

揭开探测的神秘面纱

示波器探测需要避免的 七大常见错误



引言

了解常见的探测错误以及如何避免这些错误，这将帮助您更好地进行测量。

在理想情况下，所有探头都应该是一条不会对被测设备产生任何干扰的导线，当连接到您的电路时，具有无穷大的输入电阻，而电容和电感为零。这样将会精确复制被测信号。但现实情况是，探头会给电路带来负载效应。探头上的电阻、电容和电感元件可能改变被测电路的响应。

每个电路都不尽相同，它们有自己的电气特性。因此，每次探测设备时，都需要考虑探头的特性并选择对测量影响最小的探头。考虑的范围包括从示波器输入端通过电缆到被测设备上特定连接点的完整连接，也包括用于连接到测试点的任何附件或附加导线和焊接。

了解您在测试中可能遇到的错误，以及如何通过更好的操作改进您的测量。

探头的电气特性会影响测量结果和电路的工作。采取措施确保这些影响在可接受的范围内，是成功测量的关键步骤。



目录

示波器探测需要避免的七大常见错误



没有校准探头

没有经过校准的探头会导致结果失真。了解如何快速校准和补偿探头。

[转至错误 1 >](#)



增加探头负载效应

所有探头都会在某种程度上对电路产生负载效应。阅读如何尽量减少这一效应。

[转至错误 2 >](#)



没有充分利用您的差分探头

差分探头可以进行与单端有源探头相同的测量，但效果更好！了解如何充分利用差分探头。

[转至错误 3 >](#)



选择了错误的电流探头

对于不同的应用和设计，电流波动可能差别很大。了解哪些探头可用于您的测量。

[转至错误 4 >](#)



在纹波和噪声测量期间会错误地处理直流偏置

隔绝直流内容会隐藏信号中的重要信息。了解电源探头如何使您能够同时查看直流偏置和交流特性的细节。

[转至错误 5 >](#)



未知的带宽限制

探头和示波器组成了一个探测系统。了解系统中最薄弱的环节对您可以测量的最大带宽有何影响。

[转至错误 6 >](#)



被掩盖的噪声影响

探头的衰减比对您的测量既有利也有弊。了解如何为您的应用选择正确的衰减。

[转至错误 7 >](#)



错误 1

没有校准探头



错误 1 没有校准探头

探头在交付给您之前已进行过校准，但它们没有针对示波器前端进行校准。如果它们未在示波器输入端上进行校准，那么就无法得到测量结果。

有源探头

如果您的有源探头没有针对示波器进行校准，您将看到垂直电压测量结果和上升沿时序（以及可能的一些失真）出现差异。大多数示波器具有参考或辅助输出功能，还配有指南来引导您完成探头校准。

图 1 显示了通道 1（黄色迹线）上的 SMA 电缆和适配器输入到示波器的 50 MHz 信号。绿色迹线是通过通道 2 上的有源探头输入到示波器的同一信号。请注意，通道 1 上的发生器输出为 1.04 V_{pp}（伏特峰峰值），通道 2 上探测到的信号为 965 mV（毫伏）。另外，通道 1 与通道 2 的偏移高达 3 ms（毫秒），所以上升时间根本不能排成一行。



图 1：发生器输出和探测到的信号。



如果我们校准这个探头，结果将大为改善。您可以在图 2 中看到经过适当幅度和偏移校准后的结果。幅度现在改善为 972 mVpp，偏移得到了纠正，两个上升时间保持一致。



图 2：经过幅度和偏移校准后。

将探头校准到与示波器保持一致，**以获得被测信号最准确的表示。**

无源探头

可以调节探头的可变电容，使补偿与正在使用的示波器输入完美匹配。大多数示波器都有可以用于校准或参考的方波输出。探测这个连接，检查波形是否为方形。根据需要调整可变电容，以消除所有下冲或过冲。

技巧：示波器可能有调节探头补偿的功能，您也可以手动更改。

了解详情



了解如何补偿探头



校准



错误 2

增加探头负载效应

错误 2 增加探头负载效应

只要将探头连接到示波器并将它与您的设备接触，探头就会成为电路的一部分。探头对您的设备施加的电阻、电容和电感负载效应会影响您在示波器屏幕上看到的信号。这些负载效应可能会改变被测电路的工作状态。了解这些负载效应，有助于您避免为特定的电路或系统选择错误探头。探头具有电阻、电容和电感特性，如图 3 所示。

