A GREATER MEASURE OF CONFIDENCE

KEITHLEY
A Tektronix Company

学会克服高亮度LED的电气测量挑战

克服高亮度LED电气测量挑战 2
回顾LED制造寿命周期中的3个步骤 3
学会为应用选择正确的源测量单元（SMU）. 5
2651A型高功率/大电流系统数字源表
源测量单元（SMU）仪器 6
2600B系列数字源表源测量单元（SMU）仪器 8
2400系列数字源表源测量单元（SMU）仪器 10
吉时利源测量单元（SMU）工程创新
给您带来的益处 12
源测量单元（SMU）选型指南 13
了解更多信息 14

start

克服高亮度LED电气测量挑战

高亮度发光二极管(HBLED)因其使用效率高、寿命长和可用颜色范围宽而在当今电子设备中迅速普及。这些特性正推动其用于建筑照明、汽车照明、医疗设备、军事系统以及普通照明等应用。对高亮度LED的需求将持续增长，甚至超过其价格下降和效率提高的速度；不过，这些成就取决于测试方法和测试仪器的进步。

高可靠与高精密电气测量队高亮度LED大规模生产至关重要，因此，对测量的深入理解非常重要。我们的电子指南提供到基于应用的研讨会、应用笔记及其他材料的访问。我们希望您在浏览这些材料之后，能够熟悉高亮度LED的常见电气测量，知道如何克服与这些测量有关的挑战。您将学习并了解：

- LED自发热效应及如何避免
- 如何建立正向电压与结温关系
- 正向电压测量中的噪声影响
- 直流与交流LED之间的测试差异

高价值高亮度LED测试

为了利用高亮度LED带来的新机遇，制造商正在寻求增加现有高亮度LED设计产量并降低其成本的办法。在研发实验室，正在研究新的III-V族材料与荧光剂（用于白光），以实现具有更佳性能高亮度LED的廉价生产方法。其主要目标包括效率更高、色彩更丰富、电流密度和光输出更高，以及具有改进冷却能力的更佳封装。这些目标对照明中使用的高亮度LED非常重要，因为在照明领域白炽灯和荧光灯目前具有相当大的单价优势。现在浏览我们的系列研讨会，分为两个部分：

- 研讨会：克服高亮度LED电气测量挑战（第1部分）
- 研讨会：满足高功率高亮度LED电气测量要求（第2部分）

浏览视频：
克服高亮度LED电气测量挑战

- 文章 – 高精度、高费效比高亮度LED测试入门与器件原理
- 应用简介 – 简化的LED I/V特性分析

您是否需要帮助、报价或订购？
请在线联系我们。

- 加入我们的应用论坛讨论。

回顾LED制造寿命周期中的3个步骤

第一步：晶圆验收测试（WAT）或芯片分拣

在生产测试中的晶圆验收测试或芯片分拣循环期间，要对晶圆上的每个LED器件进行测试，从而对好的芯片和坏的芯片进行分类。这将确保晶圆上的LED器件满足设计规范，并防止对不良芯片进行增值加工。

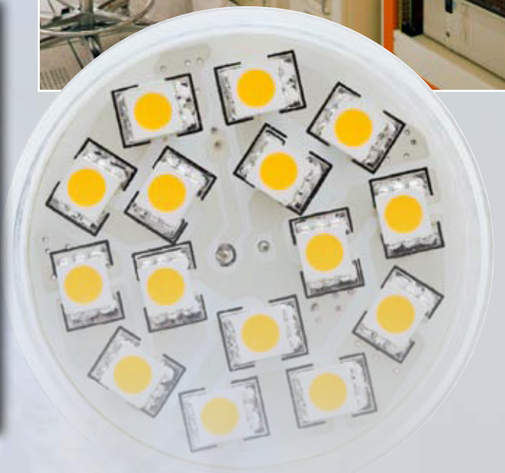
吉时利2600B系列数字源表®源测量单元（SMU）仪器系列产品非常适合晶圆验收测试等自动测试应用，这类应用要求自动化程度最高、吞吐量最大。2600B系列测试脚本处理器(TSP®)技术通过完全嵌入和执行源测量单元（SMU）仪器内部的完整测试程序，提供业界最佳的性能。实际上，这避免了与PC控制器之间的所有耗时的总线通信，因此大幅缩短整个测试时间。

