

利用2280S系列高精度直流电源 进行低电流测量

概述

由于当今的重点是绿色出行和打造移动设备和物联网设备，因此实现集成电路和电子组件功耗最小化已成为器件制造商的梦想。功耗最低意味着实现所有集成电路和电子组件的电流消耗最低。为了对这些部件进行特性分析，必须测量器电流消耗。过去，功耗并不是主要问题，测量通过器件的电流非常简单，因为电流电平相对较高，为毫安甚至安培级，利用标准多用表即可测量。当今器件工作电流低至微安级甚至更低，因此需要更复杂设备进行测量。

本应用笔记探讨了对低功耗待测器件(DUT)进行低电流测量的两种不同方法：一是将电源、高精度数字多用表及待测器件进行串联，二是使用高精度测量电源。应用笔记详细介绍了怎样配置2280S系列高精度测量直流电源，实现高精度低电流测量。

将电源与数字多用表进行串联

测量流经器件电流的一个方法是将数字多用表与电路串联，并利用它测量电流。使用6位半的高质量数字多用表，可以对毫安级电流电平进行高精度测量。图1给出这个方法的测试设置。

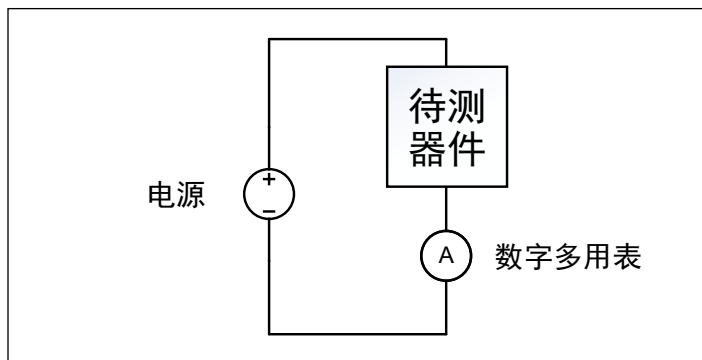


图1. 使用电源与数字多用表串联来测量电流

虽然这个方法能够对通过器件的电流进行非常准确的测量，但由于特性分析期间数字多用表造成的电压负荷，该方法也可

能带来很多问题。即使电源输出端电压可能处于编程值，但待测器件两端电压实际上低于编程值，因为在数字多用表产生电压负荷。因此，待测器件两端电压不是编程电压，它等于编程电压减去数字多用表电压($V_{DUT} = V_{SET} - V_{DMM}$)。如果忽略数字多用表电压且用户假设器件电压等于编程电压，那么功率和电阻测量将具有重大误差，因为用于计算的电压将高于待测器件电压值。当在最低工作电压附近对器件进行测试时，这个电压降还可能带来问题。如果数字多用表的电压负荷过大，器件电压可能低于最低工作电压，而且器件将无法正常工作，导致错误测量。

通过输出较高的电源电压，可以对这个电压降进行补偿，从而为待测器件提供期望的电压。不过，数字多用表造成的电压负荷随着流经电流的变化而变化，因此补偿非常困难。可以使用第二部数字多用表直接测量器件电压，但这将添加新的仪器设备，不仅增加测试系统的成本和复杂度，而且可能给低电流测量带来更大误差源。数字多用表给测试电路带来额外负载，致使电流高于实际流经器件的电流。虽然电源与数字多用表串联是一种非常简单的低电流测量方法，但这绝不是理想方法。

使用高精度测量电源

如果适用高精度测量电源，可以利用6位半高质量数字多用表对通过器件的电流进行测量，但是可以做得更简单且更准确。由于测试器件只需要1部仪器，因此测试得以简化。图2给出测试设置。

由于只有1部仪器，很快即可开始测试，因为需要设置的设备更少。自动测量也更简单，因为只需对1部仪器进行编程。这避免了多部仪器的同步，并允许测试工程师把精力集中于测量。

进行器件特性分析时，利用高精度测量电源比利用电源与数字多用表更准确。高精度测量电源能够测量施加于器件的电流和电压。电流是内部测量的，因此不会像串联数字多用表那样给测试电路带来电压负荷。这样，器件两端电压等于编程电压。要想进一步提高准确度，可以利用器件端口的程控检测引线直接测量电压，这使得高精度测量电源直接补偿为器件供电的测试引线上的电压降。这些测试引线具有极高的输入阻抗，因此对测试电路