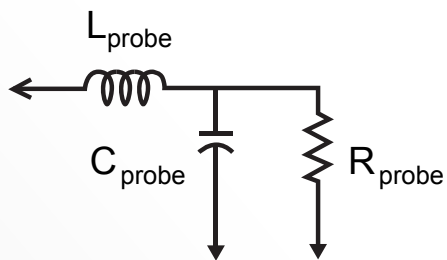


图 3：探头的基本电路。

为了接触到周围环境过于狭小的探测点，可能需要想方设法添加长引线或电线。但是，为探头添加附件或探针会降低带宽、增加负载效应，进而导致频率响应不再平坦。



通常，探针的输入线或引线越长，带宽减小得就越大。较窄带宽的测量可能不会受到太大影响，但在进行较宽带宽的测量时，特别是在 1 GHz 以上时，需要谨慎选择使用的探针和附件。随着探头带宽降低，您将失去测量快速上升时间的能力。图 4 演示了随着附件长度的增加，示波器显示的上升时间是如何变慢的。为了进行最准确的测量，最好使用尽量短的探针。

使用尽量短的引线来保持探头的带宽和精度。

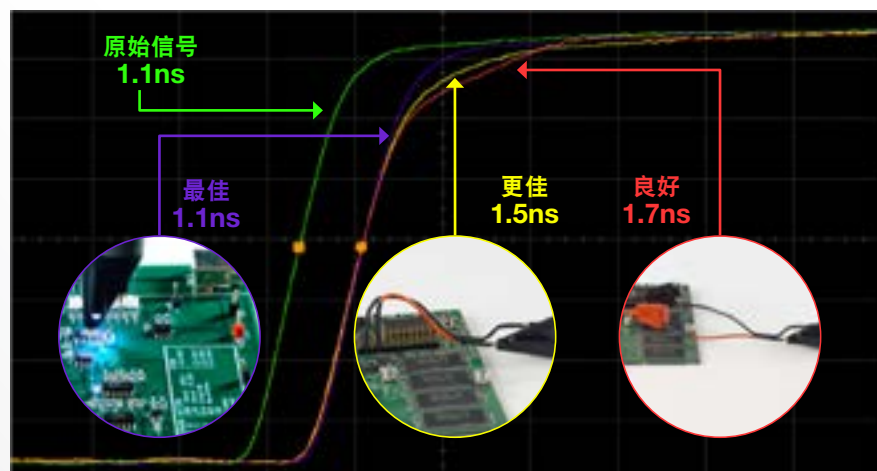


图 4：不同的探头引线长度对应的探头负载效应。



负载

另外，最好要使用较短的接地引线，因为它们越长，引入的电感就越多。保持接地线尽量短并尽量靠近系统接地点，以便确保可重复和准确的测量。

技巧：如果必须在探针上添加导线才能接触到难以到达的探测点，那么最好为探针添加一个电阻，以减弱所添加的导线引起的谐振。添加长引线时，您可能无法解决带宽限制问题，但可以将频率响应变平坦。为了确定将要使用的电阻大小，可以探测一个已知方波，例如示波器上提供的参考方波。如果电阻设置正确，您将会看到一个干净的方波（除了其带宽可能受限之外）。如果信号发生振铃，请增加电阻的大小。单端探头只需要在探针处增加一个电阻。如果您使用的是差分探头，请为每根引线添加一个电阻。

