

如何对产品完成精确的直流耗电分析

随着移动通信设备的普及，以及智能设备的快速发展，电池供电的无线通信设备出现在各行各业。但由于电池技术的阻碍，产品的续航时间成为电子行业面临的一大问题。从芯片制造商，到电子产品的研发人员，整个行业都在花费更多精力，优化产品的耗电特性，以谋求更好的使用体验。

使用电池供电的电子产品，由于电池电压固定，输出电流的大小就直接反映了电子产品本身的功耗，如果能够精确测量出产品在不同工作状态下的电流变化情况，就可以掌握产品的耗电信息，进而推断出产品的工作时间，待机时间等关键数据。因此工程师们关心的产品直流功耗问题，实际就是电流测量问题。直流电流的精确测量一直是测试工程师面临的一个比较复杂的问题。如何在闭合的电流环路中精确测量毫安级，甚至微安级的微小电流，并且不对原有环路的工作状态产生影响，这对测试方法和测试设备都提出了严峻的考验。而这一测试要求，又大量存在于现实测试应用中。

传统的小电流采集方式包括在电流环路中串联精密电阻，通过测量电阻两端电压降的方式，推断环路电流值。以及直接串联数字万用表，或者使用示波器配合电流探头，通过霍尔效应进行电流测量等。这些方式都能在一定程度上完成电流测试，但其精度和易用性都不能完全达到要求。

串联精密电阻方式是最基础的电流测量方式之一，这需要工程师先在电路中预留测试点，并串联加入精密电阻。对小电流的测量往往需要选择较大的电阻，并配合高精度的电压测试设备。另一个需要注意的问题是，电阻在电流流过时会产生热量而导致自身阻值增大（在指标中由电阻的温度系数表示），这会影响测试结果的准确程度。大多数金属电阻的温度系数在0.4%左右，因此20度的升温将造成8%的阻值偏差。对小电流测试结果将产生非常大的影响。另外每一个电阻对应的电流测量范围有限，当电流呈现动态变化时，例如从10uA变化到1A，同样的电阻，两端电压降将变化10万倍，对于电压测量设备的动态范围提出了严酷的要求。因此对于电流变化范围较大的测试，往往会使用多个电阻针对不同范围的电流进行测量。

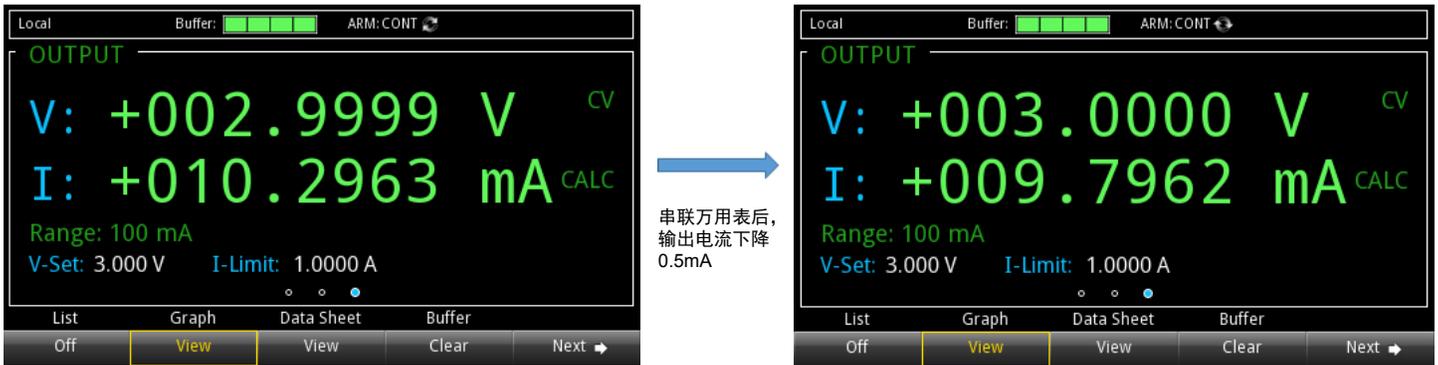
串联精密电阻的另一个弊端就是测试操作复杂，除了需要破坏原有的电流环路加入串联电阻外，还需要提供精确的电压测试设备，以及数据的回读和处理。对测试任务繁重的工程师，这将进一步加剧了他们的工作难度。

数字万用表一定程度上缓解了上述问题中的难度，目前商用的六位半数字万用表，电流测量精度均可达到微安级别。并同时提供多个测量量程，以覆盖更大的测量范围。同时通过选用温度系数小于10ppm的低自热电阻，减小温度对电流测量的影响。但如何将万用表接入电流环路仍是一个问题，用户需要切断环路，将万用表串联进去。另一个会产生测试误差的地方是由于串联万用表导致的电压降。在万用表的电流测量指标中，通常包含一个叫做Shunt Resistor 或者Burden Voltage 的项目，描述的是电流测量中，万用表内阻的大小，或者由这个内阻所造成的电压降。这个由串联万用表引入的阻值导致电源输出的电压没有全部加载在待测件两端，而是根据欧姆定律在待测件和万用表之间进行分压。随着电流的变化，万用表上的分压还会产生改变。因此，在串联万用表后，产品实际的消耗电流也会发生改变，有别于真实情况。