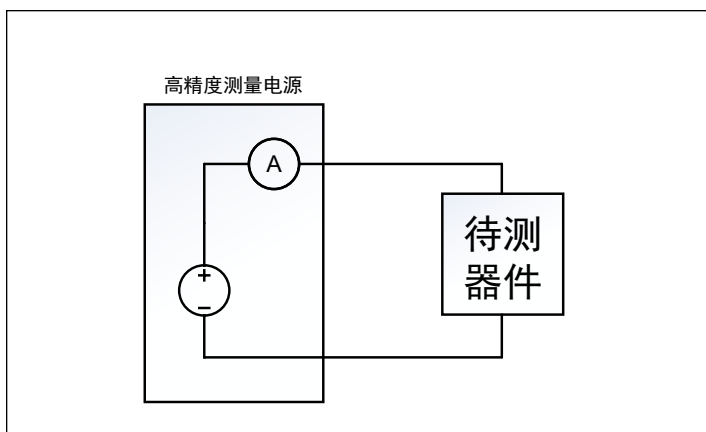


图2. 利用高精度测量电源进行电流测量

而言，它们实际上是零负载。利用这些特性，高精度测量电源能够在任何电流电平对器件进行极其精确的特性分析。由于在1部仪器内集成了所有这些能力，因此高精度测量电源可以大幅降低测试系统复杂性和成本。

利用2280S系列高精度测量直流电源对精密基准电压源静态电流进行测量

本应用笔记介绍怎样配置2280S系列高精度测量直流电源，在不连接输出情况下，对精密基准电压源电流消耗进行测量。在数据表中给出了正在测量的这个电压基准的静态电流，电流电平典型值仅为 $31\mu\text{A}$ ，最大值为 $35\mu\text{A}$ 。为了进行这个测量，将仪器配置为最大精度和准确度。

设备

高精度测量电源减少对器件进行电流测量所需的设备数量。在本例中，使用以下设备：

- 吉时利2280S系列高精度测量直流电源
- 测试引线
- 高精度基准电压源

进行连接

图3和图4给出这个测试的连接。

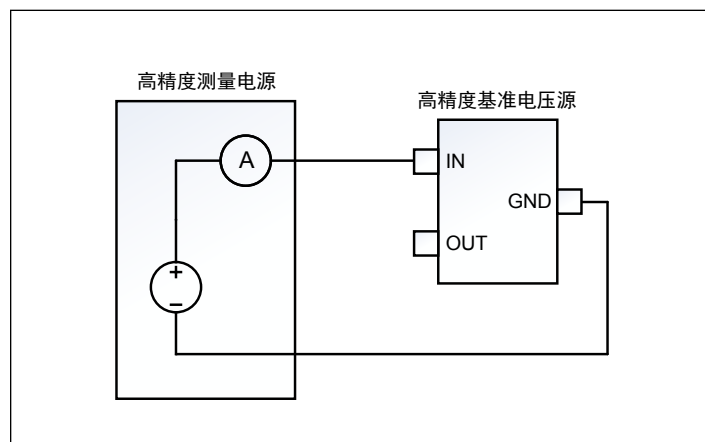


图3. 高精度测量电源与高精度基准电压源待测器件的测试连接



图4. 2280S系列高精度测量直流电源与基准电压源待测器件的测试连接

测试连接相当简单，因为只需将两根引线（HI和LO）与待测器件连接。高精度电压测量不需要程控电压检测，因为电流极低，不会在测试引线产生大量电压降。建议使用屏蔽电缆，以降低噪声。如果测试电路接地，应当实现单点接地，以避免接地电流环路带来的测量误差。

配置仪器

为了在微安量程进行高精度电流测量，必须将2280S系列高精度测量直流电源配置为最高精度。利用该仪器的彩色图形用户界面（图5），可以快速进行仪器设置，而且很容易通过前面板实现。