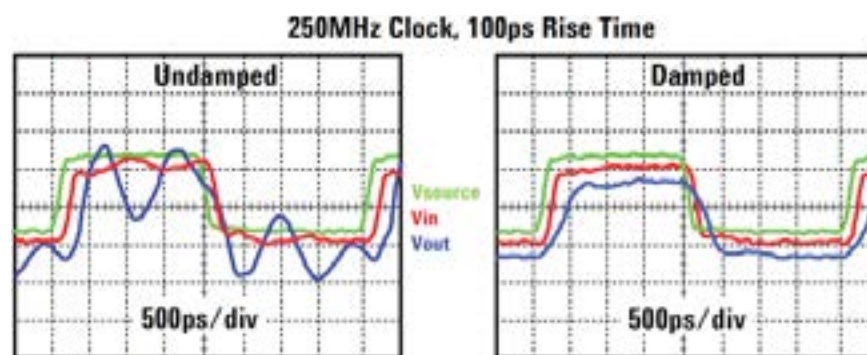


图 5：在探针上增加一个电阻，可以克服长探头连接所引起的谐振，减少振铃和过冲。但是，它不能解决由于添加引线导致的带宽限制。

使用电阻抑制因长探头引线导致的峰值。

了解详情



了解关于探头负载效应的更多信息。



负载



错误 3

没有充分利用您的 差分探头

错误 3

没有充分利用您的差分探头

许多人认为只有在探测差分信号时才使用差分探头。您是否知道，在探测单端信号时，也可以使用差分探头？这将为您节省大量时间和金钱，并提高测量的准确性。最大限度地利用差分探头，获得尽量最好的信号保真度。

差分探头可以进行与单端探头相同的测量，并且由于差分探头在两个输入端上有共模抑制，所以差分测量结果的噪声大为减少。这使您可以看到被测设备信号的更好表示，而不会被探测所增加的随机噪声误导。

请看下一页图 6 中的蓝色单端测量信号和图 7 中的红色差分测量信号。蓝色的单端测量结果与红色的差分测量结果相比，噪声要多得多，因为单端探头缺少共模校正功能。



差分探头



图 6：单端测量



图 7：差分测量

差分探头可以执行与单端探头相同类型的测量，但共模抑制功能使其噪声明显降低。

了解详情



视频：选择单端还是差分探头？



差分探头



错误 4

选择了错误的电流探头

错误 4 选择了错误的 电流探头

大电流和小电流测量需要捕获的细节并不相同。您需要知道为应用选择哪种电流探头更合适，以及使用错误的探头可能会遇到哪些麻烦。

大电流测量：

如果使用钳形探头测量大电流（10A - 3000A），那么您的设备必须足够小，使钳形探头能够夹住它。如果设备太大使得钳形探头无法夹住，那么工程师可能会想办法在探头钳夹上添加额外的导线，但这会改变被测设备的特性。更好的办法是使用合适的工具。

最好的解决方案是使用具有柔性回路探头前端的大电流探头。您可以将该柔性回路缠绕到任何设备上。这种探头叫做 Rogowski 线圈。它可以让您在不添加未知特性元器件的情况下探测设备，使测量结果保持高度的信号完整性。它们还使您能够测量从 mA 级到数百 kA 的大电流。请注意，它们只测量交流电流，所以直流分量将被隔离。它们的灵敏度也低于某些电流探头。这对于大电流测量来说通常不是问题。但是在测量小电流时，灵敏度和查看直流分量的能力就变得很重要。请记住，对一种测量有效的方式并不一定适用于另一种测量。



图 8：缠绕到元器件上的 Rogowski 探针。

**使用适合被测设备的大电流
探头。**



小电流测量

如果测量电池供电设备的电流，则动态范围会有很大差异。如果电池供电设备处于空闲状态或仅处理少量后台任务，其电流峰值会很小。当设备切换到更为活跃的状态时，电流峰值会大幅提高。使用垂直标度较大的示波器设置，您可以测量大信号，但小电流信号将被测量噪声掩盖。另一方面，如果您使用较小的垂直标度设置，那么大信号会削波，您的测量结果也将失真并失效。

选择的电流探头应该不仅能够测量从 μA 到 A 的宽量程，还可以使用多个放大器同时查看大小电流偏差。探头中的两个可变增益放大器允许您设置放大视图以查看小电流波动，还可以缩小视图以同时查看大电流尖峰（参见图 9）。

