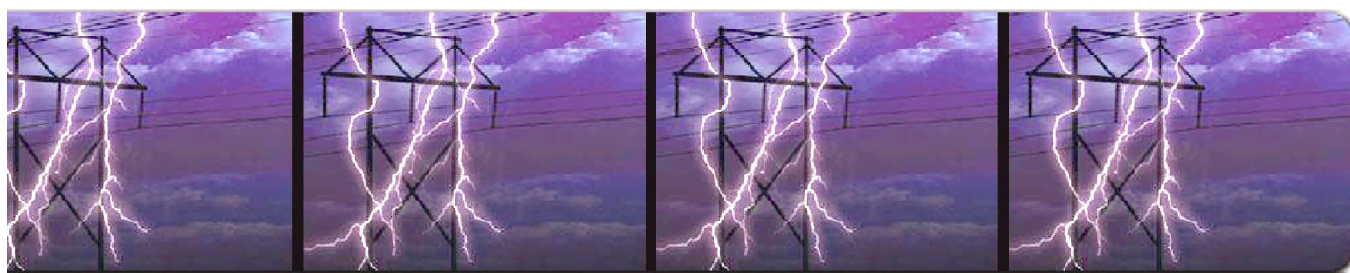


浮动测量 快速、准确、经济的 新方法



泰克 IsolatedChannel™ 技术

工程师和技术人员常常需要进行“浮动”测量，即测量的两个点都不处于接地电位。该测量也常称为差分测量。“信号公共线”与地之间的电压可能会升高到数百伏。

此外，许多差分测量还要求抑制高共模信号，^{*1} 以便于评估低电平差分信号。多余的接地电流还会产生烦人的嗡嗡声和接地环路。用户常常借助那些存在潜在危险的测量技术来解决这些问题。

TPS2000 系列示波器使用创新的 IsolatedChannel 技术，成为世界上第一批具有 4 个隔离通道并使用电池供电的示波器，使得工程师和技术人员可以快速、准确、经济地进行多通道隔离测量始终将您的安全放在第一位。

^{*1} A “共模信号”是指存在于电路两端点处的信号。它通常参照接地电压，其幅度、频率和相位都是相同的。在两点间进行浮动测量要求抑制“共模信号”，以便显示差分信号。

泰克 IsolatedChannel™ 技术

► 技术简介

浮动示波器：定义

“浮动”参考接地的示波器是通过使接地系统无效或使用隔离变压器，将“信号公共线”从地面断开，使示波器保护性接地系统无效的一种技术。该技术使机壳、机柜和连接器等仪器可接触部件具有探头地线连接点的电势。该技术是危险的，不仅是因为它升高了示波器上存在的电压（操作人员可能会遭到电击），还因为它向示波器的电源变压器绝缘体上累积了应力。

该应力不会立即引发故障，但是可能在将来引发危险的故障（电击和火灾），即使将示波器恢复至正常接地操作也无法挽回。

不仅浮动参照接地的示波器很危险，并且通常该测量方法还不准确。该电势误差是由于在地线连接点处直接将示波器机壳的总电容与被测电路相连所致

关于快速、准确、经济地进行浮动测量的指南

有几种产品可用来进行浮动测量，但是它们可能缺乏您需要的多功能性、准确性或经济性。此外，用户在选择合适的产品进行精确的浮动或差分测量时，需要考虑四项关键的测量注意事项：

1. 差分测量的范围是多大？
2. 共模差分测量的范围是多大？
3. 探头的负载特征是什么？它们平衡还是不平衡？
4. 整个测量频率范围上的共模抑制比 (CMRR) 是多少？

工作场所的安全和管理

 本技术简介的主题是浮地测量，因此我们必须先理解一些术语的定义和常见安全规范。历史上，剪断示波器和其它测量仪器的地线进行浮地测量几乎是一种常识。

这是不安全和危险的，绝对不可采用！

 本技术简介描述了安全进行浮地测量需要的仪器，附件及其标准测量方法和安全注意事项。需要测量潜在危险的高压，大电流的工程师永远需要认为暴露的电路，导线等是“有电”的，即使认为电路已经关闭或者断开。连接和断开探头或者测试线时也一样需要遵循这一原则。

