

实验题目：仪器使用及常用基本电量的测量

班级：工 82

学号：2018010895

姓名：刘子源

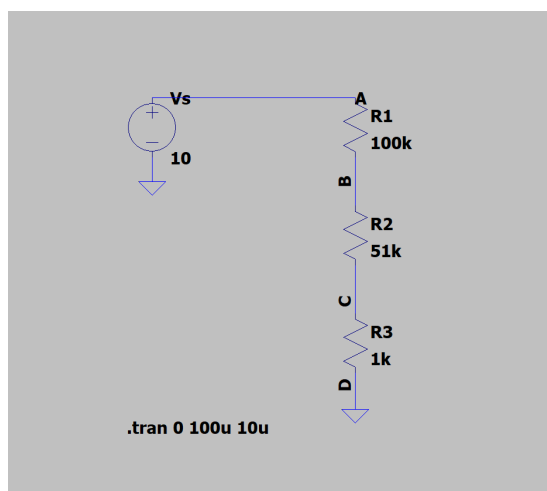
日期：2019.3.20

一、实验目的

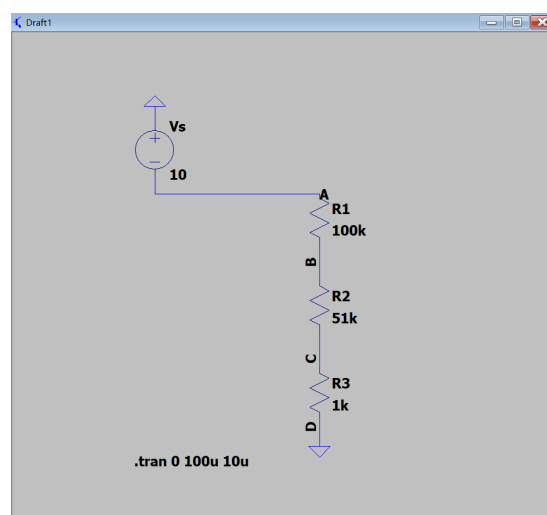
1. 掌握直流稳压电源、数字万用表的使用方法。
2. 掌握电压、电流和电阻的测量方法。
3. 理解仪表内阻对测量结果的影响
4. 通过对电阻的测量，了解器件的偏差，理解测量误差

二、实验电路图及其说明

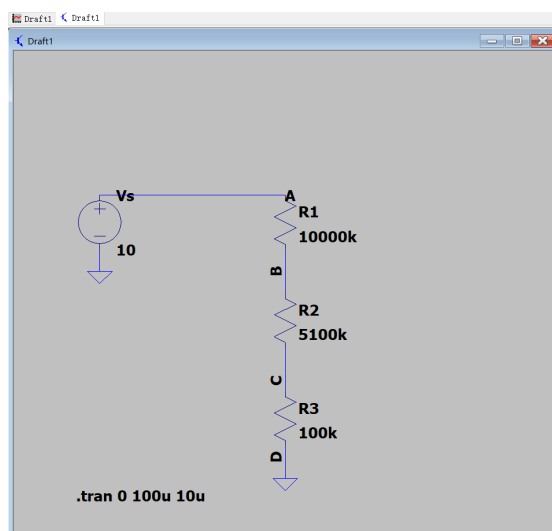
在用数字万用表测量直流电压实验中，将三个电阻串联，用万用表的电阻档分别测量 AB、BC、CD、AC、BD、AD 两端电压，并根据 CD 两端电压与 R_3 阻值间接测出电路电流。三次测试的电路图如下。



第一次测试中， $V_s = +10\text{ V}$ ， $R_1 = 100\text{ k}\Omega$ ， $R_2 = 51\text{ k}\Omega$ ， $R_3 = 1\text{ k}\Omega$



第二次测试中， $V_s = -10\text{ V}$ ， $R_1 = 100\text{ k}\Omega$ ， $R_2 = 51\text{ k}\Omega$ ， $R_3 = 1\text{ k}\Omega$