第二步：LED器件测试

在LED器件测试周期中，要对每个LED器件的反向击穿电压、漏电流、正向电压、光学测试等参数进行测试。吉时利2400系列数字源表®源测量单元（SMU）仪器与满足高功率要求的2651A型大电流源测量单元（SMU）仪器，将简化这个流程，并在不停产环境下提供可靠的操作和出众的吞吐量。此外，2602B型双通道源测量单元（SMU）仪器还支持LED器件的并行测试，进一步提高生产效率。

- 了解2400系列源测量单元（SMU）仪器的更多知识
- 了解2651A型大电流系统源测量单元（SMU）仪器的更多知识
- 了解2602B型双通道源测量单元（SMU）仪器的更多知识

- 了解2600B系列源测量单元（SMU）仪器的更多知识



您是否需要帮助、报价或订购？
请在线联系我们。

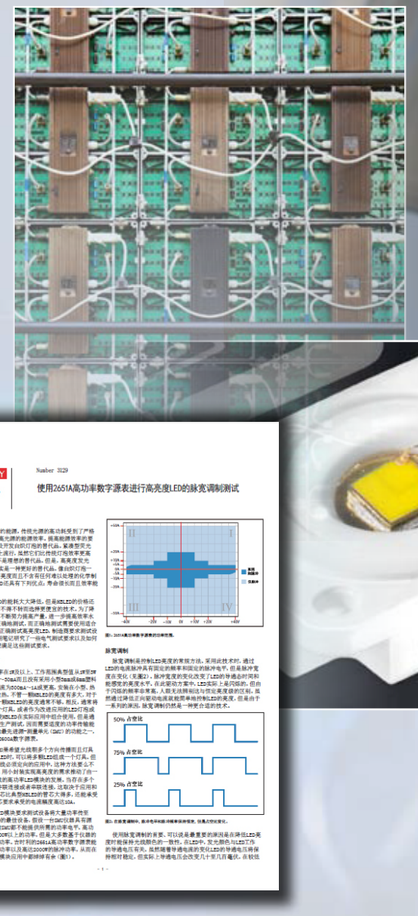
- 加入我们的应用论坛讨论。

回顾LED制造寿命周期中的3个步骤（续）

第3步： 测试LED模块

一旦LED器件嵌入到完整的模块中(如LED汽车头灯)，就要对整个LED模块进行反向击穿电压、漏电流、正向电压和光学测试。尽管在第2步中似乎已经进行了同样的参数测试，但在这一步，要在比上一步更高的功率、更高的电压和更高的电流下，对LED完整模块进行测试。

对于许多应用来说，空间有限，而且光线必须是定向的。这种在狭小封装内需要大量光的要求推动高功率LED模块的发展，它通常由一个或多个大型LED芯片组成。当需要多个LED时，它们通过串联或并联方式连接在一起，具体因应用和可用电源而异。这些LED的芯片比典型高亮度LED芯片大得多，也可以使用更大的电流。实际上，一般单一芯片要求承受高达10A的电流。高电流脉宽调制是控制LED亮度常用的方法。使用该技术时，流经LED的电流是频率恒定、电平恒定的脉冲，但脉宽是变化的。吉时利2600B系列源测量单元（SMU）仪器和2651A型大电流系统源测量单元（SMU）仪器是功能强大的解决方案，可为生产应用提供无以伦比的吞吐量。



KEITHLEY
Application Note Series

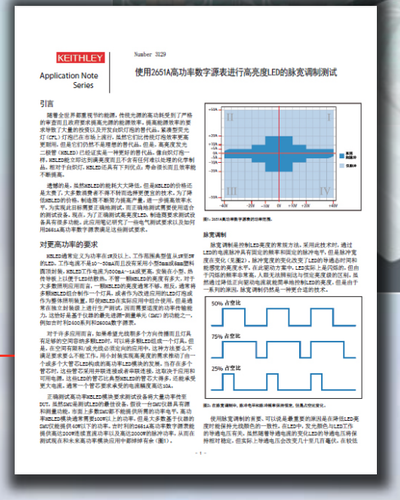
Number 3129

使用2651A高功率数字源表进行高亮度LED的脉宽调制测试

引言

随着全世界都重视节约能源，传统光源的高功耗受到了严格的审查但已经证明更适用高亮度LED的新源技术。提高能源效率的要求导致了大量的投资以及开发创新灯泡的替代品。紧凑型荧光灯（CFL）灯泡已在市场上流行。虽然它们比传统灯泡效率更高更耐用，但含有汞的热不易理解的替代品。但是，高亮度发光二极管（HBLED）已经证实是一种更好的替代品。像白炽灯泡一样，HBLED能立即达到满亮度而且不含有任何难以处理的化学制品。相对于白炽灯，HBLED还具有下列优点：寿命很长而且效率能不断提高。