传统示波器

传统示波器仅限于进行参照接地的测量。

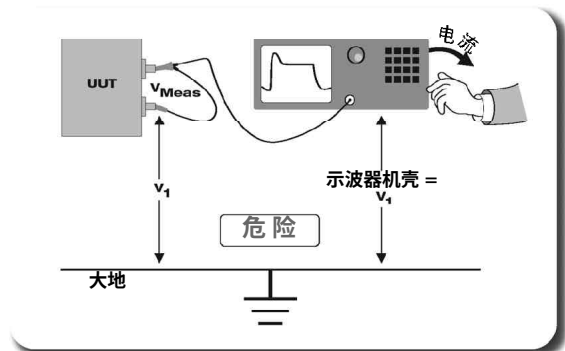
其原因是：大多数示波器的“信号公共线”终端与保护性接地系统相连接，通常称之为“接地”。这样做的结果是：所有施加到示波器上，以及由示波器提供的信号都具有一个公共的连接点。该公用连接点通常是示波器机壳，通过使交流电源设备电源线中的第三根导线接地将电压保持为(或非常接近于)零伏。它还意味着，所有测量都必须相对于接地地进行，极少有例外情况。这就限制了典型示波器(至少在单一测量中)在测量两点(都不接地)间电势差中的应用。

一个常见但危险的做法是断开示波器的交流主电源线地线，并将探头地线连到一个测试点上。Tektronix 强烈反对这种不安全的测量行为。不幸的是，此行为会将仪器底盘（不再接地）的电压提高为与探头地线相连的测试点电压相同。触摸仪器的用户就会成为接地的最短路径。图 1 说明了这种情况。V₁ 是高于真实接地电压的“偏置”电压，而 V_{Meas} 是待测电压。根据被测单元 (UUT) 的不同，V₁ 可能为数百伏，而 V_{Meas} 则可能为几分之一伏。以此方式浮动机壳接地端会对用户、(被测单元) UUT 和仪器构成威胁。

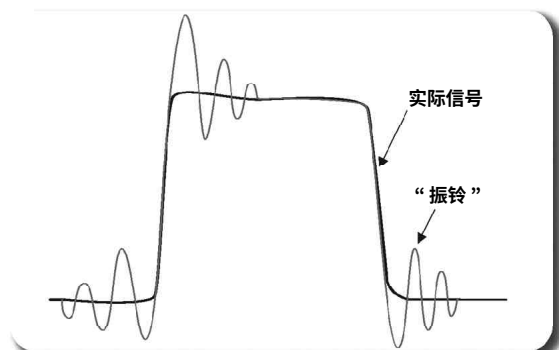
此外，它违反了工业健康和安全规定，且获得的测量结果也差。而且，交流供电仪器在地面浮动时会出现一个大的寄生电容。因此，浮动测量将受到振荡的破坏，如图 2 所示。

电池供电的示波器，如 TDS3000B 系列示波器，在使用标准电源线通过交流线路电源供电时，也会出现与传统示波器相同的局限性。但是，当需要进行示波器测量时，并不一定总能找到可用的交流电源。TDS3000B 系列示波器的可选电池组 (TDS3BATB) 使您可以在没有交流电源的情况下操作示波器。但是，它仅能进行最高为 30 V_{RMS} 的安全浮动测量。