第三次测试中, $V_s = +10\text{ V}$, $R_1 = 10\text{ M}\Omega$, $R_2 = 5.1\text{ M}\Omega$, $R_3 = 100\text{ k}\Omega$

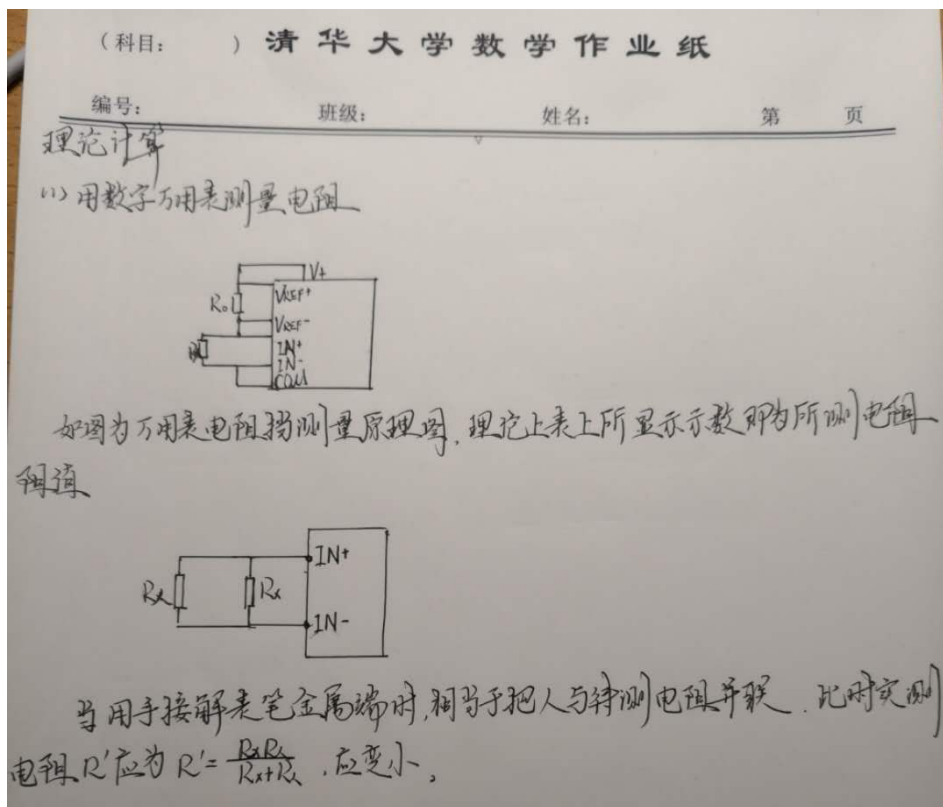
三、 预习

理论计算

1. 用数字万用表测量电阻

(1) 数字万用表置于电阻测量档, 双手握住表笔保护环的后端即橡胶部分, 用万用表分别测量 5 个 $200\text{ k}\Omega$ 的电阻和 5 个 $1\text{ k}\Omega$ 的电阻, 注意根据所测电阻阻值的不同更换万用表的档位, 使显示的位数尽可能多, 以提高测量精度, 并记录测量结果。

