

修改记录

更新日期	更新类型	更新人	更新内容
2015/7/11	A	Echo	新建文档
2017/5/13	A	Echo	增加电压档测量分流器电流功能说明

注:

M-->修改

A -->添加

作者 Echo <echo.xjtu@gmail.com>保留本文档最终解释权

保留文档更新但不在第一时间通知用户的权利

请使用 PDF 书签阅读本文档，快速定位所需内容！

更多信息请关注

作者博客: <http://blog.sina.com.cn/xjtuecho>

作者微博: <http://weibo.com/eth0>

作者淘宝: <http://shop114445313.taobao.com/>

作者 github 主页: <https://github.com/xjtuecho/>

最新文档和设备固件请访问 github 项目主页: <https://github.com/xjtuecho/uimeter/>

UIMeter 使用外接电流采样电阻

UIMeter 可以通过外接分流电阻，达到降低阻抗、扩大电流量程的目的，本文对两种方案进行介绍。

1 使用 UIProbe 打造最低阻抗 USB 表

1.1 USB 电流表低内阻的重要性

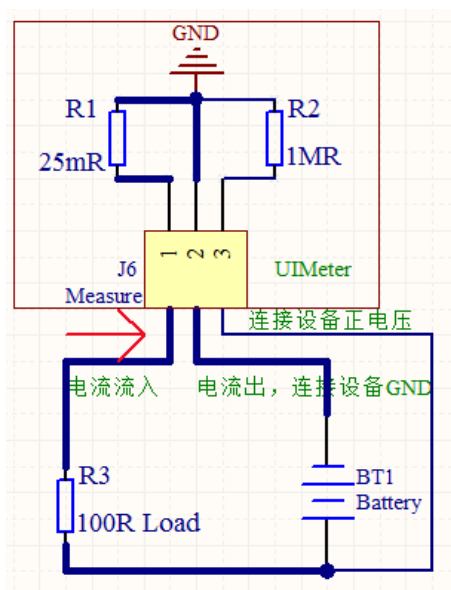


图 1 UIMeter 电流测量简化外部接线图

USB 电流表内阻会引起压降，很多开关降压充电的设备会检测输入电压，从而调节输入电流，典型设备如使用 BQ24195 方案的小米系列移动电源。更直观的现象是，本来不串电流表，充电电流可以超过 2A，接上电流表以后，充电电流掉到 2A 以下。

目前 UIMeter 本身不具备 USB-A 型接头，测试普通充电头时要么使用 MicroUSB 线，要么外接 USB-A 型接头，两种方法都不太令人满意，本身 MicroUSB 接触电阻偏大，而外接 USB-A 型公头接触电阻与连线电阻离散性偏大。

此外由于非四线测量，流过 MicroUSB 或者 USB-A 型接头连线的电流会导致 UIMeter 的电流偏低，这对于普通分辨率 10mA 左右的 USB 表不算什么，但是对于一台电流分辨率 0.1mA 的设备来说就相当客观了。

UIProbe 是专门为 UIMeter 开发的 USB 电压电流检测设备，也可以用于其它 USB 电流检测场合。产品设计目标是尽量降低由于 USB 表串入带来的内阻。

原理图和 3D 效果图见图 2 图 3。产品外观与市面上常见 USB 电压电流表类似，具备输入输出 USB-A 型接口，增加的 J3 接口通过 3 条导线连接 UIMeter 的 J6 端子。

