

利用 Fluke 8808A 万用表 准确测量纳安级小电流

应用文章

电池供电设备的制造者对漏泄电流都非常熟悉，有时这种漏泄电流也被称为待机电流或暗电流。即使在电源开关关闭或设备根本没有“上电”时，电池供电的电路中总是存在一些电导，所以就会发生这种现象。

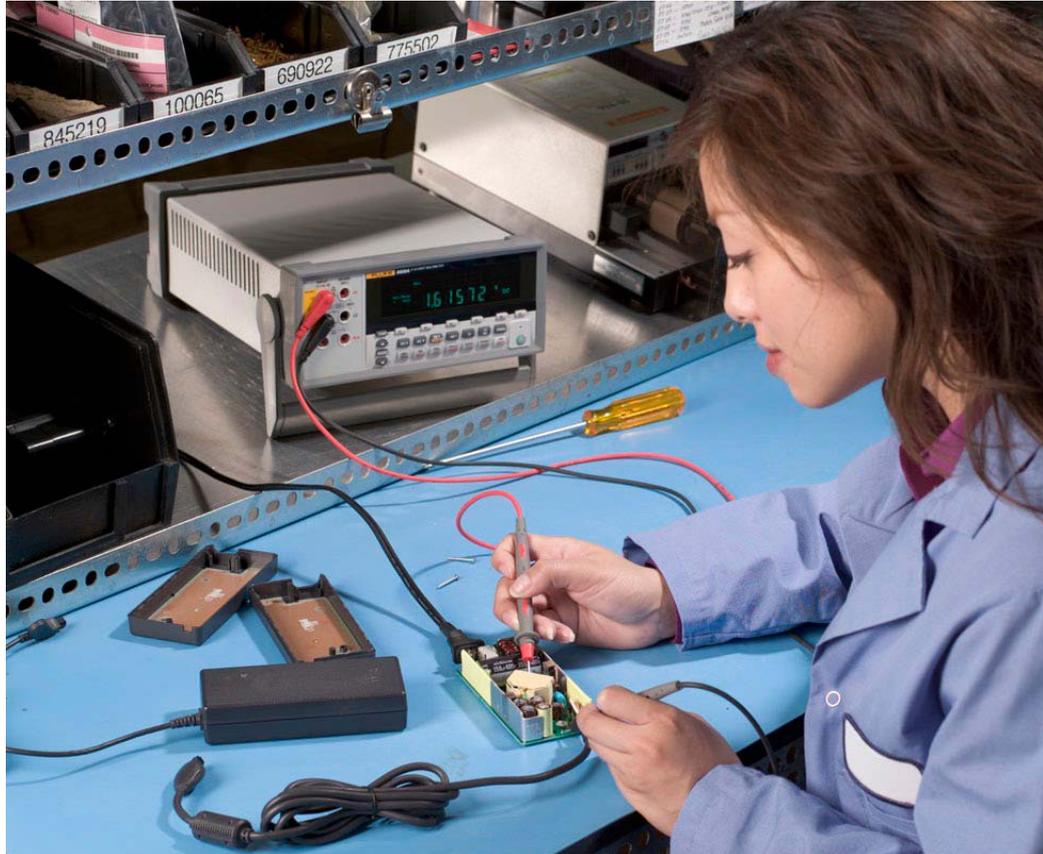
设计工程在研发时一定要考虑漏泄电流或待机电流。大量的电子产品，例如移动电话、微处理器控制的汽车音响和存储器电路，即使这些设备已经关闭，它们也会从电池吸收少量的电流。实际上，有些电子设备由于存在设计缺陷，漏泄电流过大，可能会过早地耗尽电池电量，从而使得电池寿命非常短。

当然，电子制造商的目的是保证产品工作，并在设计和组装阶段增加元件时进行不断的测试，以保证其产品质量。目前要特别重视的是，设计和测试工程师需要确认在产品内的电池经过充电，然后再关机一定的时间后，当再次加电时还要确保能够正常工作，不会发生电池过渡放电至电量耗尽。

值得注意的是，许多电子设备往往被集成到大型系统，例如汽车上安装的音响、时钟和诊断计算机。而总体设备制造商，本例中为汽车厂家，将会规定某个部件能够从电池消耗多大的漏泄电流。汽车厂家不希望由于车载电子设备的电流漏泄造成电池过渡放电。

测量待机漏泄电流

为了避免移动电池在短短几个小时后即电量耗尽，或者汽车音响在一上午就把汽车电瓶的电量耗尽，设计工程师在设计阶段就必须能够测量漏泄电流。然后，在生产阶段，测试工程师必须能够确保产品在发货时满足其技术条件（工作时间，等）。换句话说，为了避免漏泄电流太大，就必须确定漏泄电流的总量。



从表面看来，这项任务好像很简单：用一块高质量的数字多用表连接到相应的端子即可测得直流电流。但是，实际上并没有那么简单。因为漏泄电流通常仅为微安级，用传统的数字多用表进行测量并不准确。