(2) 用双手分别握住表笔的前端金属部分, 测量 1 个 $200\text{ k}\Omega$ 的电阻, 观察所看到的现象并加以分析。

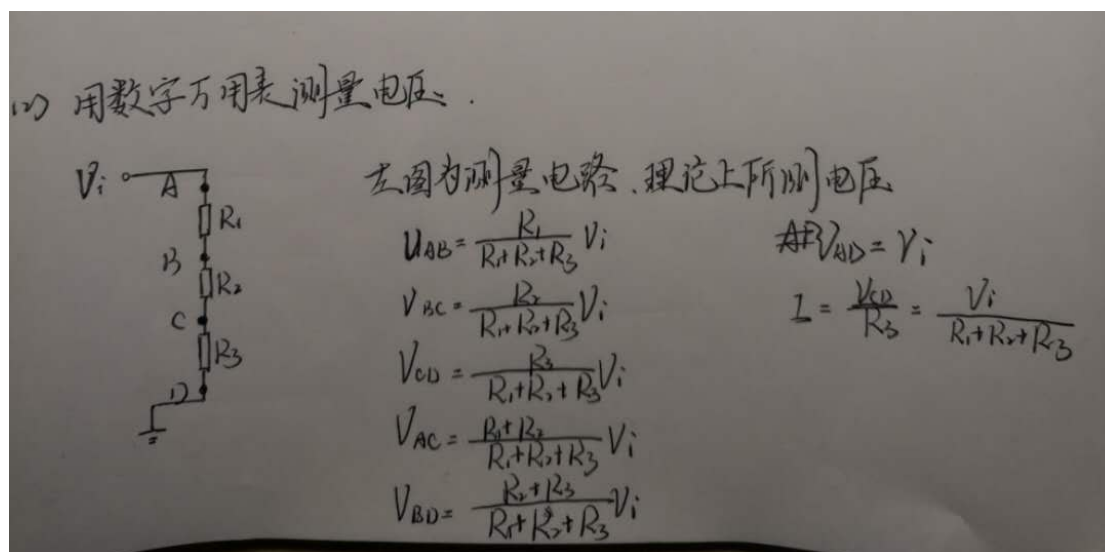


2. 用数字万用表测量直流电压

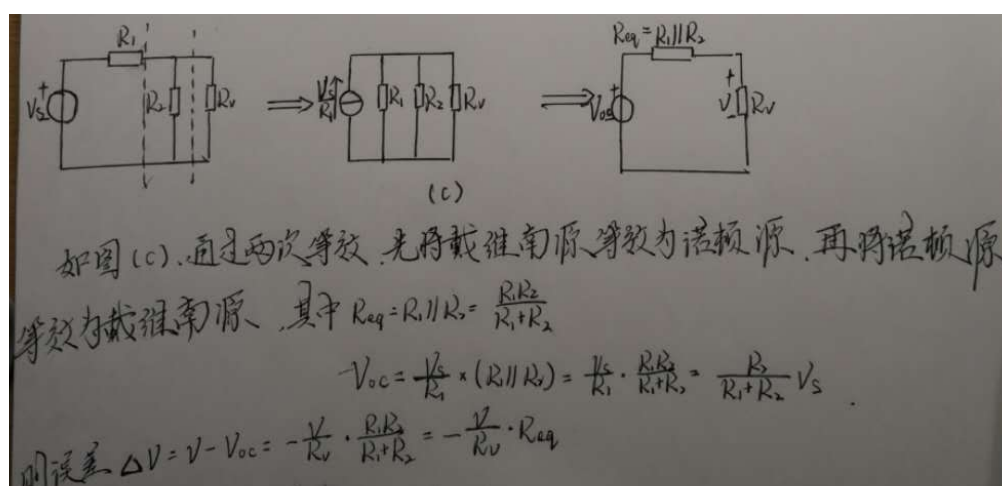
(1) 将 $R_1=100\text{ k}\Omega$ 、 $R_2=51\text{ k}\Omega$ 、 $R_3=1\text{ k}\Omega$ 三只电阻按图 5.1 与直流稳压电源连接，其中输入电压 V_i 由直流稳压电源产生。设置 V_i 为 $+10.0\text{V}$ ，分别测量 A-B、B-C、C-D、A-C、B-D、A-D 之间的电压值，并记录测量结果。

(2) 将 $R_1=100\text{ k}\Omega$ 、 $R_2=51\text{ k}\Omega$ 、 $R_3=1\text{ k}\Omega$ 三只电阻按图 5.1 与直流稳压电源连接，其中输入电压 V_i 由直流稳压电源产生。设置 V_i 为 -10.0V ，分别测量 A-B、B-C、C-D、A-C、B-D、A-D 之间的电压值，并记录测量结果。

