

测试对象的输出阻抗和电压计的输入阻抗对测试值的影响

1. 输出阻抗 · 输入阻抗的影响

为了正确的测试电压，需要十分注意测试对象（电压源）的输出阻抗和电压计的输入阻抗。虽然理想的电压源的输出阻抗是 $0\ \Omega$ ，但实际上一定会存在着几 Ω 的输出阻抗的（图 1）。大型电池有时能达到数 $m\Omega$ ，小型电池有时也会达到数百 Ω 。在测试电阻应变片等的电桥输出电压（图 2）或者是测温（温敏）电阻又或是热敏电阻的输出电压时，需要假设数百 Ω 到数百 $k\Omega$ 的输出阻抗。即使是测试输出阻抗较小的测试对象，在用测试探头接触时，也需事先设想到因测试探头的老化而造成的数 $k\Omega$ 的接触阻抗。（图 3）

在测试对象的输出阻抗较大时，会和电压计的输入阻抗分压，导致测试值的衰减（图 4）。举个例子，用输入阻抗为 $10\ M\Omega$ 的电压计，测试输出阻抗为 $1\ k\Omega$ 、开路电压 $3\ V$ 的线圈型电池时，

$$\frac{10M\Omega}{10M\Omega + 1k\Omega} \times 3V = 2.9997V$$

约有 0.01% 的误差。为了测试时不受输出阻抗的影响，需要用到输入阻抗较大的电压计。一般的数字万用表的话， $100\ V$ 量程以及 $1000\ V$ 量程约 $10\ M\Omega$ ， $10\ V$ 以下的量程可以选择 $10\ M\Omega$ 或 $10\ G\Omega$ 以上的输入阻抗（表 1）。测试 $10\ V$ 以下电压时，可以把输入阻抗设为 $10\ G\Omega$ 以上，来大幅减轻受到测试对象的输出阻抗的影响。

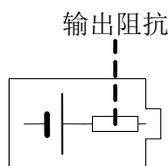


图 1. 输出阻抗

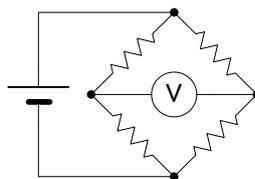


图 2. 电阻应变片的测试

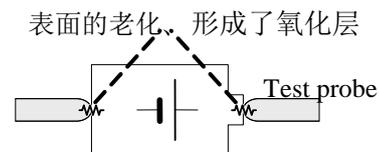


图 3. 测试探头的接触

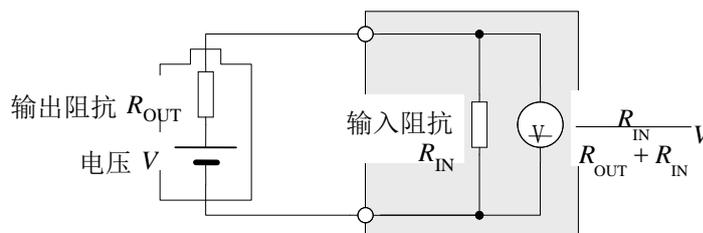


图 4. 电压源的输出阻抗和测试值

2.

表 1. 数字万用表的输入阻抗

Measurement range	Input resistance R_{IN}
100mV	10M Ω or >10G Ω
1000mV	
10V	
100V	10M Ω
1000V	

3. 测试时的注意事项

一般的电压计在输入的部位上，都设有除去高频成分信号的电容。在连接测试对象时，该电容就会被充电（图 5）。电压计的输入阻抗较低（10 M Ω 等）时，会因输入阻抗而让电容被放电。另一方面，输入阻抗较高（>10 G Ω 等）时，即使分离测试对象电容也基本不会放电。因此，即使分离测试对象，还是会继续显示与刚测完的电压值相近的数值（图 6）。

可以一边确认测试值，一边进行作业的话，上述的问题并不是问题。但是把复数的测试对象用继电器去一边自动切换一边测试时（扫描测试）就需要注意了。图 7 和图 8 为 2 个电池通过继电器切换去测试时的情况。假设一个 3.7 V 的电池在 Ch. 1 被正常的连接，一个 3.6 V 的电池因为测试探头的磨损等并未能正常的接触到 Ch. 2。测试 Ch. 1 时，因为测试探头是接触到的，可以得到正常的 3.7 V 的测试值（图 7）。而另一边，测试 Ch. 2 时测试探头并未接触，但却因为在测试 Ch. 1 时电容被充电了所以显示出了 3.7 V 前后的测试值（图 8）。这个现象，可以通过降低电压计的输入阻抗（10 M Ω 等）来回避。但就像前面所说的，如果测试探头的接触阻抗有所上升时，测试误差也会变大。