为了使低电流测量具有最高精度，通过前面板进行仪器配置的步骤是：

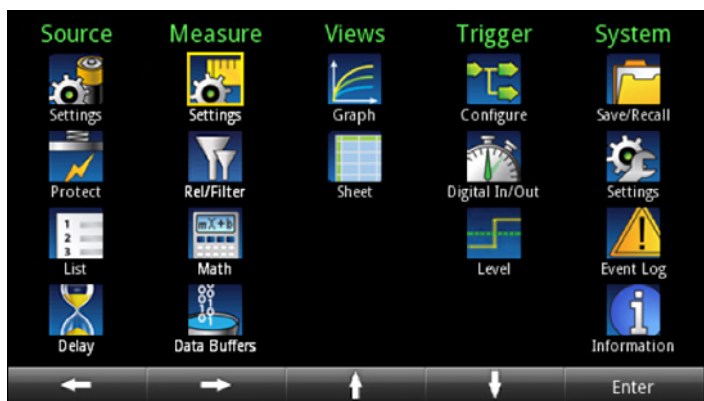


图5. 2280S系列电源主菜单给出所有可用的电源功能

对测量设置进行配置

- 将仪器分辨率设置为6位半（图6）。
- 开启自动调零。
 - 自动调零将自动测量内部基准，针对每个触发测量对仪器清零，使测量更准确。
- 将NPLC值设置为15（对于50Hz电源系统，其设置为12），最大测量孔径时间。这将提高测量分辨率和精度。