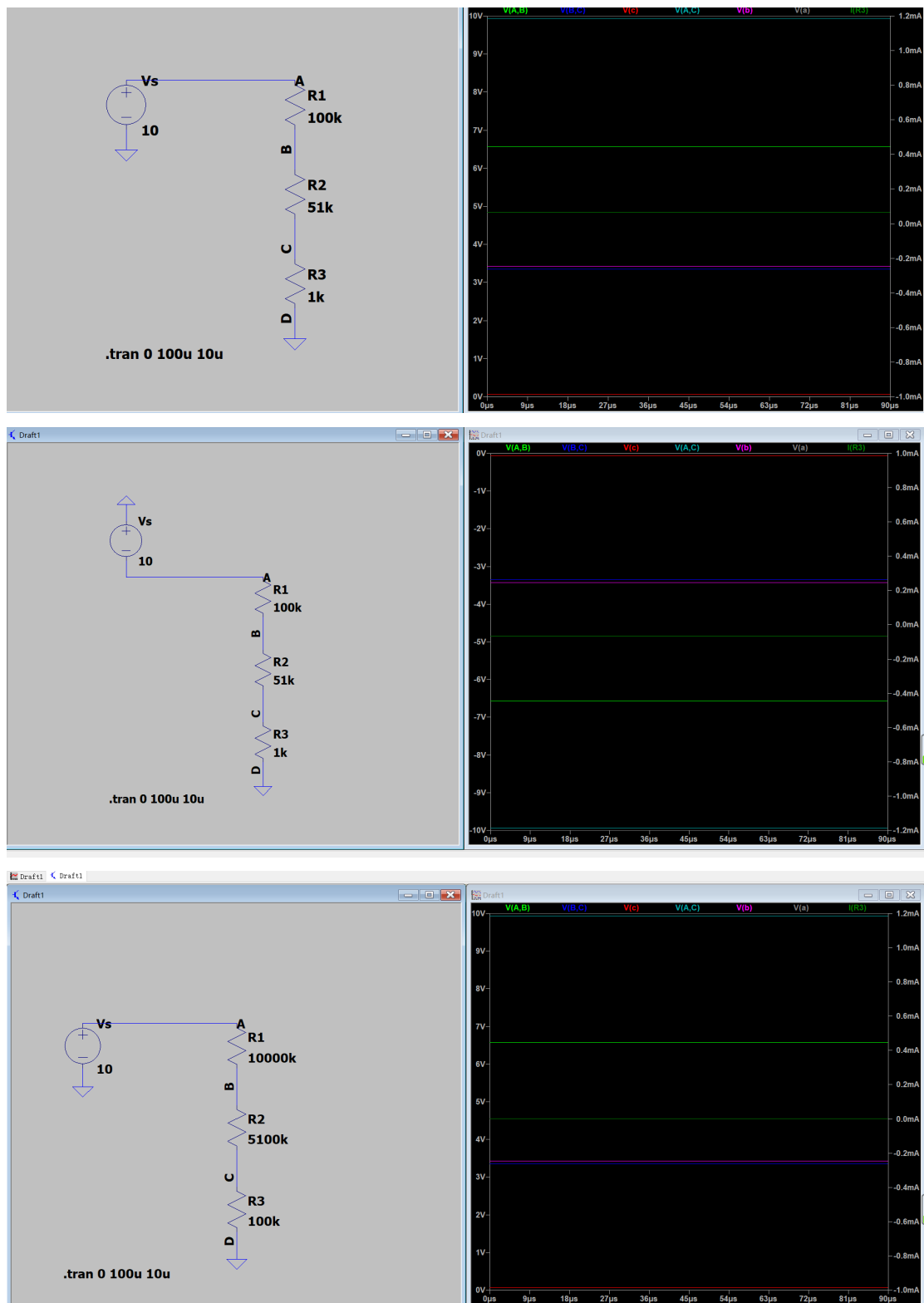
(3) 将 $R_1=10\text{ M}\Omega$ 、 $R_2=5.1\text{ M}\Omega$ 、 $R_3=100\text{ k}\Omega$ 三只电阻按图 5.1 与直流稳压电源连接，其中输入电压 V_i 由直流稳压电源产生。设置 V_i 为 $+10.0\text{V}$ ，重复测量 A-B、B-C、C-D、A-C、B-D、A-D 之间的电压值，并记录测量结果。