遗憾的是，虽然HBLED的前景光大无限，但是HBLED的价格还太贵了，大多数消费者不属于转向选择更贵业的技术。为了降低HBLED的价格，制造商不断努力提高产量，进一步提高效率水平，为实现此目标需要正确地测试，而正确地测试需要使用适当的测试设备。现在，为了正确测试高亮度LED，制造商要求测试设备具有很多功能，此处简要记录了一些电气测试要求以及如何用2651A高功率数字源表满足这些测试要求。



对更高功率的要求

HBLED通常定义为功率在1W以上，工作范围典型是从3W到10W。工作电流不超过~50mA且正向采用小型SnapLed塑料露顶封装。HBLED工作电流为300mA～1A更高，安装在小型、热传导性上佳的PCB板上。不管一颗HBLED的额定值多大，对大多数照明应用而言，一颗HBLED的亮度通常不够。相反，通常将多颗HBLED在单个PCB上，或者作为灯泡应用将LED组成作为整体照明装置。即使HBLED在实际应用中组合使用，但是通常在独立封装级上进行生产测试，因为需要验证我的功率传输能力。这时不是基于位置的最小值原则而是单元（DUT）的电压—，例如吉时利2400系列和2600系列源表。

对于许多应用而言，如果希望在组装多个方向传播照且灯具有足够的空间容纳多颗LED，可以将多颗LED组成一个灯具。但是，在空间有限和/或光线必须定向的应用中，这种方法要么不满足要求要么不稳定为，用小封装实现高亮度的要求推动了由一个或多个大型芯片和成对高功率LED模块的发展。在开发多个芯片时，这些要已采用并联连接组成单颗新连接。这取决于应用和可用电源。这些LED的芯片比典型HBLED的芯片大得多，也能承受更大电流，通常一个芯片要承受10A的电流额定值。

正确测试高功率HBLED模块要求测试设备有大量功率传至DUT，虽然2400系列的2651A的最佳设备。但是一些2600仪器具有源和测量功能，非常上多数2600都不能提供所需的功率电平。高功率HBLED通常需要20VDC上的功率，但是大多数基于仪器的2600仪器提供10VDC下的功率。吉时利的2651A高功率数字源表能提供高达200W或更高功率以及高达2000V的脉冲功率，从而在测试期间将和未来高功率模块应用中都得好有余（图1）。

脉宽调制

脉宽调制是控制LED亮度的常规方法。采用此技术时，通过LED的电流脉冲具有固定的频率和固定的脉冲电平，但是脉冲宽度(占空比，见图2)，从而发现的光亮改变了LED的平均值由时间积图变的亮度水平。在此简化方案中，LED实际上是闪烁的，但由于闪烁的频率非常高，人眼无法辨别出与恒定亮度值的区别。虽然通过降低正向驱动电流就能简单地控制LED的亮度，但是由于一系列的原因，脉宽调制仍然是一种更为首的技术。

使用脉宽调制的好处，可以说是最重要的原因是在降低LED有效时能保持光线颜色的一致性。在LED中，发光颜色与LED工作的平均电压有关。虽然能够平均电流和平均LED的平均电压将保持相对稳定，但实际上平均电压会改变几十至几百毫伏。在软切

应用笔记：使用2651A高功率数字源表进行高亮度LED的脉宽调制测试

- 了解2600B系列源测量单元（SMU）仪器的更多知识
- 了解2651A型大电流系统源测量单元（SMU）仪器的更多知识

LED测试的其他要求

在器件测试中，还要求进行温度测试和环境应力扫描。这些应用涉及通过采样对器件进行批量测试，目的是降低成本。吉时利3706A型系统开关（含高性能数字多用表）是一款高度集成的开关与测量系统，满足用于器件测试的自动测试系统的苛刻高精度和复用要求。