使用具有足够灵敏度和动态范围的小电流探头来捕捉信号的所有方面内容和细节。

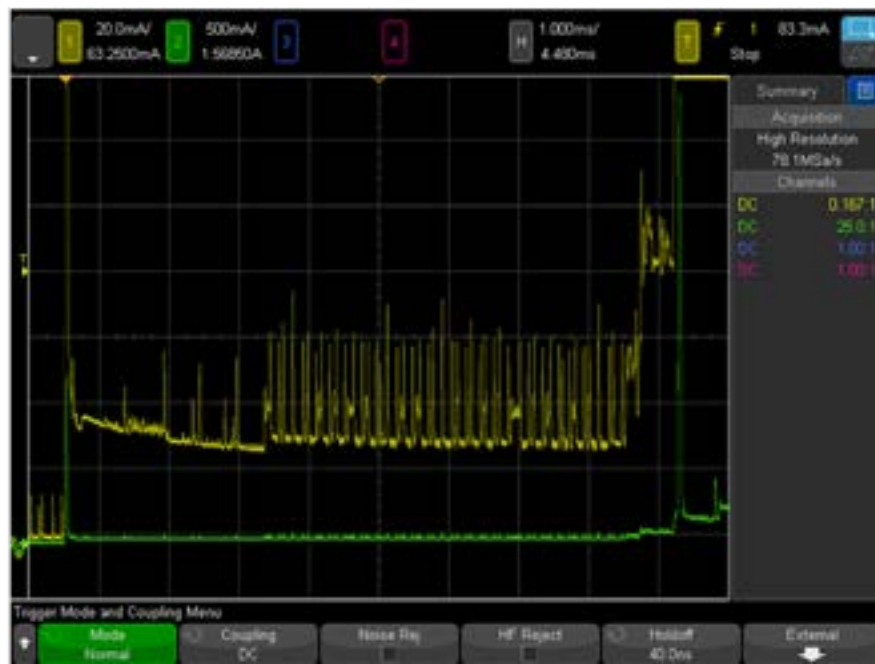


图 9：配有两个可变增益放大器的电流探头让您一次同时查看大小电流偏差。本例中展示的是 Keysight N2820A/21A 高灵敏度电流探头。

了解详情



视频： [如何使用示波器测量电流？](#)



博客文章： [如何在示波器上测量电流：小电流探测](#)
博客文章： [应该选择哪种电流探头？](#)