传统示波器侧重于性能（带宽，多功能性），牺牲了进行浮动测量的能力。



► 图 1：示波器底盘上出现危险电压的浮动测量。V₁ 可能高达数百伏！



► 图 2：由寄生电感和电容引起的振荡会使信号失真，导致测量无效。

泰克 IsolatedChannel™ 技术

► 技术简介

差分或隔离探

差分或隔离探头提供了一种安全可靠的方式，使接地示波器可以进行浮动测量。两种探头的接触体都不需要接地，并且探头系统作为一个整体与示波器的机壳接地端隔离。

差分探头为被测设备 (DUT) 提供了一个平衡阻抗负载。但是，它们对测量设备的成本和

复杂性提出了新的要求。可能需要独立的电源，并且其增益和偏差特征必须作为因数计入每次测量。配有差分探头的示波器侧重于性能和安全（带宽、隔离），牺牲了外形构造的优势，如可移动性和成本。

信号完整性源自探头尖

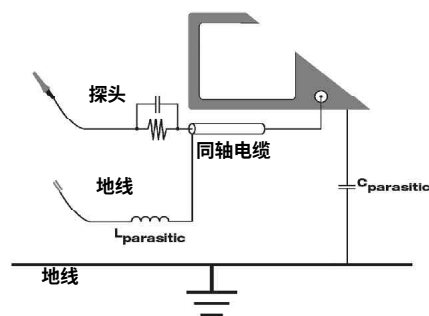
示波器实际上是包含放大器，获取/测量电路，显示和探头在内的测量系统。探头的左右有时会被人们所忽略。但是，不正确的探头或者探测技术将会影响测量结果。很显然，必须使用与仪器的带宽和阻抗相匹配的探头。

常常被忽略的是探头的地线电感问题。随着地线长度增加，分布电感也会增加（图A中的 $L_{\text{parasitic}}$ ）。 $L_{\text{parasitic}}$ 存在于信号通路中并与寄生电容一起形成 LC 共振电路。导线长度增大，寄生电感增加，震荡频率下降，导致“振铃”（见图2）等对测量信号的明显的干扰。简单地说，只要待测电路允许，公共接线应该尽可能地短。

至于电容，即使隔离的电池供电的示波器也会存在对地的电容效应。在图A中， $C_{\text{parasitic}}$ 是示波器对参考地（通过隔离装置）的分布电容。与分布电感一样， $C_{\text{parasitic}}$ 也必须保持最小，保证 LC 电路的共振频率尽可

能高。如果 $C_{\text{parasitic}}$ 很大，振铃可能出现在测试频率的范围，影响测量结果。一起对地的分布电容是由其内部设计所限制的。

环境特性也可能导致振铃。测量中手持仪器或者把仪器放在大的导体表面上都将增大 $C_{\text{parasitic}}$ 导致振铃。对于最敏感的测量，甚至需要将示波器悬挂在室外空气中！



► 图 A: 分布电感和电容将影响测量质量

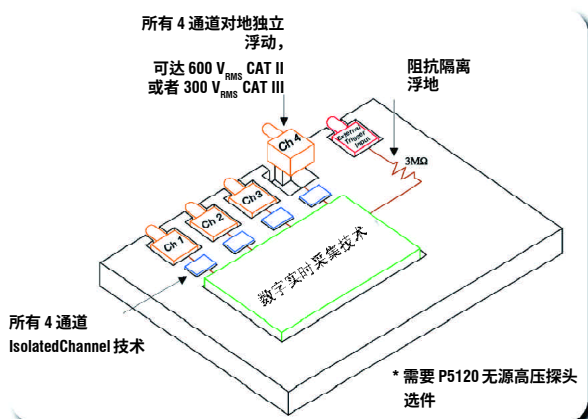
浮动测量的新方法

- 快速、准确、经济

在当今使用的宽带示波器系统中,最常用的隔离方法是双路方法,将输入信号分为两个信号:低频和高频。该方法需要每个输入通道都具有昂贵的光耦合器和宽带线性变压器。

TPS2000 系列使用创新的 IsolatedChannel 技术,取消了双路方法,而对每个从直流到示波器带宽的输入通道仅使用一个宽带信号通路。该技术正在申请专利。通过该技术, Tektronix 可以提供世界上第一批具有四个输入隔离通道 (IsolatedChannel)、低成本并使用电池供电的示波器,该电池可供示波器连续工作八个小时。对于需要进行四通道隔离测量,并希望获得由低成本并使用电池供电的示波器提供的性能和易用性的工程师和技术人员来讲,TPS2000 系列示波器是理想的选择。