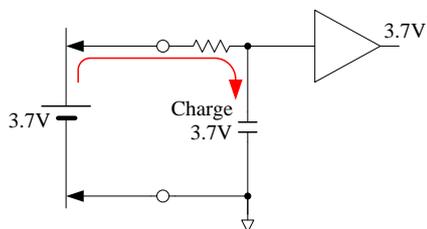


图 5. 连接测试对象

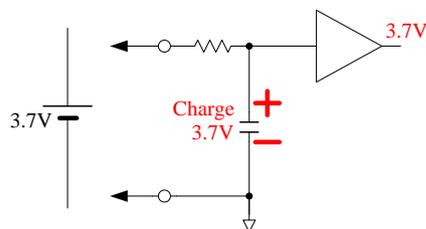


图 6. 电容中的残留电荷

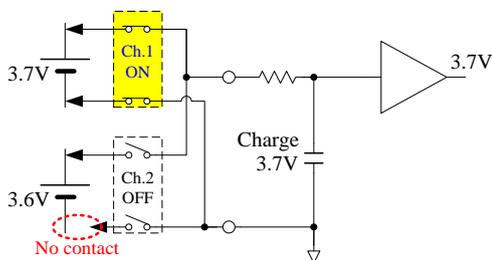


图 7. Ch. 1 测试时（正常）

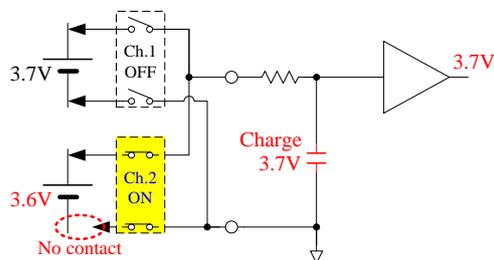


图 8. Ch. 2 测试时（测试探头未接触）

4. 实际的测试值

这里准备了 18650 尺寸的锂离子电池 3 个，然后按照图 9 的测试系统从 Ch. 1 到 Ch. 3 进行了 5 次的扫描测试。

图 10 为全通道正常连接后的测试结果。其中 Ch. 2 比较稳定，得到了本来的 3.845 V 的测试值。图 11 为 Ch. 2 开路后测试的结果。Ch. 2 中、测得了与 Ch. 1 的测试值相近的 4 V 前后的测试电压值。

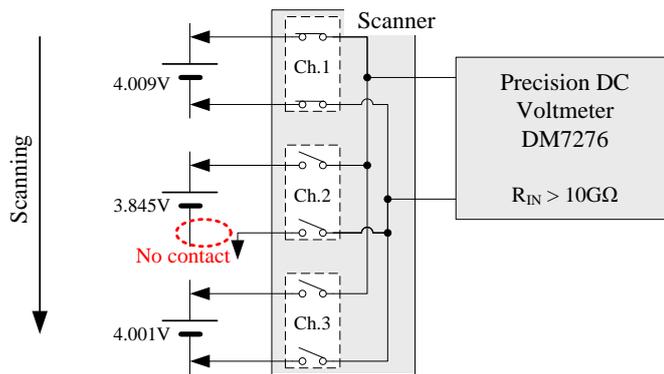


图 9. スキャン測定の接続図

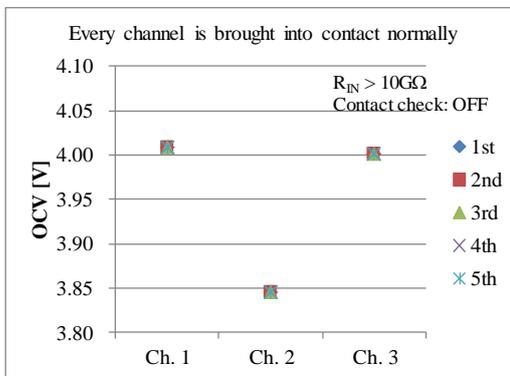


图 10. 全通道正常测试

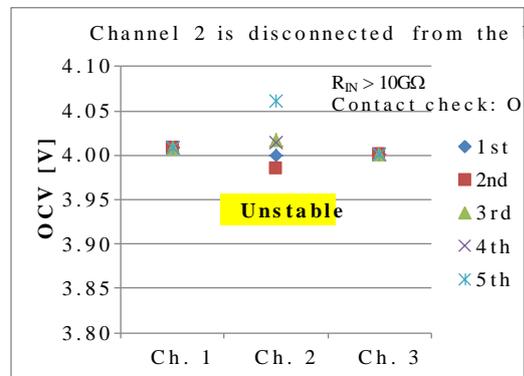


图 11. Ch. 2 开路测试