3. 考察万用表内阻对测量结果的影响，设计的电路、修正前和修正后的测量结果。



仿真结果



实验表格

1. 用数字万用表测量电阻

阻值\测量值	1	2	3	4	5
200k Ω					
1k Ω					

双手握住表笔前段测量 200k Ω 电阻的阻值为: _____

2. 用数字万用表测量直流电压

测试条件	A-B	B-C	C-D	A-C	B-D	A-D	由 C-D 电压换算的电流值
$R_1=100\text{ k}\Omega$ $R_2=51\text{ k}\Omega$ $R_3=1\text{ k}\Omega$ $V_i=+10.0\text{ V}$							
$R_1=100\text{ k}\Omega$ $R_2=51\text{ k}\Omega$ $R_3=1\text{ k}\Omega$ $V_i=-10.0\text{ V}$							
$R_1=10\text{ M}\Omega$ $R_2=5.1\text{ M}\Omega$ $R_3=100\text{ k}\Omega$ $V_i=+10.0\text{ V}$							

3. 考察万用表内阻对测量结果的影响

	V_1	V_2	V_3	V_4
理论值				
测量值				
修正后				

四、实验数据

刘子博

1. 用数字万用表测量电阻

阻值\测量值	1	2	3	4	5
200k Ω	198k Ω	198k Ω	199k Ω	196k Ω	195k Ω
1k Ω	997 Ω	998 Ω	995 Ω	993 Ω	992 Ω

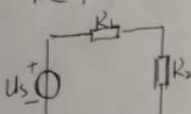
双手握住表笔前段测量 200k Ω 电阻的阻值为: 155k Ω

2. 用数字万用表测量直流电压

测试条件	A-B	B-C	C-D	A-C	B-D	A-D	由 C-D 电压换算的电流值
$R_1 = 100\text{ k}\Omega$ $R_2 = 51\text{ k}\Omega$ $R_3 = 1\text{ k}\Omega$ $V_i = +10.0\text{ V}$	6.56V	3.35V	0.07V	9.95V	3.42V	10.02V	70mA
$R_1 = 100\text{ k}\Omega$ $R_2 = 51\text{ k}\Omega$ $R_3 = 1\text{ k}\Omega$ $V_i = -10.0\text{ V}$	-6.54V	-3.34V	-0.065V -0.06V	-9.92V	-3.40V	-9.98V	65mA
$R_1 = 10\text{ M}\Omega$ $R_2 = 5.1\text{ M}\Omega$ $R_3 = 100\text{ k}\Omega$ $V_i = +10.0\text{ V}$	4.86V	2.54V	0.065V 0.07V	9.84V	2.59V	10.00V	65mA

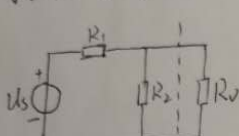
3. 观察万用表内阻对测量结果影响

设计电路

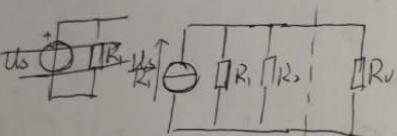


测量电路

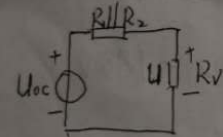
接上万用表后实际电路为



第一次等效



第二次等效



其中 $U_{oc} = U_s \cdot (R_1 || R_2) = \frac{U_s}{R_1} \cdot \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_s$

即 R_2 两端真实电压值 ($R_v = +\infty$ 时测得电压值)

那么误差 $\Delta U = U - U_{oc} = -\frac{U}{R_v} \cdot \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = -\frac{U}{R_v} R_{eq}$

在这里 $R_{eq} = 10 M\Omega$

修正后电压为 $U_2 = U + (-\Delta U)$

R_2 两端

先测得 $R_1 = 10.1 M\Omega$
 $R_2 = 10.9 M\Omega$
 $R_{eq} = R_1 || R_2 = \frac{3.91}{10.1 + 10.9} M\Omega$