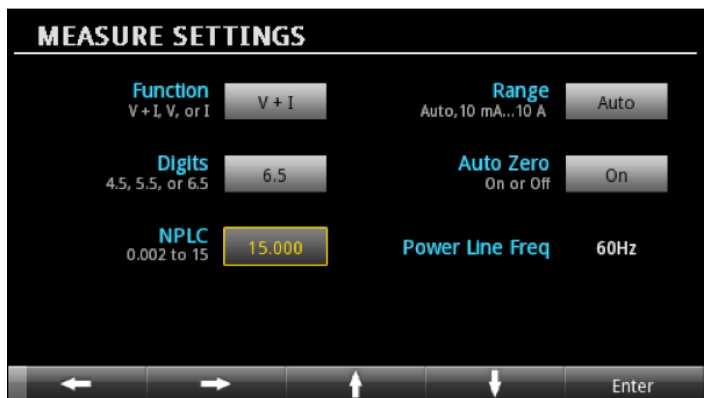


图6. 利用2280S系列电源进行低电流测量的设置

对滤波器设置进行配置

当均值滤波器开启后，仪器将返回某些测量结果平均值读数。平均值测量使得读数更稳定，支持更高的精度。滤波器设置（图7）的配置如下：

- 将滤波器状态设置为开启。
- 将滤波器计数改为10。
 - 滤波器计数可以一直增加到100，这样可使读数更稳定。

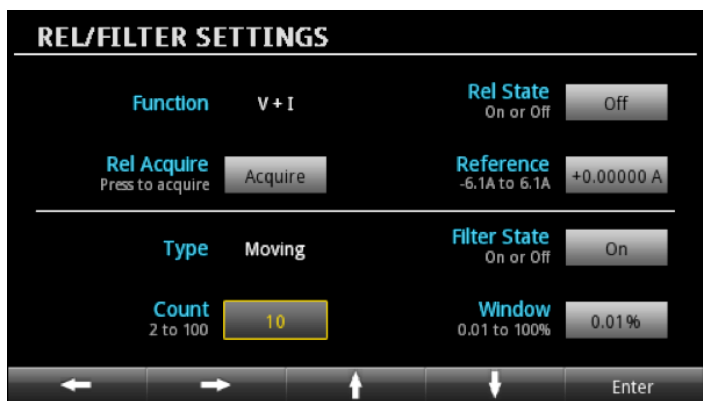


图7. 进行低电流测量时2280S系列电源滤波器的设置

对触发器设置进行配置

- 将样本计数设置为10，以与滤波器计数匹配（图8）。这将利用10个连续读数填充均值滤波器，读数之间的时间很短。

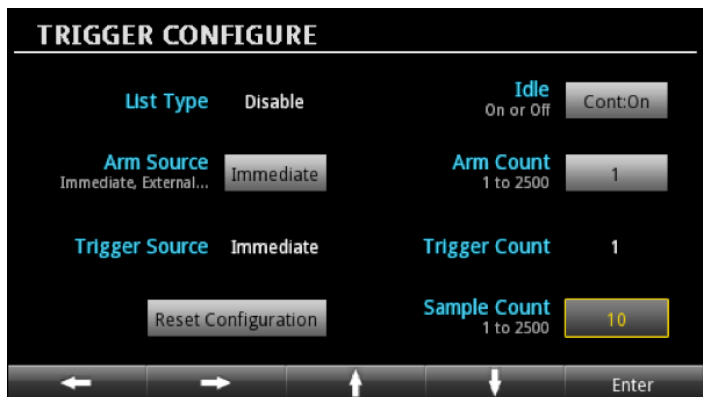


图8. 进行低电流测量时2280S系列电源触发器设置

对电源延迟进行配置

对于低电流测量，为了获得准确的结果，在进行测量之前，必须留有一定的时间，使得测试系统中的电流建立其最终值。

通过设置电源延迟，可以使测量延迟足够长的时间，确保电流建立。

- 设置足够长的电源延迟，确保电流建立时间（图9）。虽然对于大多数微安电平测量而言，10ms延迟足够，但如果待测器件输入电容较大或者夹具包括外部滤波器电容器，那么可能需要更长的电源延迟。

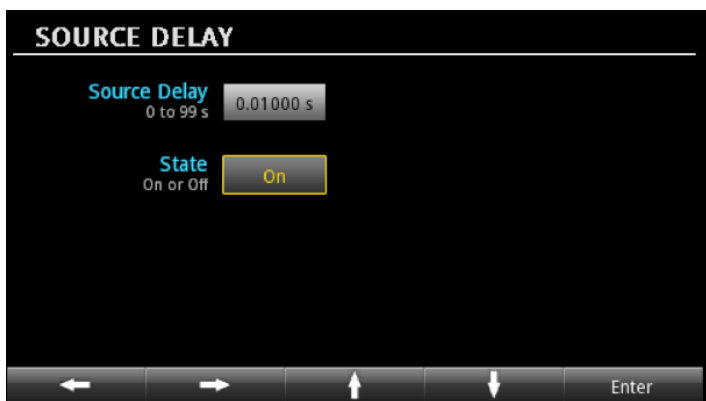


图9. 进行低电流测量时2280S系列电源延迟设置

通过这些设置，仪器测量将具有最高精度和最大的返回读数，其读数为几个高分辨率测量结果的平均值。

运行测试

将测量设置配置为最高精度后，仪器目前已做好启动测量准备。为了启动测试，首先将输出电压(V-Set)设置为待测器件的正常电压。对于正在进行测试的高精度基准电压源，V-Set设置为3V。接着，将电流限幅(I-Limit)设置为足够低，做到既保护待测器件同时又使流经器件的电流足够高以使器件工作。对于这个器件，I-Limit将设置为最低容许值100 μ A。最后，开启输出，开始进行测量。图10给出仪器前面板的截图。

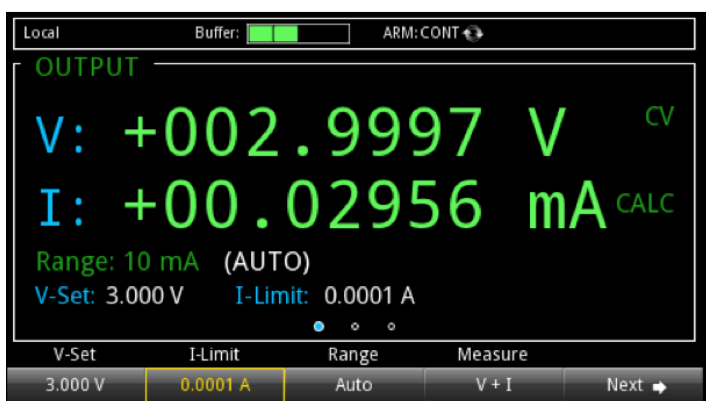


图10. 利用2280S系列电源对高精度基准电压源待测器件进行低电流测量

利用前面介绍的测量设置，2280S系列高精度测量直流电源可以进行稳定测量，最低约为100nA。图11给出仪器前面板截图，说明测量多么稳定，从数据轨迹可以看出，读数之间几乎波动微乎其微。此外，在显示屏底部给出统计数据，表明峰-峰值极低，读数的标准偏差很小。