电流探头



错误 5

在纹波和噪声测量期间会 错误地处理直流偏置

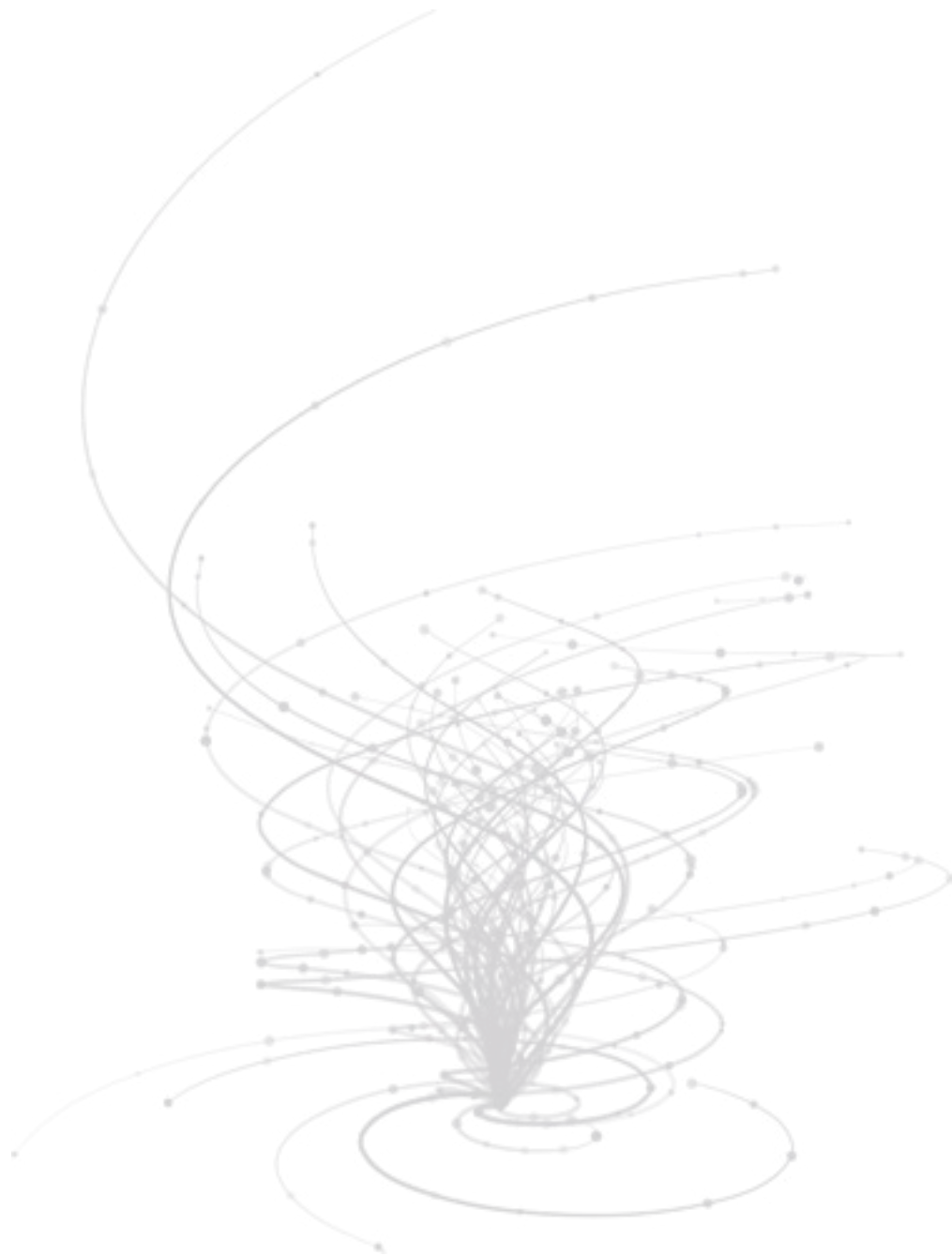
错误 5

在纹波和噪声测量期间会错误地处理直流偏置

直流电源上的纹波和噪声是由较大直流信号上的小交流信号形成的。当直流偏置较大时，您可能需要在示波器上使用较大的每格电压设置才能在屏幕上显示信号。与小交流信号相比，这样做会降低测量的灵敏度并增加噪声。这意味着您无法获得信号交流部分的准确表示。

如果使用隔直流电容器来解决这个问题，那么将不可避免地阻隔部分低频交流内容，使您无法观察到信号在经过设备上的元器件时发生的变化。

使用具有较大偏置功能的电源探头，可以将波形置于屏幕中间，而无需移除直流偏置。这样可以让整个波形都显示在屏幕上，同时保持垂直标度较小且处于放大状态。通过这些设置，您可以查看瞬态、纹波和噪声的细节。

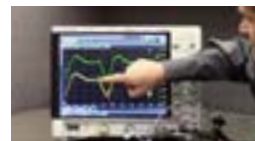


直流偏置



使用具有较大偏置功能的电源探头，
可以不用消除信号的直流部分，便能
查看瞬态、纹波和噪声的细节。

了解详情



视频： 电源完整性测量：
使用 N7020A 电源探头



应用指南： 开始使用是德科技产品，在您的直流电压源上进行更好的噪声和纹波测量

应用简介： 测量直流电压线和电源上的纹波和噪声



直流偏置



错误 6

未知的带宽限制

错误 6 未知的带宽限制

在进行重要测量时，务必选择具有足够带宽的探头。带宽不足会使信号失真，使您很难做出明智的工程测试或设计决定。

普遍接受的带宽计算公式为：评测从 10% 到 90% 的上升沿时，带宽乘以上升时间等于 0.35。

$$BW \times T_R = 0.35$$

值得注意的是，您的整个系统带宽也是需要考虑的重要因素。探头和示波器的带宽都要考虑，从而确定系统带宽。计算系统带宽的公式如下所示。

$$\text{系统带宽} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{\text{示波器带宽}^2} + \frac{1}{\text{探头带宽}^2}}}$$

例如，假设您的示波器和探头带宽均为 500 MHz。使用上面的公式可知，系统带宽将为 353 MHz。您可以看到，与探头和示波器的两个单独带宽相比，系统带宽大大降低。

现在，如果探头带宽仅为 300 MHz，示波器带宽仍为 500 MHz，那么应用上述公式，系统带宽进一步降至 257 MHz。

探头和示波器组成了一个“系统”，对带宽的整体影响比它们单独的影响都要大。

了解详情



博客文章： [验证探头带宽的简单方法](#)

博客文章： [如何自己测量示波器（和探头）的带宽](#)





错误 7

被掩盖的噪声影响

错误 7 被掩盖的噪声影响

探头和示波器的噪声可能会导致被测设备的噪声显得更大。为您的应用选择具有合适衰减比的探头，将会减小探头和示波器所添加的噪声。因此，您就能够获得更准确的信号，更清晰地查看被测设备的情况。