测得 R_2 两端电压 $U = 4.91 V$

$\Delta U = -\frac{U}{R_v} \cdot R_{eq}$
 $= -\frac{4.91}{10} \times \frac{3.91}{10.1 + 10.9}$
 $= -1.92 V$

修正后 $U_2 = -\Delta U + U = 6.83 V$

为理论值 $U_{理论} = 10 \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 6.41 V$

与测量值相比, 误差明显减小。

陈名远

五、实验数据整理与分析

数据整理

阻值\测量值	1	2	3	4	5
200k Ω	198 k Ω	198k Ω	199k Ω	196k Ω	195k Ω
1k Ω	997 Ω	998 Ω	995 Ω	993 Ω	992 Ω

测试条件	A-B	B-C	C-D	A-C	B-D	A-D	由 C-D 电压换 算的电 流值
$R_1=100\text{ k}\Omega$ $R_2=51\text{ k}\Omega$ $R_3=1\text{ k}\Omega$ $V_i=+10.0\text{ V}$	6.56V	3.35V	0.07V	9.95V	3.42V	10.02V	70mA
$R_1=100\text{ k}\Omega$ $R_2=51\text{ k}\Omega$ $R_3=1\text{ k}\Omega$ $V_i=-10.0\text{ V}$	-6.54V	-3.34V	-0.065V	-9.92V	-3.40V	-9.98V	65mA
$R_1=10\text{ M}\Omega$ $R_2=5.1\text{ M}\Omega$ $R_3=100\text{ k}\Omega$ $V_i=+10.0\text{ V}$	4.86V	2.54V	0.065V	9.84V	2.59V	10.00V	65mA

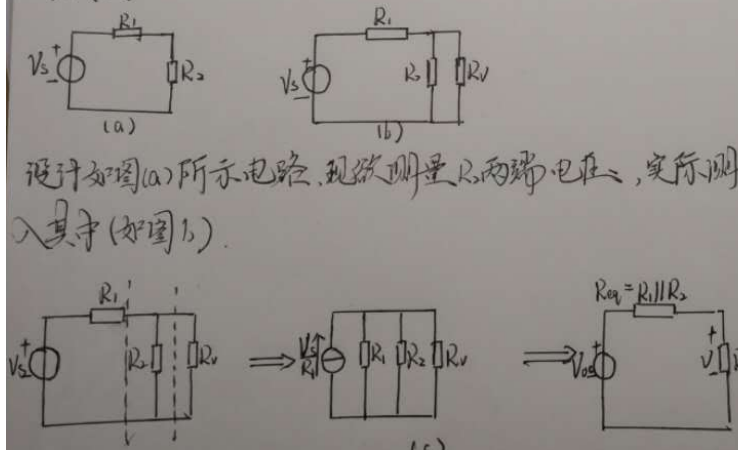
测量电压时由万用表内阻造成的误差分析

误差分析

误差可分为系统误差和随机误差，随机误差可通过多次测量求平均值、去掉极端数据等方法来减弱或消除，这里主要分析系统误差（即万用表内阻造成的误差）

数字万用表内阻为 $10M\Omega$ ，多数情况下产生的误差可忽略不计，但当接入电阻阻值与内阻是一个数量级时，则不得不将其考虑在内。

等效法



设计如图(a)所示电路，现欲测量 R_2 两端电压，实际测量时，电压内阻 R_V 接入其中（如图b）。

如图(c)，通过两次等效，先将戴维南源等效为诺顿源，再将诺顿源等效为戴维南源，其中 $R_{eq} = R_1 \parallel R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

$$V_{oc} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_s = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_s$$

$$V = V_{oc} - V_{oc} \cdot \frac{R_{eq}}{R_V} = -\frac{V_{oc}}{R_V} \cdot R_{eq}$$