UIProbe 的输入输出 USB 接口 D+和 D-数据线采用直连设计，可以传输数据，也可以支持各种快充技术。

UIProbe 还解决了 UIMeter 本身不具备 USB-A 型公插头的遗憾，可以更方便的进行测量。

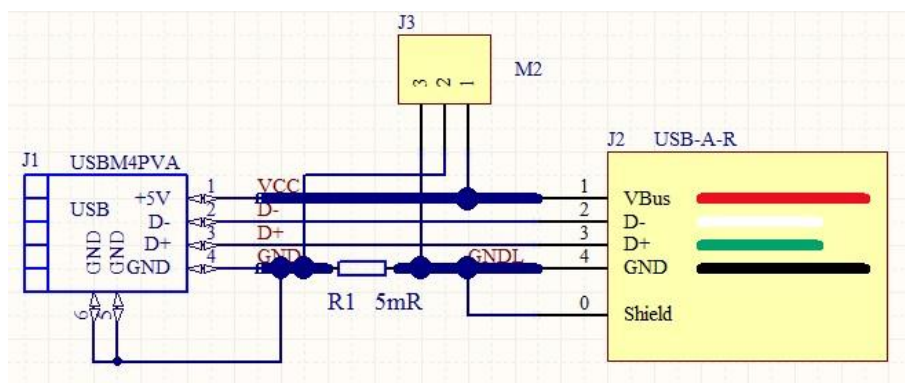


图 2 UIProbe 原理图

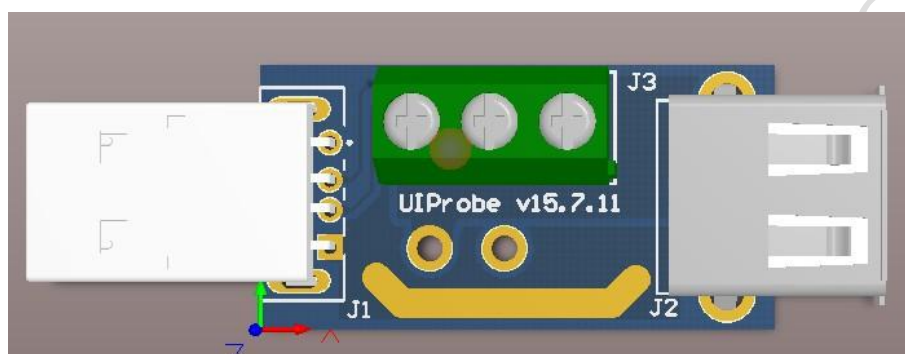


图 3 UIProbe 3D 效果图

1.2 USB 电流表内阻来源与抑制措施

USB 电流表的内阻来源大致有以下几个：USB-A 插头插座的接触电阻、电流检测电阻、PCB 铜箔电阻。

1.2.1 USB 插头接触电阻

USB-A 接头的接触电阻在整个 USB 电流表的内阻中占据了很大比例。一般常见的 USB 插头标称接触电阻小于 30mR（手册实际初始 15mR 左右）。长期插拔之后由于触点氧化，接触电阻会进一步增大。解决方法只能是选择更好的 USB 插头，选择大品牌、纯铜、镀金插头，接触电阻更小，更稳定。USB 插头比较有名的品牌有 Foxconn、TYCO、Molex 等，不同的 USB 插头，价格差 10 倍以上。

UIProbe 采用 Foxconn、TYCO 的 USB 纯铜镀金母座来降低接触电阻。

1.2.2 电流检测电阻

电流检测电阻是有用的，一方面，为了增大电流分辨率，希望电流检测电阻大一点；另一方面，为了降低压降，降低功耗，又希望电流检测电阻小一点，使用 MCP3421 作为 ADC 的电流表，要想达到真正的 0.1mA 电流分辨率，电流检测电阻不应该小于 20mR。UIMeter 保留了一定裕量，采用 25mR 电流检测电阻。如果电流分辨率降低要求到 1mA，那么电流采样电阻可以降低到 2.5mR。这个指标仍然优于市面上绝大多数 USB 电流电流表。

UIProbe 提供了 2512 电阻焊盘和锰铜丝电阻接口，可以灵活选择电流取样电阻，推荐电流取样电阻低于 5mR。

1.2.3 PCB 铜箔电阻

PCB 的铜箔电阻往往是被忽略的部分。实际上如果设计不合理，也会带来很大的电阻。常见 PCB 铜箔厚度为 1OZ，即 35um，铜的电阻率大约为 $17.5(\text{m}\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m})$ 。PCB 设计中常见的 50mil 宽度，1cm 长度的铜箔电阻为 $17.5 \cdot 0.01 / (1.27 \cdot 0.035) = 3.937\text{mR}$ ，已经接近 4 个 mR，如果铜箔宽度变小电阻还会增加，50mil 在 PCB 设计中算是很粗的走线了，这个电阻对于普通 PCB 设计可以忽略，但是 mR 级别的 USB 电压电流表内阻来说是不能忽略的，必须引起注意。

UIProbe 采用大面积铺地铜箔作为电流传输导线，同时电流关键路径采用了阻焊开窗设计，可以通过镀锡进一步降低走线铜箔电阻。

1.3 额外的好处：四线测量

从图 2 可以看出，如过 UIMeter 测量时使用外部供电，电压测量端子上是没有电流流过的，因此电压测量是准确的。

电流测量由于 UIMeter 内部 25mR 电流检测电阻的存在，会流过少部分电流，这个电流不会影响电流检测精度，可能的缺点是端子接触电阻每次接线会有变化，导致精度存在一定波动的可能性。解决方法很简单，去掉 UIMeter 内部 25mR 电流检测电阻，或者用 2.2R 电流检测电阻的高分辨率版本切换成标准版本进行测量。

