是德科技公司

DEKRA 认证 ISO 9001:2008

质量管理体系



是德科技渠道合作伙伴

www.keysight.com/find/channelpartners

黄金搭档：是德科技的专业测量技术和丰富产品与渠道合作伙伴的便捷 供货渠道完美结合。

如欲获得是德科技的产品、应用和服务信息，请与是德科技联系。如欲获得完整的产品列表，请访问：www.keysight.com/find/contactus

是德科技客户服务热线

热线电话: 800-810-0189、400-810-0189
热线传真: 800-820-2816、400-820-3863
电子邮件: tm_asia@keysight.com

是德科技 (中国) 有限公司

北京市朝阳区望京北路 3 号是德科技大厦
电话: 86 010 64396888
传真: 86 010 64390156
邮编: 100102

是德科技 (成都) 有限公司

成都市高新区南部园区天府四街 116 号
电话: 86 28 83108888
传真: 86 28 85330931
邮编: 610041

是德科技香港有限公司

香港北角电器道 169 号康宏汇 25 楼
电话: 852 31977777
传真: 852 25069233

上海分公司

上海市虹口区四川北路 1350 号
利通广场 19 楼
电话: 86 21 26102888
传真: 86 21 26102688
邮编: 200080

深圳分公司

深圳市福田区福华一路 6 号
免税商务大厦裙楼东 3 层 3B-8 单元
电话: 86 755 83079588
传真: 86 755 82763181
邮编: 518048

广州分公司

广州市天河区黄埔大道西 76 号
富力盈隆广场 1307 室
电话: 86 20 38390680
传真: 86 20 38390712
邮编: 510623

西安办事处

西安市碑林区南关正街 88 号
长安国际大厦 D 座 501
电话: 86 29 88861357
传真: 86 29 88861355
邮编: 710068

南京办事处

南京市鼓楼区汉中路 2 号
金陵饭店亚太商务楼 8 层
电话: 86 25 66102588
传真: 86 25 66102641
邮编: 210005

苏州办事处

苏州市工业园区苏华路一号
世纪金融大厦 1611 室
电话: 86 512 62532023
传真: 86 512 62887307
邮编: 215021

武汉办事处

武汉市武昌区中南路 99 号
武汉保利广场 18 楼 A 座
电话: 86 27 87119188
传真: 86 27 87119177
邮编: 430071

上海MSD办事处

上海市虹口区欧阳路 196 号
26 号楼一楼 J+H 单元
电话: 86 21 26102888
传真: 86 21 26102688
邮编: 200083



本文中的产品指标和说明可不经通知而更改

© Keysight Technologies, 2011 - 2014

Published in USA, August 1, 2014

出版号: 5990-8576CHCN

www.keysight.com