则误差 $\Delta V = V - V_{oc} = -\frac{V_{oc}}{R_V} \cdot R_{eq}$

修正后 R_2 两端电压为 $V_2 = V + (-\Delta V)$

六、实验总结

通过本次实验，我掌握了数字万用表测量电阻和电压的正确使用方法，了解了万用表内阻对测量的影响并设计了修正电路。

数字万用表测量电阻的使用方法

1. 被测电阻一定要与电源、其他电路断开，避免将其他元件并入其中使测量不准或损坏万用表。
2. 万用表置于电阻测量档，且从高档位开始降低档位，在不超过量程的前提下，使显示位数尽可能多，以提高测量精度。
3. 双手应握住表笔的橡胶部分，不能接触金属部分。
4. 测量时，表笔两端分别与电阻两端引脚相连。
5. 对同一电阻应多次测量取平均值，以减小随机误差。

6. 测量结束后，关闭数字万用表的开关。

数字万用表测量电压的使用方法及误差修正

1. 测量电压时，首先确定测量的是直流电压还是交流电压，否则轻则在实验课上浪费大量时间检查电路，重则损坏电表。
2. 确定电压类型后，将表笔与待测两点相接，从高量程到低量程调节量程，使示数尽量大以减小误差，注意不要超过量程。
3. 切记不要用手接触表笔金属端！后果十分严重。
4. 测量结束后，关闭数字万用表的开关。

万用表测量电压时实际上是将自身内阻并联进电路，由于万用表有着 $10\text{M}\Omega$ 的内阻，在测量小电阻两端电压时误差可以忽略不计，但当测量阻值相当的电阻两端电压时则会产生不容忽视的误差，由于万用表并入电路后会使测量部分电路电阻变小，分压变小，测量值会较实际值偏小。这时要想办法修正误差。

我采用的是两步等效的方法，具体理论推理过程见上面“实验数据整理与分析”，原理就是在不改变对外端口的 $U-I$ 关系条件下，内部电路可通过一系列等效方法化简，而不改变外电路的工作状态。

七、思考题解答

1. 用数字万用表对电路进行测量时，为什么人体不能碰触被测电路的金属部分？

解答：这道题可以从两方面考虑。一方面，在测量电阻时，如果人体不能碰触被测电路的金属部分，相当于将人体并入电路，那么实际测量的将会是人体和电阻并联后的阻值，人体电阻不容忽略，以下为人体不同部位在不同状态下的阻值：

状况或部位	电阻值
干燥，手腕到大地（经皮肤）	$100\text{k}\Omega - 600\text{k}\Omega$
潮湿，手腕到大地（经皮肤）	$1\text{k}\Omega - 6\text{k}\Omega$
潮湿，手腕到手腕（经皮肤）	$6\text{k}\Omega - 20\text{k}\Omega$
身体：头到脚	$400\Omega - 600\Omega$
耳到耳	100Ω