- 了解3706A型仪器的更多知识

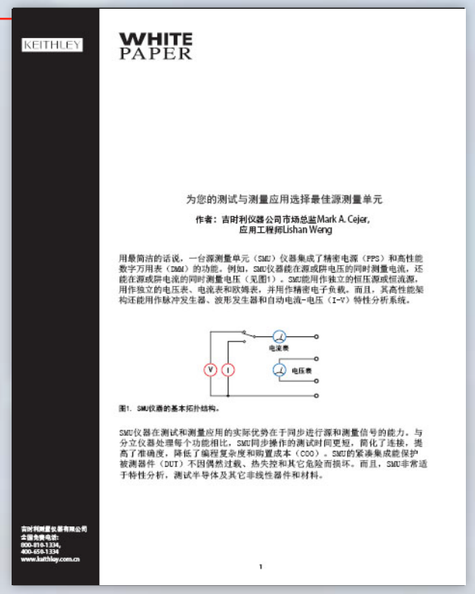
您是否需要帮助、报价或订购？
请在线联系我们。

- 加入我们的应用论坛讨论。

学会为应用选择正确的源测量单元（SMU）

由于越来越多的人发现，高度集成的数字多用表和高精密电源能力可以用于电子和半导体行业的多种应用，因此源测量单元（SMU）仪器迅速普及。为了为具体应用选择最适合的源测量单元（SMU），应当学会认真评估仪器规范。
请浏览我们的在线研讨会。

- 阅读白皮书：
  - 为您的测试与测量应用选择最佳源测量单元


KEITHLEY
WHITE PAPER

为您的测试与测量应用选择最佳源测量单元

作者：吉时利仪器公司市场总监Mark A. Cejer，
应用工程师Lishan Wang

用最简洁的话说，一台源测量单元（SMU）仪器集成了精密电源（PPS）和高性能数字万用表（DMM）的功能。例如，SMU仪器能在源或阱电压的同时测量电流，还能在源或阱电流的同时测量电压（见图1）。SMU能用作独立的恒压源或恒流源，用作独立的电压表、电流表和欧姆表，并用作精密电子负载。而且，其高性能架构还能用作脉冲发生器、波形发生器和自动电流-电压（I-V）特性分析系统。

图1. SMU仪器的基本拓扑结构。

SMU仪器在测试和测量应用的实际优势在于同步进行源和测量信号的能力，与分立仪器处理每个功能相比，SMU同步操作的测试时间更短，简化了连接，提高了准确度，降低了编程复杂度和购置成本（COO）。SMU的紧凑集成能保护被测器件（DUT）不因偶然过载、热失控和其它危险而损坏。而且，SMU非常适于特性分析，测试半导体及其它非线性器件和材料。

吉时利测量仪器有限公司
全国免费电话：
800-810-3334,
400-650-3334
www.kaithley.com.cn

1

参加“什么是源测量单元（SMU）仪器？如何为您的应用选择正确的源测量单元（SMU）仪器？”在线讨论，请点击这里。

您是否需要帮助、报价或订购？
请在线联系我们。

- 加入我们的应用论坛讨论。

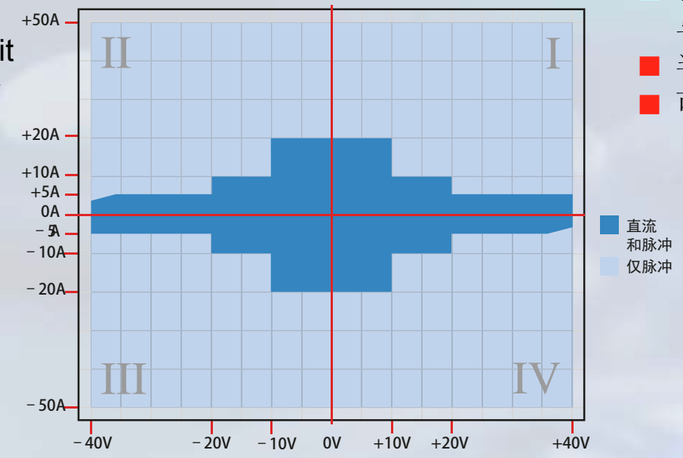
为高功率、大电流电子器件特性分析与测试提供无与伦比的性能

最新2651A型高功率/大电流系统数字源表®仪器具有前所未有的高功率、高精度、高速度、高灵活性和易用性，可以应对当今高功率电子器件特性分析面临的挑战。它实现了高灵活、4象限电压和电流源/负载与高精密电压和电流仪表的完美组合。

- 灌或拉脉冲功率2,000W (±40V, ±50A)，直流功率200W(±10V@±20A, ±20V@±10A, ±40V@±5A)
- 容易实现两部仪器连接(串联或并联)，实现高达±100A或±80V的解决方案
- 分辨率高达1pA，支持极低漏电流的高精密测量
- 每点1µs (1MHz)连续18-bit采样，对瞬态行为进行精确特性分析