DC current	10.00000 mA 100.0000 mA 1.000000 A 3.00000 A	< 0.1 V Burden Voltage < 0.6 V < 1.0 V < 2.0 V	0.005 + 0.010 0.010 + 0.004 0.050 + 0.006 0.100 + 0.020	0.030 + 0.020 0.030 + 0.005 0.080 + 0.010 0.120 + 0.020	0.050 + 0.020 0.050 + 0.005 0.100 + 0.010 0.120 + 0.020	0.0020 + 0.0020 0.0020 + 0.0005 0.0050 + 0.0010 0.005 + 0.0020
------------	---	---	--	--	--	---

上图中的Burden Voltage 就是由于串联万用表时引入的电阻导致的。在不同量程下，为了保证测量精度，万用表内部会切换连接不同阻值的电阻，导致电压降的范围有所不同。而各个仪表厂商之间由于使用的串联电阻阻值也互不相同，导致即使使用同样是六位半分辨率的数字万用表，在同样的量程下，电流测试结果也可能各不相同，为使用者造成了很大的困惑。

在下图中，我们使用高测量精度电源为300欧姆的电阻供电，电源输出电压同为3V，左图中没有串联万用表，电源输出电流读数为10.2963mA。右图中串联有一个七位半的数字万用表，选用20mA量程。通过查手册得知，在20mA档位下，最大的burden voltage可以达到0.4V。在右图中可以看到，此时的通路电流下降到9.7962mA，串联万用表前后约有0.5mA的差别。这对于小电流测量，是非常大的误差。



示波器配合电流探头进行电流测量，由于使用霍尔效应，不需要破坏电流环路，因此在使用上最为方便。另外示波器的采样率非常高，对于动态电流的测量有很大的优势。但是由于示波器为8bit量化，对于小电流测量，其精度难以达到很高的指标，最高只能做到mA级别，因此对于低功耗设备的测量会有局限性。



相比这些传统测量方式，近年来逐渐有越来越多的用户开始使用高精度电源进行小电流测量，尤其是对于电池供电产品，高精度电源一方面可以取代电池，提供稳定的直流供电。另一方面，电流测量电路内置于电源输出端之前，因此对电源输出不会产生影响，可以达到对电流环路的无损测量，这是传统方式所无法达到的。

对应此类应用的高精度电源，需要至少具备以下几个能力，首先是高精度的测量功能，至少五位半以上的测量分辨率，才能达到微安级电流的测量精度，满足电子产品待机电流的测量要求。除了高分辨率的要求，同时还需要具备积分测量能力，以消除周期性噪声对测量结果的影响。这就需要电源具备万用表的测量和计算能力，才能应对这样的测试需求。

另外需要电源输出尽可能干净，纹波噪声峰峰值要控制在毫伏级。大的纹波噪声干扰会对小电流测量产生影响，因此线性电源是最好的选择。最后就是，电源需要有良好的瞬态响应特性，因为大多数移动通信设备消耗的电流波形为脉冲形式，电流变化速度快，脉冲幅度从几十毫安到几安培都有可能。这会导致普通电源输出电压产生波动。只有快速响应电源才能在此类负载条件下维持电压的稳定。常见的普通直流电源瞬态响应时间在几百微秒至几毫秒范围，这表示当负载产生跳变（脉冲电流出现）时，电源输出端的电压会产生波动，并需要几百微秒以上的时间才能恢复正常，这种电压波动可能对待测件产生各种不良的影响。电压的向上波动可能损害待测件，而向下的波动可能导致产品关机。专为动态负载优化过的快速响应电源，其瞬态恢复时间往往在100微秒以内，因此电压输出更为稳定，负载跳变时的电压波动也更小。

泰克吉时利公司于今年8月推出的创新性电源产品PMS 2280S，就是在考虑到以上因素后，针对小电流测试需求推出的高测量精度电源产品。其设计思路是将六位半数字万用表与高性能直流电源相结合，同时提供易于操作的图形化界面和方便的上位机接口。在为待测件提供稳定供电的同时，可以精确测量产品的直流耗电信息，为产品的耗电性能测试和优化提供帮助。



PMS 2280S 提供共四个电流测量量程，电流测量分辨率最高为10nA，电流测量精度最高精度可以达到0.05% + 10μA。可以应对待测件各种幅值的电流测量要求。另外提供的积分测量功能，通过设置积分时间，可以有效的消除工频以及各种倍频信号对直流测量的干扰，使直流测量更加准确。

作为一台高性能直流电源，除了具备良好的纹波噪声特性外，PMS 2280S 电源具备优异的瞬态响应能力，可以从容面对快速变化的负载电流，确保输出稳定的供电，不会对待测件产生不良影响。瞬态响应指标高达50μs，可代替电池为手机或其他移动通信产品进行供电。



负载电流跳变时，输出电压的波动

负载电流脉冲（1.5A -> 3A）

电流从1.5A 阶跃到3A 时，电源输出恢复时间约38 μ s

同时电源提供四线输出能力，可以消除线压降对供电精度的影响，保证全部输出电压均加载在被供电设备上。在实际测试中，只需要将电源代替电池，与待测件直接相连，设置输出电压就可以直接从电源上读取产品的耗电信息。

另外PMS 2280S 还提供了丰富的电流波形显示和测量功能，方便用户直接了解更详细的耗电信息，为直流功耗测量提供更得力的测试工具。

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。

KEITHLEY
A Tektronix Company

更自信的测试

吉时利仪器

全国免费电话：400-820-5835

Email: 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>。