TPS2000 系列的四隔离通道 (IsolatedChannel) 输入体系结构向“正”输入和“负基准”导线 (包括外部触发输入) 提供了真实且完整的通道间隔离。图 3 说明了隔离通道 (IsolatedChannel) 的概念。



电源控制电路 (例如电机控制器、不间断电源和工业设备) 中的浮动测量要求最为严格。在这些应用领域中,电压和电流可能大到足够对用户和测试设备造成威胁。

要保证测量质量, IsolatedChannel 技术是首选解决方案,并且该技术始终将您的安全放在第一位。^{*2} 如果存在较大的共模信号, TPS2000 示波器将提供理想的解决方案。有效的通道与通道隔离将寄生效应的影响降到最低,测量系统的容量越小,那么它与环境的交互影响也就越小。完全隔离的电池供电的仪器本身并不涉及接地问题。每个探头都具有一条与仪器底盘隔离的“负基准”导线,而不是使用一条固定的地线。而且,所有输入通道的“负基准”导线都彼此隔离。这是避免短路危险的最佳方法。它还在最大程度上降低了信号弱化阻抗,而该阻抗会影响单点接地仪器中的测量质量。

无论使用电池电源还是通过交流电源适配器连接到交流电源, TPS2000 系列示波器的输入始终是浮动的。因此,这些示波器与传统示波器所体现的限制并不相同。

► 图 3 : TPS2000 系列示波器的 IsolatedChannel 体系结构可完全隔离危险电压。

使用 DRT 采集技术加速调试和测试

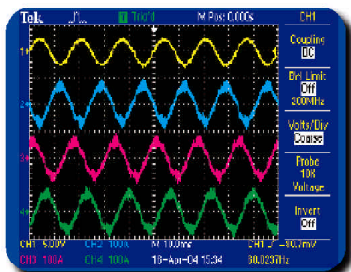
TPS2000 系列示波器应用数字实时采集技术,使您可以在 4 个通道同时测量各种各样的信号类型。高达 2 GS/s 实时采样率是 TPS2024 达到令人惊异的 200MHz 带宽的后盾。带宽 / 采样率的组合令示波器可以捕获高频信息,比如毛刺和边沿畸变,而其它同价位示波器望尘莫及,这样您可以得到信号全面的信息。

^{*2} 不可将 P2220 探头的公共端电压 > 30 V_{RMS}。需要测量高于 30V_{RMS} 浮地电压时,请使用 P5120 探头 (浮地可达 600V_{RMS} CAT II 或者 300 V_{RMS} CAT III) 或者类似耐压的无源高压探头,或者差分高压探头。请按照探头耐压指标进行测量。

泰克 IsolatedChannel™ 技术

► 技术简介

使用 TPS2000 系列示波器 进行快速准确的浮地测量

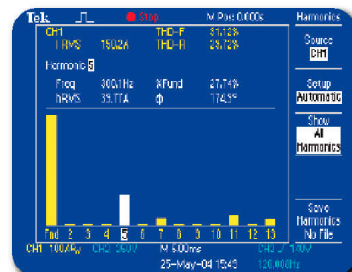


► 图 4: 4 通道 TPS2024 示波器通道—通道隔离消除了同时测量大信号和小信号时的串扰。

电源控制电路

电源控制技术使用大功率硅器件和低功率逻辑电路。作为大多数电源控制电路核心的开关晶体管要求在测量时不参考接地电压。而且，电源电路和逻辑电路的接地点也可能不同（因此接地电平也是不同的），而通常这两者必须同时测量。