可选择数字化或综合测量模式

有了2651A型仪器，您可以为瞬态行为和稳态行为的精确特性分析选择数字化测量模式或综合测量模式。两个独立的模数转换器（ADC）定义每种模式——一个用于电流，一个用于电压——在不影响测试吞吐量的情况下同时运行，实现精确地源回读能力。数字化测量模式基于18-bit ADC，可支持每点1毫秒的连续采样，非常适合波形捕获和高精度测量瞬态特性。综合测量模式，基于22-bit ADC，支持要求最高测量精度和分辨率的应用。这将确保下一代器件中常见的极低电流和电压精确测量。

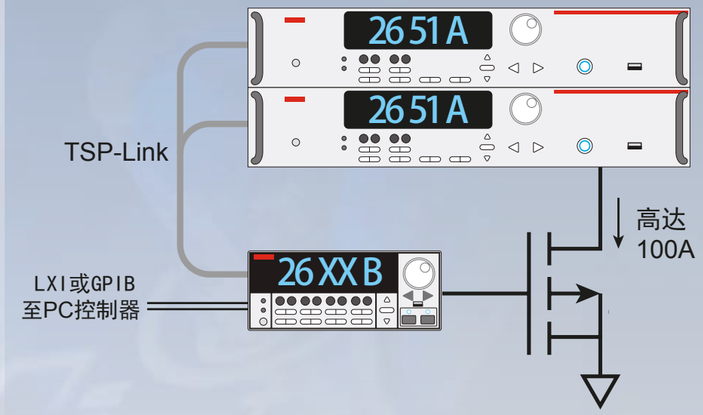


Click here to learn more

一部2651A型仪器可以灌或拉高达±40V和±50A。通过内置TSP-Link扩展总线，可以将两部2651A型仪器进行串联，从而将系统的电流范围扩展至100A；也可以将两部2651A型仪器进行并联，从而将系统的电压范围扩展至80V。其包含的嵌入式测试脚本处理器(TSP®)使用户能够将多个单元作为单台仪器进行寻址，使其一致动作，从而简化测试。内置触发器控制器可以在500纳秒内实现所有连接通道的同步。

2651A型应用

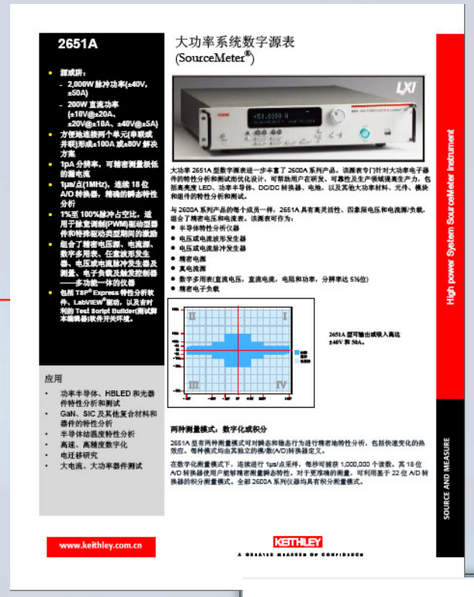
- 功率半导体、高亮度LED(HBLED)和光学器件特性分析与测试
- GaN、SiC及其他化合物材料与器件特性分析
- 半导体节温特性分析
- 可靠性测试
  - 高速、高精度数字化
  - 电迁移研究



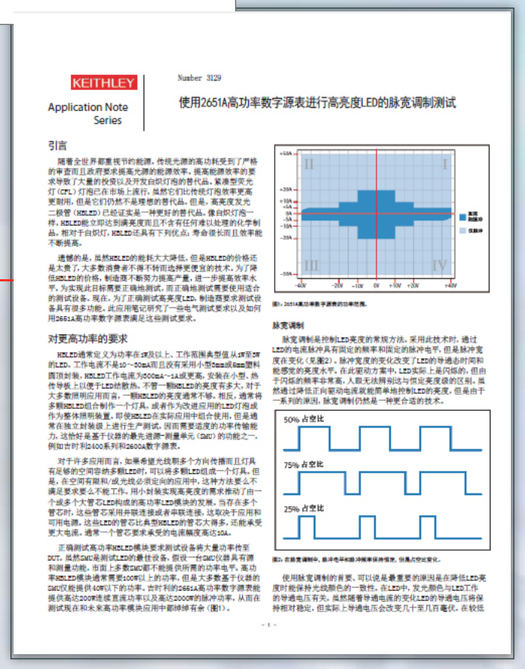
为创建系统而生产。2600B系列每款仪器都含嵌入式TSP控制器与TSP-Link接口，使之更容易与多部2651A型仪器及2600B系列其他仪器连接，创建高达64通道的综合测试系统。利用内建500ns触发器控制器，可以确保高精密定时和严格的通道同步。2600B系列仪器完全隔离的独立通道实现真正的每引脚源测量单元（SMU）测试，不受主机系统电源和/或通道限制。

准备学习更多?