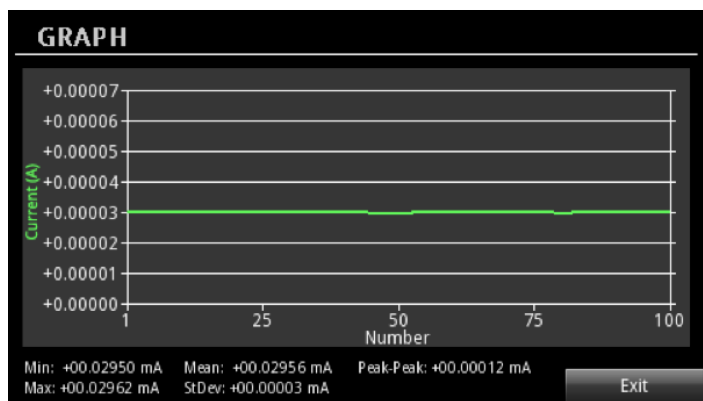


图11. 利用2280S系列电源进行低电流测量的前面板截图

实现低电流测量自动化

为实现高精度低电流测量和自动收集数据，可对2280S系列高精度测量直流电源的配置，为此，可向仪器发送以下SCPI指令：

*RST	将仪器重置为默认值。
:VOLT:PROT:LEV 3.3 :VOLT:LIM 3.3 :CURR:PROT:LEV 0.1	将过压保护配置为3.3V、电压限幅配置为3.3V、过流保护配置为0.1A，以保护操作人员和器件。
:SENS:CONC:AVER:STAT ON	开启均值滤波器。
:SENS:CONC:AVER:COUN 10	将滤波器计数设置为10，返回的读数为10个测量结果的平均值。
:SENS:CONC:NPLC 15	将NPLC设置改为15（当使用50Hz电源时其设置为12），实现最大测量分辨率和精度。
:SYST:AZER ON	开启自动调零，实现最大精度。
:INIT:CONT OFF	关闭触发模型的连续启动。
:TRIG:SAMP:COUN 10	将样本计数设置为10，进行10次测量，并填充测量滤波器。
:DEL:STAT ON :DElay 10e-3	开启电源延迟，并将延迟值设置为足够长，从而确保测量开始之前流经器件的电流建立。
:DATA:CLEAR	清除缓存。
:VOLT 3	为器件设置正常的输出电压。
:CURR 0.0001	设置电流限幅，以保护器件。电流限幅最小值为100 μ A。
:OUTP ON	开启输出。
:INIT	启动测量。
*OPC?	当所有测量完成之后，这将返回“1”。确保读取操作的时间间隔设置为足够长，以确保测量完成。高精度低电流测量花费的时间比正常测量要长。15个PLC测量中的每个测量至少需要，包括自动调零的启用。
:TRAC:DATA? 'READ,SOUR'	从缓存读取电流和电压测量数据。

结束语

利用2280S系列高精度测量电源，设计和测试工程师可以迅速而容易地对器件进行高可靠、高质量、低电流测量。其易于导航、易于读数的图形用户界面，只需数秒钟即可在测试台完成低电流测量的仪器配置。作为线性电源，其输出干净而平静，实现信号噪声最低，确保最高测量精度。测试得以简化，因为只需配置1部仪器，而且成本得以降低，因为无需额外设备。2280S系列高精度测量直流电源的测量能力确实是革命性的。

说明书如有变动不另行通知。所有吉时利的注册商标或 商标名称都是吉时利仪器的财产。

所有其它注册商标或商标名称都是相应公司的财产。

此版本为中文译本，仅供参考。您购买或使用前请务必仔细阅读本文件的英文原件。



更自信的测试

吉时利仪器

邮箱: china@keithley.com

网址: www.keithley.com.cn

有关如何购买或寻找销售合作伙伴的更多信息，请访问<http://www.keithley.com.cn/company/bizcenter>。