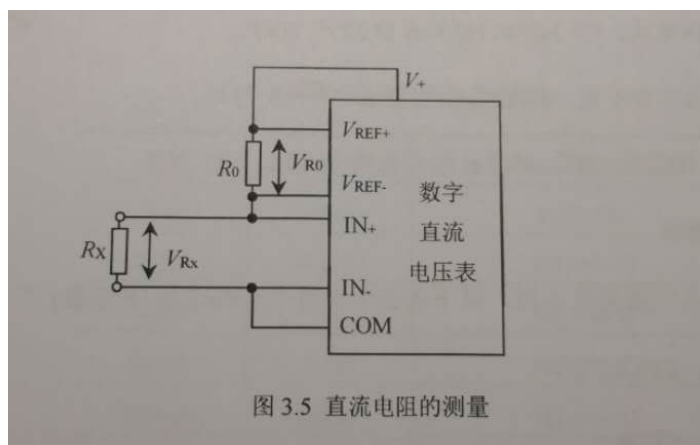
综上所述，测量电阻时双手接触表笔金属部分时，测量值会偏小。

另一方面，当测量电压或电流时用手接触表笔金属端时，情况就更危险了。这时候相当于把人体接入的电路，其后果可想而知。

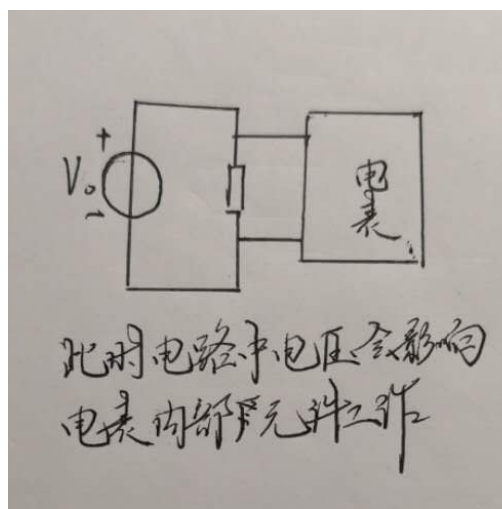
综上所述，用数字万用表对电路进行测量时，一定不要碰触被测电路的金属部分！

2. 结合数字万用表测量电阻的原理，用数字万用表测量电路中的某一电阻阻值时，必须将被测电阻从电路中断开吗？

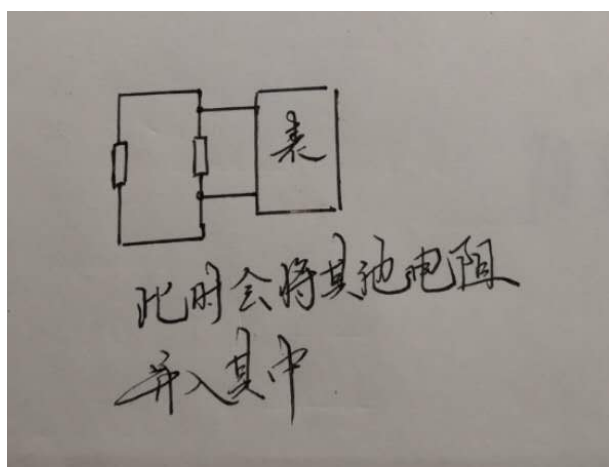
解答：我的答案为是的。同样从两方面考虑。



上面是数字万用表测量电阻时的原理图，我们可以看到，万用表内部是有电源的。如果不将待测电阻从电路中断开，可能会将电路中的电源接入测量电路，从而影响万用表的正常工作，甚至损坏电表的内部电源或其他元件。

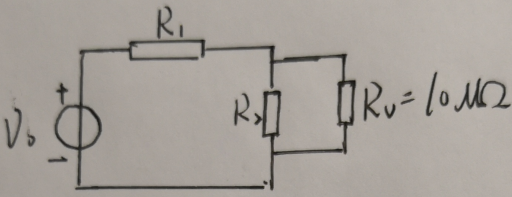


另一方面，电路中还有其他电阻等元件，不断开电路的话，可能导致电路其他部分并入测量电路，从而使测量不准。



3. 结合实验分析回答数字万用表的内阻对电压测量结果的影响？

解答: 数字万用表测量电压时必然会将自身电阻并入被测电路中, 使测量部分电阻变小, 分压变小, 最终导致测量值偏小。由于万用表有着高达 $10\text{M}\Omega$ 的内阻, 在测量小电阻两端电压时内阻产生的误差可以忽略不计, 但当测量阻值相当的电阻两端电压时则会产生不容忽视的误差, 这时要想办法修正误差, 修正方法在前面已详细介绍。



当 $R_1 = R_2 = 1\text{k}\Omega$ 时

$R_2 \parallel R_V = 999.00\Omega$ 误差忽略不计

当 $R_1 = R_2 = 5\text{M}\Omega$ 时

$R_2 \parallel R_V = 3.33\text{M}\Omega$

$U_{R_2 \parallel R_V} = \frac{R_2 \parallel R_V}{R_1 + R_2 \parallel R_V} V_0 = 0.4 V_0$

理论上 $V_{R_2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_0 = 0.5 V_0$

可以看出, 此时误差已不容忽视