- 下载2651A数据表



- 阅读应用简介：
  - 实现当今高功率器件的快速脉冲测量。学习如何实现当今高功率器件所需的快速脉冲测量。



点击上面的视频，我们将向您演示，如何将两部2651A型仪器进行组合为高达100A的电流源！

您是否需要帮助、报价或订购？
请在线联系我们。

- 加入我们的应用论坛讨论。

利用同类最佳价值与性能 实现出众的易用性

与其他数字源表®源测量单元（SMU）仪器一样，2600B系列仪器具有单通道和双通道模式。每种模式都包括精密电源、真正电流源、6½数位数字多用表、任意波形发生器、脉冲发生器与电子载荷——这些功能都包含在高度集成的4象限电压/电流源测量仪器中。

有了最新2600B系列源测量单元（SMU）生产线，最强大、最迅速、最高分辨率的测量单元（SMU）仪器，其易用性前所未有，

- 6½数位显示，具有业界最佳分辨率：0.1fA
- 软件仿真，与吉时利2400型源测量单元（SMU）仪器代码兼容
- 内建基于Java的测试软件，支持通过浏览器实现真正的即插即用I/V特性分析和测试
- USB 2.0、LXI-C、GPIB、RS-232与数字I/O接口

利用2600B系列数字源表源测量单元（SMU）仪器，我们已经增加3个最新台式机型，并扩展了6款仪器的能力。

请参见本指南第11页的选型表。

浏览视频演示，学会如何直接通过web浏览器运行内建基于Java的测试软件，提高测试效率。

Click here to learn more

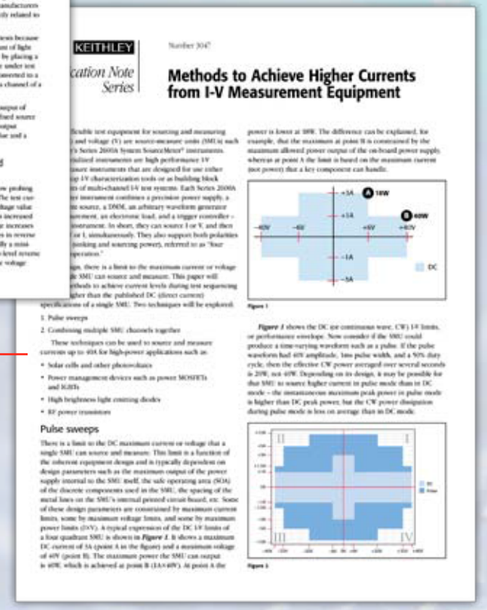
您是否需要帮助、报价或订购？请在线联系我们。

- 加入我们的应用论坛讨论。

准备学习更多?

- 下载2600B数据表

- 阅读应用笔记：
  - 高速测试高亮度LED - 学会如何利用最新测试技术，包括嵌入式脚本处理器技术支持的仪器，实现吞吐量优势并降低测试成本。



- 利用I-V测试设备实现更大电流的方法 - 当电流超出单个源测量单元（SMU）直流规范时，如何在测试序列期间实现电流电平。

点击这里下载简化LED I/V特性分析的2页简介。

您是否需要帮助、报价或订购？
请在线联系我们。

- 加入我们的应用论坛讨论。

2400系列数字源表仪器

2400系列数字源表仪器是为需要高精密电压源和电流源及测量能力的器件测试而专门设计的。每部2400系列仪器都是单通道仪器，既是高度稳定的直流电源，也是真正的仪器级6位半数字多用表。电源特性包括低噪声、高精度和回读功能。多用表能力包括高重复性和低噪声。因此，它是小型、单通道、直流参数测试仪。

- 6种模式：20～100W直流，1000W脉冲，1100V～1μV, 10A～10pA
- 源和阱(4象限)工作，外加2/4/6线欧姆功能
- 基本直流电压测量准确度：0.012%，数字分辨率：6½
- 可用高速检测引线接触检查功能
- 可编程DIO端口，用于自动/夹具/探针控制
- 在4½数位时通过GPIB总线时，读取速度达1700读数/秒
- 在非易失性缓存中可存储5000个6½数位读数

