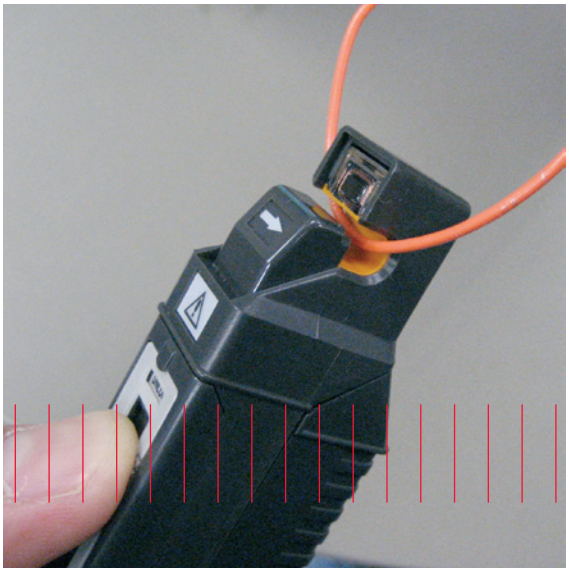
# 是德科技
# 使用示波器和电流探头测量小电流的技巧



应用指南

近年来，工程师在设计移动电话和其他电池供电的设备时通常都需要进行更灵敏的电流测量，以确保设备的电流消耗在可接受的范围之内。电流的测量过程非常麻烦，因为您不得不中断电路并将测量仪器与电路串联起来。使用钳式电流探头和示波器可以轻松实施电流测量，并且不必破坏电路。但是对于毫安级或更小的电流，其测量难度大大增加。本文介绍了几个非常实用的测量技巧，可以帮助您在示波器噪声较高的应用环境中精确测量小电流。

KEYSIGHT TECHNOLOGIES

# 示波器的噪声影响很重要

随着电流电平的下降，示波器本身具有的噪声将变成一个现实问题。所有示波器都有一个多余的特征——垂直噪声。当您测量低电平信号时，测量系统的噪声可能会导致实际信号测量的精度下降。由于示波器是一种宽带测量仪器，所以示波器的带宽越宽，垂直噪声就越高。因此在测量之前，您需要仔细测试示波器的噪声特征。500 MHz 带宽示波器采用最灵敏的 V/ 格 设置时，其本底噪声一般约为 2 mV 峰峰值。在进行低电平测量时，需要注意示波器上的采集存储器可能会影响本底噪声。在带宽和其他条件都相同的情况下，采集存储器越深，则噪声就越大。另一方面，现代交流 / 直流电流探头 ( 如 Keysight N2783A 100 MHz 电流探头 ) 能够测量 5 mA 的交流或直流电流，测量精度大约为 3%。这种电流探头的设计采用每安培电流输入，电压输出 0.1 V。换句话说，在测量 20 mA 以下的电流时，示波器自身的 2 mVpp 噪声可能是最主要的噪声来源。

那么，您如何才能最大程度地减少示波器的固有噪声呢？对于现代的数字示波器来说，可以选择的方法有很多：

## 1) 带宽限制滤波器

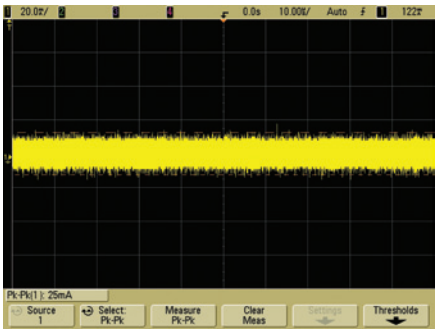
大多数数字示波器均提供带宽限制滤波器，这些滤波器能够滤除输入波形中的多余噪声并降低噪声带宽，从而可以提高垂直分辨率。带宽限制滤波器可以采用硬件实现，也可以采用软件来实现。大多数带宽限制滤波器都能根据您的需要来启用或禁用。

## 2) 高分辨率采集模式

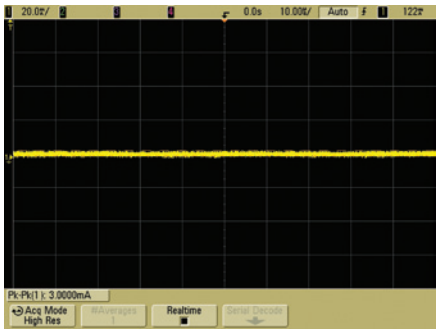
大多数数字示波器在正常采集模式下可以提供 8 位的垂直分辨率。某些示波器在高分辨率模式下能够提供更高的垂直分辨率，通常可达 12 位，该模式可以降低垂直噪声，提高垂直分辨率。通常，在应用了较慢的时间 / 格设置时，在屏幕上捕获到的数据点非常多，此时高分辨率模式具有很大的影响。由于高分辨率模式下的采集将对单个触发点相邻的数据点取平均值，所以会降低采样率和示波器的带宽。