不准确的原因是数字多用表通常是使用一个已知阻值的分压电阻的形式与被测电路串联进行测量的，这个分压电阻也叫分流器。当有电流通过时，数字多用表测量分流器上的压降，然后利用欧姆定律计算电流。这种用分流器的方法会在分流器上产生一个电压降，被称为分流器电压（请参见图 1）。根据基尔霍夫电压定律，电路的总电压中要减去这个电压。所以分流器电压就成为了误差源。产生的误差可能会达到 10%。

通过使用较小的分流器电阻，设计或测试工程师可减小误差量，并且数字多用表确实通过变化分流器电阻值来提供可选的电流量程。然而，使用低电阻值分流器将减小被测电压灵敏度，以致造成测量结果不准确或不稳定。为了使得从分流器得到的电压能至少可以使用最低的电压量程，一般为 100mV 或 200 mV 量程，1mA 量程的分流器阻值要达到 100Ω。

若是在数字多用表采用运算放大器 I-V 转换技术，在测量小电流时作为一个安培计与电路串联时，可以在输入阻抗有非常低的同时获得更好的测量准确度（请参见图 2）。

我们采用一个理论示范来介绍误差。电路电源为 1.2 V 直流，被测负载为 10 kΩ，计算获得的电流为 120 μA。然而，当采用了串联分压电阻（1kΩ）时，测得通过被测装置的电流下降为 109 μA 或更低。安培表的设计工程师常常会增大分压电阻值，来改善小电流测量的灵敏度。当分压电阻增大时，测量误差也会增大。

新式的 Fluke 8808A 数字万用表在 2000 μA 和 200 μA 两个量程内采用了使用运算放大器的“电流-电压转换器”。在这些量程下，运算放大器在电路中引起的输入阻抗非常小，并将未知的输入电流转换为电压，无需大阻值的分流器电阻，从而消除了分流器电压。所以，在选定的量程下进行小电流测量时，其分辨率高达 1 nA，准确度达 0.03%，而负载效应最小，测量结果能够真实反应实际应用情况。

现在已经是电池供电的微电子时代。由于对电池性能指标要求苛刻，待机电流测量准确度的重要性也会更加明显。如果我们能够用标准的台式万用表准确测量实际的纳安级电流，就可专心研究如何改善电池的性能。

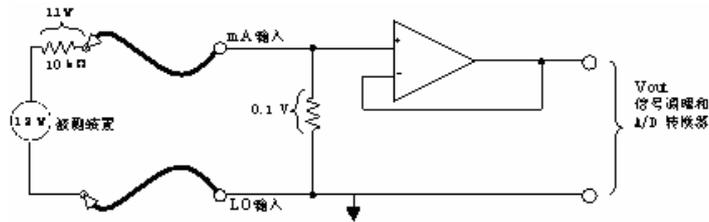


图 1. 分流万用表被做为安培表的电路。

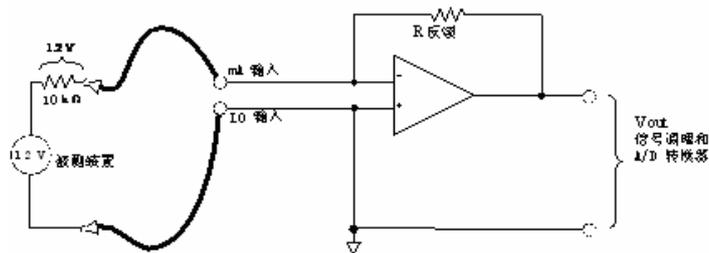


图 2. 反馈 DMM 被做为小电流安培表的电路。Fluke 8808A 就是这样的一款工具。

2 美国福禄克公司 利用 Fluke 8808A 万用表准确测量纳安电流

提防误差源

在进行小电流测量时，设计师和测试工程师应了解可能的误差源，以及如何消除其影响，这里有一些常见的故障点：

- 外部漏泄电流，例如污染引起的漏电流——污垢、油脂、助焊剂，等等。无论是被测设备、测试仪器本身，还是测试电缆或连接器，污染物都能为电流提供通路，从而引起测量误差。在设计阶段，工程师应该在测试之前用酒精清洁所有潜在的污染表面；在组装阶段，各方面的清洁是至关重要的。一个指印也可成为一个导体。
- 任何形式的噪声和干扰都会引起测量直流小电流读数的误差：
 - 交流干扰和噪声会使灵敏的放大器产生不正确的读数。可以采取滤波措施，并采用同轴电缆或屏蔽双绞线连接，可以降低读数误差。
 - 任何形式的交流干扰会造成测量结果的波动。振动也会造成导体相对于磁场的运动，从而在电路中产生容易引起误差的噪声。
 - 热能会使分压电阻或被测装置中的电路中的电子产生随机运动和碰撞，从而产生热噪声。噪声电压与电路中的电流和电路中的电阻值（包括被测装置和测量电路）的平方成正比。采用低阻值的分压电阻和反馈电阻，使用低噪声的优质电阻对降低噪声有一定作用。