内置测试序列

2400系列源存储清单允许您建立和运行高达100个不同的测试设置，并在无需计算机干预情况下运行，因此可提供更快和更容易的测试。

- 存储高达100个独立测试配置，每个配置包括特有的源设置、测量设置、通过/失败标准等，它们组合在一起构成一个完整的测试套件
- 通过/失败利用机内比较器将测试限定在每点500μs，避免向计算机发送用于分析的数据时引起的延迟
- 内置用于可定义的数学函数，用于计算器件参数

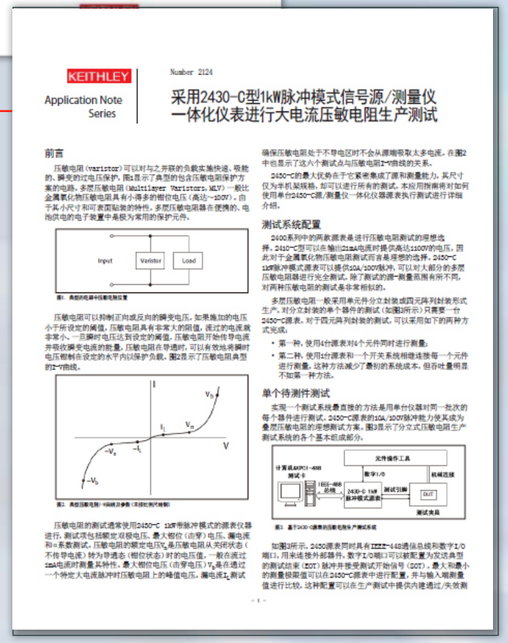
Click here to learn more

2400系列数字源表仪器易于建立和使用，提供类似数字多用表的便利功能，同时避免了使用多台仪器时面临的诸多连接、兼容性和同步问题。在进行测量时，您可以在不改变连接的情况下，存储电压或电流。因此，不仅更容易使用，而且节省测试时间。

准备学习更多?

- 下载2400数据表

- 阅读应用简介：
  - 利用2430C 1kW脉冲数字源表仪器，实现大电流变阻器生产测试 - 学习建立生产测试系统解决方案的有关方法及相关问题，利用该方案可以对单一和多（阵列）LED器件性能进行验证。



点击上面的视频，学习如何利用2400系列数字源表仪器保存的设置。

您是否需要帮助、报价或订购？
请在线联系我们。

- 加入我们的应用论坛讨论。

吉时利源测量单元（SMU）工程创新给您带来的益处

我们最新一代系统数字源表®仪器提供测试和测量界最佳的精度、吞吐量和功能组合。单独使用时，它们可以提供工程仪器方面所需的各种功能，而且具有无与伦比的性能。这些仪器还是高度灵活、高效的I-V源测量模块，可以构建适合电子器件的快速、功能强大、高费效比的测试和测量系统。吉时利从20世纪80年代后期开始成为一流的综合源测量解决方案供应商，当时我们推出第一代源测量单元（SMU）。

第一个每点1毫秒数字化测量单元（SMU）仪器(2651A型)
第一个200W直流、2000W脉冲测量单元（SMU）仪器(2651A型)
第一个3,000V，180W测量单元（SMU），电流测量分辨率1fA(2657A型)

当前

2600B系列数字源表测量单元（SMU）仪器

第一个双通道、半支架源测量单元（SMU）仪器(2602型)
第一个基于脚本的测量单元（SMU）仪器(2601/2602型)

2000

第一个具有并行测试扩展能力的测量单元（SMU）仪器(2600A系列)

第一个貌似数字多用表的半支架源测量单元（SMU）仪器(2400型)

第一个基于仪器的源测量单元（SMU）(23X系列)

1989

第一个1000V测量单元（SMU）仪器(237型)

1995

第一个1 kW脉冲测量单元（SMU）仪器(2430型)

第一个亚飞安测量单元（SMU）仪器(6430型)