## 3) 平均模式

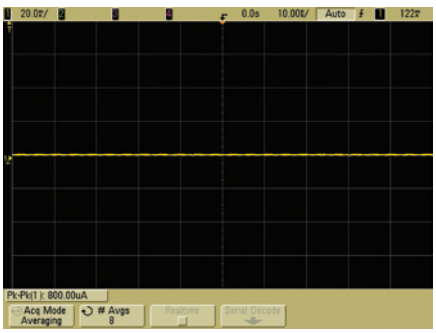
如果信号是周期性的或是直流信号，您可以使用平均模式来降低示波器的垂直噪声。平均模式会多次采集周期性波形，并生成运行平均值以降低随机噪声。高分辨率模式会降低信号的采样率和带宽，而正常平均模式却不会。不过，平均模式会减缓波形更新速率，因为它要进行多次采集来计算波形的平均值，然后才能在屏幕上画出轨迹。当您选择大量平均值时，降噪效果比以上任何一种方法都要明显。




500 MHz 正常模式 – 25 mApp 噪声




高分辨率模式 – 3 mApp 噪声




8 倍平均模式 – 800 µApp 噪声

图 1. 有很多方法可以降低示波器的固有垂直噪声。

# 提高电流探头测量精度和灵敏度

现在您已了解如何使用以上任何一种技术来降低示波器的垂直噪声，让我们再来看一下如何提高电流探头的精度和灵敏度。市场上的电流探头有很多种。其中使用最方便、性能最出色的一种是钳式交流 / 直流电流探头，您可以用它夹住载流导体来测量交流或直流电流。Keysight N2780A 系列或 1147B 电流探头就是这种探头的典型代表。

使用此类电流探头有两个很有用的技巧:

## 1. 消除磁性 ( 去磁 / 消磁 ) 和直流偏置

要确保精确地测量低电平电流，您需要对磁芯进行去磁以消除残余磁性。就像消除 CRT 显示器的多余磁场可以改善画质一样，您可以通过对电流探头进行消磁或去磁来消除任何剩余磁性。如果在探头核心被磁化的情况下进行测量，那么就会产生和剩余磁性成正比的偏置电压，从而诱发测量误差。. 无论您何时要接通 / 断开探头的电源开关或者对其输入过量电流时，去除探头磁核的磁性都非常重要。为执行探头去磁 / 消磁，可以将探头与所有导体断开，并确定探头闭锁，然后按下探头 DEMAG( 或 DEGAUSS) 按钮。

此外，您还可使用探头上的调零控制按钮来校正探头的多余电压偏置或温度漂移。

## 2. 提高探头灵敏度

电流探头可以测量流经探头钳口的电流所生成的磁场。它会生成与输入电流成正比的电压输出。如果您正在测量直流信号或小幅度的低频交流信号，可以通过在探头上缠绕多匝被测导体来提高测量灵敏度。此时信号的强度将按照被测导体在探头上缠绕的匝数倍增。例如，如果一个导体在探头上缠绕了 5 圈，而示波器显示的读数为 25 mA，那么实际的电流就是 25 mA 除以 5，即 5 mA。在本例中，您可以将电流探头的灵敏度提高 5 倍。

## 结论

使用钳式电流探头和示波器可以非常简便地测量电流，并且不必破坏电路。不过，当您在测量结果中引入示波器的宽带噪声时，示波器的垂直噪声可能会妨碍您进行精确的低电平电流测量。通过应用本文中介绍的一个或多个测量技巧，您可以消除示波器的随机噪声，以及电流探头的多余磁性或直流偏置，从而显著提高您的测量精度。

图 2. 通过消磁和直流偏置可以提高电流探头的精度

图 3. 通过在探头上缠绕多圈被测导体可以提高探头的灵敏度

myKeysight

www.keysight.com/find/mykeysight
个性化视图为您提供最适合自己的信息！

www.axiestandard.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

www.keysight.com/find/ThreeYearWarranty
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

Keysight Technologies, Inc.
DEKRA Certified ISO 9001:2008
Quality Management System

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。

本文原来称为应用指南 1599

**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, 2007 - 2014
Published in USA, July 31, 2014
出版号：5989-7529CHCN
www.keysight.com