有一种方法可以简单地估算探头噪声大小，这就是从探头的技术资料或手册中检索该探头的衰减比和探头噪声电平。

许多探头制造商将探头噪声描述为等效输入噪声（EIN），并以 V_{rms} 为单位表示。较高的衰减比使您可以测量较大的信号，但缺点是示波器将检测到这些比率并同时放大信号及其噪声。为了了解这一效应的实际结果，图 10 中的绿色迹线显示了使用 10:1 探头放大后的噪声。

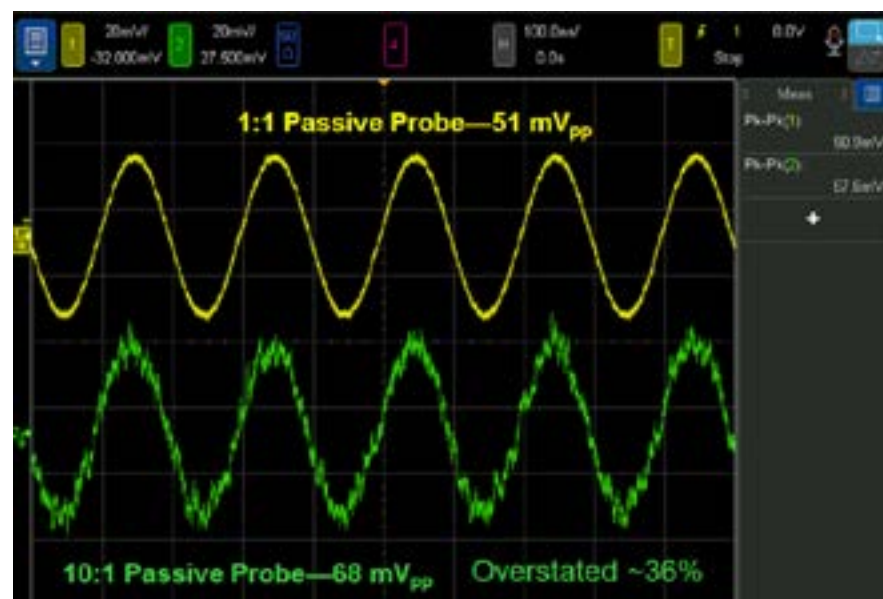


图 10：使用 1:1 和 10:1 探头测得的 50 mVp-p 正弦波。

了解详情



视频： 噪声基础知识



应用指南： 评测示波器信号完整性

应用指南： 8 大技巧帮助您更好地进行示波器探测



被隐藏的噪声

产品信息

是德科技探测解决方案：

通过各种在线工具为您的应用寻找理想的探测解决方案。无论您需要进行无源、有源、差分、电流还是高压探测，是德科技都可以提供适合的探测技术。是德科技探头始终提供出色的信号适应性，并在多个行业应用中展现出卓越的测量精度。

- 通过 [《示波器探头和附件选型指南》](#)，找到适合您的是德科技示波器探头。
- 下载是德科技 [探头资源中心 \(PRC\)](#) 应用程序，轻松访问是德科技示波器探头手册、技术资料、SPICE 模型和应用指南等丰富资源。
- 访问我们的网站，了解所有是德科技 [示波器探头和附件](#)。



了解详情

每个电路和测试环境都各不相同。在一个环境中有效的探头，在另一个环境中不一定仍有效。在有些使用场景中，使用附件是可以接受的。但在其他场景中，只有采用与被测设备最简单、最短的连接，才能实现成功测量。有些变通的测量方法对测试结果的影响相对较小。因此，您必须了解在每个测试场景中，使用何种工具和技术可以得到准确的测试结果。

了解这些常见的探测错误可以帮助您为应用选择更合适的探测方法。

- 通过 [《揭开探测的神秘面纱》](#) 系列视频，获得切实有效的技巧
- 想要深入了解正确进行探测的经验？阅读博客文章 [《使用示波器进行快速准确的探测》](#)。
- 查看是德科技的 [探头和附件](#)



如欲了解最新的教程、技术和最佳实践，请访问 Keysight Bench Facebook 页面，收看是德科技实验室 YouTube 频道，以及在 Twitter 上关注是德科技示波器专家的动态。



本文中的信息可不经通知而更改。I 5992-2848CHCN © Keysight Technologies, 2018 Published in USA, July 5, 2018 | keysight.com
蓝牙® 和 蓝牙® 标识是美国 Bluetooth SIG 公司拥有的注册商标，并已经由该公司许可是德科技公司使用。