系统数字源表®源测量单元（SMU）仪器

特性	2651A / 2657A 高电流/高电压	2634B / 2635B / 2636B 低电流	2602B / 2612B 双通道	2601B / 2611B 单通道	2604B / 2614B 双通道测试台
通道数	1（可选择扩展至32通道）	1～2（可选择通过TSP-Link® 扩展至64通道，用于2635B/2363B）	2（可选择通过TSP-Link® 扩展至64通道）	1（可选择通过TSP-Link® 扩展至32通道）	2
电流最大值/最小值	1（可选择通过TSP-Link®扩展至32通道）	2634B: 10A 脉冲/1fA 2636B, 2635B: 10A 脉冲/0.1fA	10A 脉冲/100fA	10A 脉冲/100fA	10A 脉冲/100 fA
电压最大值/最小值	2651A: 50A 脉冲/100fA 2657A: 120mA/1fA	200V/100nV	2602B：40V/100nV 2612B：200V/100nV	2601B：40V/100nV 2611B：200V/100nV	2604B：40V/100nV 2614B：200V/100nV
系统级自动化	数字I/O, TSP-Link, 接触检查	数字I/O, TSP-Link, 接触检查（2634B无此功能）	数字I/O, TSP-Link, 接触检查	数字I/O, TSP-Link, 接触检查	N/A
最大读数/秒	38,500 1μSec/pt.,18-bit数字转换器	20,000	20,000	20,000	20,000
计算机接口	GPIB, LAN (LXI), RS-232	GPIB, LAN (LXI), RS-232, USB	GPIB, LAN (LXI), RS-232, USB	GPIB, LAN (LXI), RS-232, USB	GPIB, LAN (LXI), RS-232, USB
连接器/线缆	2651A: 螺丝端子, 香蕉插头或三轴适配器 2657A: HV三轴, SHV	三轴	螺丝端子, 香蕉插头 或三轴适配器	螺丝端子, 香蕉插头 或三轴适配器	螺丝端子, 香蕉插头 或三轴适配器

特性	6430低电流数字源表	2430高功率数字源表仪器	2410高电压数字源表仪器	2420 / 2425 / 2440 高电流数字源表仪器	**2400 / 2401**低功率 数字源表仪器
电流最大值/最小值	105mA / 10aA	10.5A 脉冲 / 100pA	1.05A / 10pA	5.25A/ 100pA	1.05A / 10pA
电压最大值/最小值	200V / 1uV	200V / 1uV	1100V / 1uV	100V / 1uV	200V / 1uV
功率	2W	1100W	22W	110W	22W
最大读数/秒	256	2,000	2,000	2,000	2,000
接口	GPIB, RS-232, 数字I/O, 触发器链路触发器总线	GPIB, RS-232, 数字I/O, 触发器链路触发器总线	GPIB, RS-232, 数字I/O, 触发器链路触发器总线	GPIB, RS-232, 数字I/O, 触发器链路触发器总线	GPIB, RS-232, 数字I/O, 触发器链路触发器总线
连接器	三轴	香蕉插头（前/后）	香蕉插头（前/后）	香蕉插头（前/后）	香蕉插头（前/后）

吉时利仪器公司主办在线应用论坛，鼓励用户之间交流思想和讨论。
现在就加入讨论。

欲了解吉时利高性能源测量单元（SMU）怎样提高测试和测量应用效率的更多信息，
请与吉时利当地代表联系或者在线提问。

想了解更多信息？

通过电话、传真、信函或电子邮件与我们联系：

吉时利仪器
邮箱：china@keithley.com
网址：www.keithley.com.cn

向吉时利应用工程师咨询，了解如何充分利用吉时利产品。

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详细阅读本文件的英文原件。

更自信的测试

KEITHLEY
A Tektronix Company

KEITHLEY INSTRUMENTS, INC. ■ 28775 AURORA RD. ■ CLEVELAND, OH 44139-1891 ■ 440-248-0400 ■ Fax: 440-248-6168 ■ 1-888-KEITHLEY ■ www.keithley.com

BRAZIL
55-11-4058-0229
www.keithley.net.br

CHINA
86-10-8447-5556
www.keithley.com.cn

FRANCE
01-69868360
www.keithley.fr

GERMANY
49-89-84930740
www.keithley.de

INDIA
080-30792600
www.keithley.in

ITALY
02-5538421
www.keithley.it

JAPAN
Tokyo: 81-3-6714-3070
Osaka: 81-06-6396-1630
www.keithley.jp

KOREA
82-2-6917-5000
www.keithley.co.kr

MALAYSIA
60-4-643-9679
www.keithley.com

MEXICO
52-55-5424-7907
www.keithley.com

SINGAPORE
01-800-8255-2835
www.keithley.com.sg

TAIWAN
886-3-572-9077
www.keithley.com.tw

UNITED KINGDOM
044-1344-392450
www.keithley.co.uk

© Copyright 2013Keithley Instruments, Inc.

Printed in the U.S.A. No. 3188 051513