除了显而易见的安全优势，TPS2000 系列的通道与通道隔离还提供了一个实际的测量优点。图 4 中的屏幕图像描述了在电源控制电路中两个不同点采集到的波形。注意，较低的波形是关于 200 A_{p-p} 的，而较高的光迹大约为 5 V_{p-p}。由于每个 TPS 通道与其他通道（包括负基准导线）是完全隔离的，并各自配有可靠的数字实时数字化器，因此在两个信号之间不会发生串扰。如果示波器通道未完全隔离，那么在 200 A 信号到较小波形之间可能出现误导性的耦合信号，这些现象可能被曲解为电路问题，而实际上是仪器问题。TPS 系列同时捕获具有很大幅度差异的两种波形的能力减少了臆测的成分，同时提高了作业效率。



► 图 5：谐波失真测量

谐波测量揭示不可见的功率问题

了解电网内的谐波对于安全经济的用电十分重要。大多数类型的电子设备都转而使用非线性电源，随着这一趋势在世界范围内的愈演愈烈，线路谐波越来越成为一个问题。非线性负载（如开关电源）趋向于绘制非正弦电流。它们的阻抗在每个周期的过程中都有所变化，生成的正弦波具有明显的正负电流峰值，而不是稳态正弦波曲线。快速变化的阻抗和电流反过来也会影响电网中的电压波形。所以，线路电压受到谐波的破坏，通常为正弦形状的电压波形可能会变得扁平或失真。设备可以容忍的谐波失真数量是有限度的。

负载感应谐波可以导致电机和变压器过热、机械共振以及在三相设备的中性导线中产生危险的高电流。此外，线路失真可能违反某些国家的规章标准。

通过 TPS2024 的全面、四通道能力，以及可选的功率分析软件，可以连接到三相系统的所有三根导线上，以便测量和分析线路谐波。其使用单个按钮调用的“谐波”模式将捕获基频以及谐波 2 至 50。仅使用示波器的标准电压探头就可以执行谐波电压测量。可选的电流探头同样可轻松地捕获电流谐波。

图 5 说明了电流谐波测量。幅度是通过仪器的内部 DFT（离散傅立叶变换）算法计算的。在这种情况下，条形图显示了非常强的第五次谐波电平。过量的第五次谐波电平（以及某些其他奇次谐波）是三相系统中中性导线电流产生的一个传统原因。

功率读数不仅仅是瓦特

电压和电流测量从本质上是简单而又绝对的。测试点在给定的瞬时时间只有一个电压值和一个电流值。相反，功率测量则要依赖于电压、电流、时间和相位。发明“无功功率”和“功率因数”之类的术语是用来表征该复杂的交互作用，与计算相比，并没有那么多的测量。

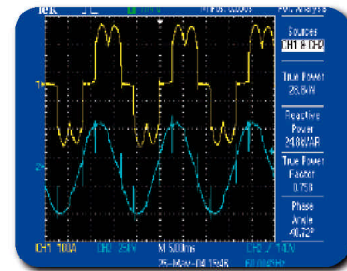
功率因数在这些计算中具有特殊的重要性。这是因为如果用户的功率因数不是十分接近理想值 1.0，许多电力供应商会向他们收取额外的费用。如果功率因数为 1.0，电压和电流相位相同。感应负载，尤其是大型的电动机和变压器，会引起电压和电流相互移位，而这将导致功率因数降低。在这种情况下，一些公用事业公司还会实行追加罚款，因为这种低效的方式将使能源在电源线中以热能的形式损失掉。解决功率因数问题有一套程序，但首先必须量化功率特征。

TPS 系列包含一整套功率测量方法。其中包括有功功率、无功功率、波峰因数、相位关系、di/dt 和 dv/dt，当然还有功率因数。图 6、7 和 8 显示的 TPS 系列屏幕图像概述了这些功率测量方法以及其他测量方法。所有这些测量（波形分析和相位关系除外）都需要先后使用一个电流探头（或其等同物）和一个电压探头。所有这些测量都使用仪器的单按钮应用功能。