四线测量意味着，对连接 UIMeter 和 UIProbe 的 3 根导线没有过高的要求，可以用细长线，这对测量是有好处的。

2 外接分流器扩大电流量程

2.1 电流测量范围的限制因素

外接电流采样电阻的另外一个好处是扩大电流测量范围。

使用 UIMeter 自带 25mR 电流取样电阻，不调整电流校正系数情况下，电流测量范围可达 80，80A 时电流采样电阻上的压降为 $0.025 \cdot 80 = 2\text{V}$ ，在 UIMeter ADC 的量程范围内。但是此时电流采样电阻上的功率耗散为： $0.025 \cdot 80^2 = 160\text{W}$ ，这个功率显然太大了，即使对于外接的分流器也是无法接受的。

此外，UIMeter 使用的 5.08 端子最大电流是 16A，也是无法承受更大电流的。

2.2 锰铜分流器规格

解决方法是使用外置锰铜分流器，外观参考图 4。

常见锰铜分流器电压降有：20mV、30mV、50mV、60mV、100mV、150mV 等多种，其中 75mV 为最常用。

额定电流有以下几种：10 A、15 A、20 A、25 A、30A、50A、75A 等。



图 4 锰铜分流器外观

2.3 接线与设置

以 75mV/75A 锰铜分流器为例，等效电阻为 1mR。将图 2 中的电阻 R1 更换成锰铜分流器，配合合适的接线端子，可以打造一款电流测量范围 $75+3=78A$ 的电压电流测量采集设备。

外部 1mR 锰铜分流器与 UIMeter 内置 25mR 电阻并联分流，锰铜分流器流过额定 75A 电流时额定电压为 75mV，此时流过 UIMeter 内部分流器的电流为 $75/25=3A$ ，由此可见大部分电流都从外接的锰铜分流器流过。

1mR 与 25mR 并联，电阻值略小于 1mR，电流灵敏度降低了 25 倍，UIMeter 电流分辨率由 0.1mA 降低为 $0.1 \times 25=2.5mA$ ，这对于一台量程 78A 的设备来说已经很高了，即使是 2.5mA 电流分辨率也优于市面上大部分低端 USB 表。

记住：ADC 位数一定的条件下，量程和分辨率是一对矛盾，需要按照需求进行折衷设计。

2.4 使用电压档测量分流器电流

UIMeter v17.5.11 固件增加了使用电压档测量分流器电流功能。避免了外接分流器拆内置检流电阻的麻烦，接线见图 5。可以兼容市面行绝大多数 75mV 分流器。其它量程分流器可以根据电阻折算成 75mV 分流器设置量程。

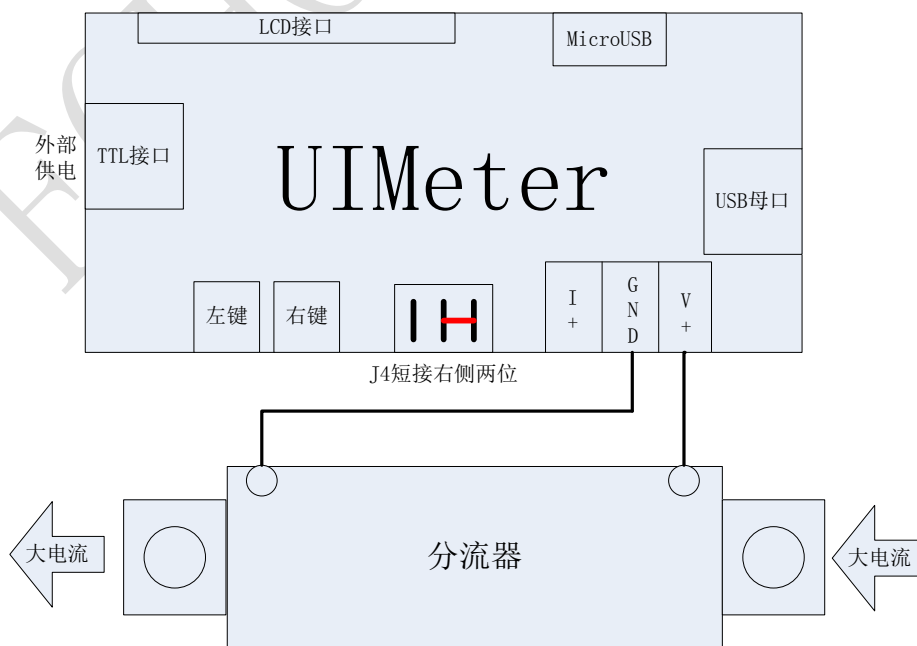


图 5 使用电压档测量分流器电流接线图