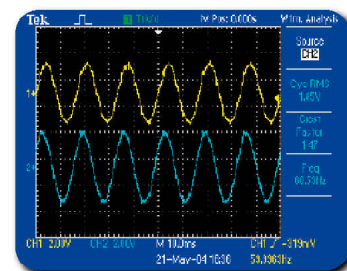
测量开关损耗以提高产品效率

为了提高电源设计的效率，今天的电源设计者们面临越来越大的压力。影响效率的主要因素是在设计的开关部分产生的功率损耗。优化这一因素是非常复杂的。

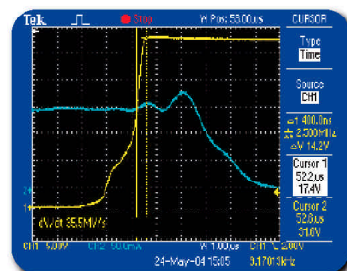
TPS 系列允许设计者通过仪器的单按钮应用功能查看设计中的开关损耗。可将开关损耗表征为开通损耗、截止损耗、传导损耗和设备总损耗。图 9 中的 TPS 系列屏幕图像显示了开关损耗测量。



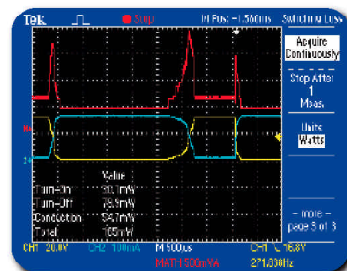
► 图 6: TPS 系列的瞬时功率分析



► 图 7: TPS 系列的波形分析



► 图 8: TPS 系列的 dv/dt 和 di/dt 光标(上图显示的是 dv/dt 光标)



► 图 9: TPS 系列的开关损耗显示，包括开通损耗、截止损耗和传导损耗

泰克 IsolatedChannel™ 技术

► 技术简介

结论

工程师和技术人员要面对高压和电流，并且必须经常执行存在潜在危险的浮动测量。其他几种可选产品也可供您进行浮动测量，但可能缺乏多功能性、准确性或经济性，TPS2000 系列使用独有的 IsolatedChannel 技术，允许工程师和技术人员快速、准确和经济的进行这些测量

了解更多信息

有关 IsolatedChannel™ 技术的详细信息以及为您带来的好处，请与您所在地区的 Tektronix 授权代表联系或访问 www.tektronix.com/oscilloscopes

泰克科技(中国)有限公司

泰克北京办事处

北京市海淀区花园路4号
通恒大厦1楼101室
邮编：100088
电话：(86 10) 6235 1210/1230
传真：(86 10) 6235 1236

泰克上海办事处

上海市静安区延安中路841号
东方海外大厦18楼
邮编：200040
电话：(86 21) 6289 6908
传真：(86 21) 6289 7267

泰克广州办事处

广州市环市东路403号
广州国际电子大厦2807A室
邮编：510095
电话：(86 20) 8732 2008
传真：(86 20) 8732 2108

泰克深圳办事处

深圳市罗湖区深南东路5002号
信兴广场地王商业大厦G1-02室
邮编：518008
电话：(86 755) 8246 0909
传真：(86 755) 8246 1539

泰克成都办事处

成都市人民南路一段86号
城市之心23层D-F座
邮编：610016
电话：(86 28) 8620 3028
传真：(86 28) 8620 3038

泰克西安办事处

西安市东大街
西安凯悦(阿房宫)饭店322室
邮编：710001
电话：(86 29) 8723 1794
传真：(86 29) 8721 8549

泰克香港办事处

香港铜锣湾希慎道33号
利园3501室
电话：(852) 2585 6688
传真：(852) 2598 6260

© 2004 Tektronix, Inc. 保留所有权利。在美国印刷。Tektronix 产品受美国和其它国家/地区专利权的保护，包括已取得的和正在申请的专利。本文中的信息将取代所有以前出版的资料中的信息。保留更改产品规格和价格的权利。TEKTRONIX 和 TEK 是注册商标。引用的其他所有商标名称均为他们各自公司的商标或注册商标。 09/04 CMD/WOW 3MC-17773-0

Tektronix
Enabling Innovation