

浙江大学实验报告

专业： 机器人工程

姓名：

学号：

日期： 2023/10/27

地点： 紫金港东 3-202

课程名称： 电路与模拟电子实验 指导老师： 周晶 成绩： _____

实验名称： 含源一端口网络等效参数和外特性的测量仪表内阻对测量结果的影响和修正

实验类型： 电路实验 同组学生姓名： _____

一、实验目的和要求

1. 了解电压表、电流表内阻的测量方法；
2. 理解仪表内阻对测量误差的影响；
3. 掌握修正仪表内阻对测量误差影响的方法；
4. 验证戴维南定理和诺顿定理；
5. 验证电压源与电流源相互进行等效转换的条件；
6. 了解实验时电源的非理想状态对实验结果的影响。

二、实验内容和原理

• 实验内容：

1、仪表内阻对测量结果的影响和修正

- (1) 根据实验任务要求完成实验，整理实验数据，分析误差产生的原因；
- (2) 推导所用实验电路电流表、电压表内阻误差的修正公式，计算修正值，给出误差。

2、有源网络的等效参数测量（验证戴维宁等效定理）

- (1) 测量等效参数，根据实验数据验证戴维宁定理；
- (2) 绘制并比较等效前后的电压电流关系曲线，给出有关等效性结论；
- (3) 总结含源一端口网络戴维宁等效适用的条件；
- (4) 分析由于电表内阻对测量产生的误差。

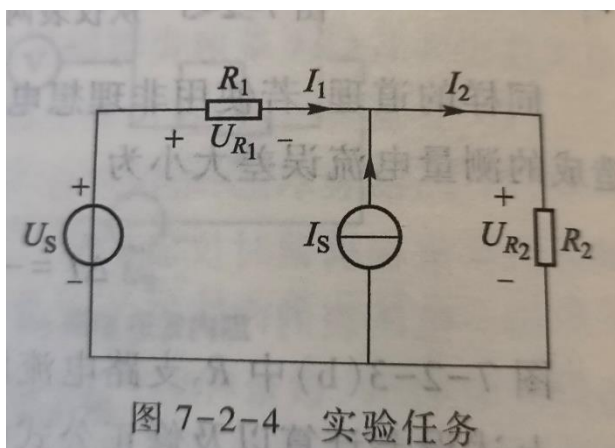
• 实验原理：

1、仪表内阻对测量结果的影响和修正相关原理

1.1 仪表内阻是指仪表在工作状态下，在仪表两个输入端之间所呈现的等效电阻或阻抗。在精确测量中，必须考虑由于输入电阻有限所引起的测量误差了。

1.2 仪表内阻的测量方法有以下集中方法：万用表直接测量、伏安法和半偏法。（本次实验采取万用表直接测量法）

1.3 根据图 7-2-4 所示电路，导出仪器误差修正公式：（重点说明）

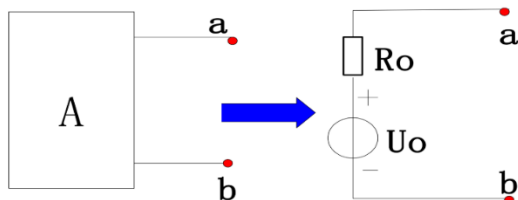


2、有源网络的等效参数测量相关原理

2.1 戴维南定理：

U_o ：等于该一端口网络的开路电压，且电源的正极和开路端口的高电位点对应；

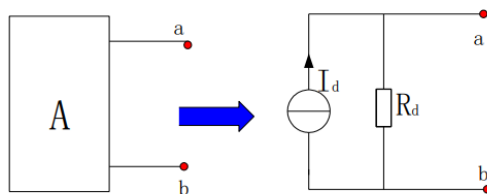
R_o ：等于令该有源一端口网络内所有独立源均为零时所构成的无源一端口网络的等效电阻。



2.2 诺顿定理：

I_d ：等于该一端口网络的短路电流；

R_d ：等于将所有独立源移去后所构成的无源一端口网络的等效电阻



2.3 等效电路的实验求解

(1) 开路电压 U_o ：将输出端开路，求开路电压

(2) 入端电阻的求法：

a. 加压法：电路中独立电源拿掉，即电压源短路，电流源开路，外加电压 U 求输入电流 I ，因此可得入端电阻为 $R_0=U/I$ 。也可对电路加一个电流源 I ，求输入端电压 U ，来求入端电阻。

b. 开路短路法：先求开路电压和短路电流，得 $R_0=U_o/I_d$ 。

三、主要仪器设备

数字万用表、可调恒压源、可调恒流源、定值电阻 $R_1=180\Omega$ 、 $R_2=150\Omega$ 、直流电压表、直流电流表、可调电阻箱 R_x 。

四、操作方法和实验步骤

1、仪表内阻对测量结果的影响和修正

1.1 分别测量直流电流表和直流电压表的内阻值。（运用万用表直接测量法）

1.2 按照课本上的电路图（如下所示）在面包板上连接电路。其中 $U_s=9V$ ， $I_s=28mA$ ， R_1 的标称值为 180Ω 。 R_2 的标称值为 150Ω 。

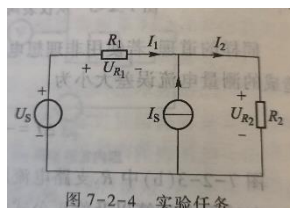


图 7-2-4 实验任务

1.2 用直流电压表测量中元件电压值，并用直流电流表测量各支路电流，在表格上记录。

2、有源网络的等效参数测量（并验证戴维南定理）

2.1 按照书本上的图（如下图所示）在面包板上搭建电路。改变可调电阻 R_x ，测量 U_{AB} 和 I_R 的关系曲线，一定要测量出开路时以及短路时的电压和电流。

2.2 测量无源一端口网络的入端电阻。将电流源开路，同时将电压源短路，再将负载电阻开路，直接用万用表测量 A、B 两点间的电阻，即为该网络的入段电阻 R_{AB} 。

2.3 将 A、B 两端左侧电路做戴维南等效，并按照等效电路图在面包板上搭建电路，重复测量 U_{AB} 和 I_R 的关系曲线并与任务 1 所测得的数据进行比较，验证戴维南定理。

2.3 注意事项：

（1）实验过程中直流稳压源不能短路，直流稳流源不能开路，而且电源只能向外提供功率而不能吸收功率，以免损坏实验设备。

（2）实验用电流源应该满足：可调稳流源电流在 0~250mA 可调，最大输出电压为 30V；可调稳压源的电压在 0~30V 间可调，最大输出电流为 500mA。

五、实验数据记录和处理

1 仪器内阻修正

1.1 仪器内阻及测量结果如下：

$$\begin{aligned} R_v &= 501.9k\Omega & (20V \text{ 挡位}) \\ R_{A1} &= 5.5\Omega & (20mA \text{ 挡位}) \\ R_{A2} &= 0.8\Omega & (200mA \text{ 挡位}) \end{aligned}$$

1.2 测量结果记录如下表

	U_{R1}	U_{R2}	I_1	I_2
测量值	2.635V	6.344V	14.62mA	42.81mA

2 戴维南等效验证

2.1 按照实验电路图连接，改变 R ，测量一端口电压、电流得到下表

原电路									
R	0	300	500	800	1000	3000	5000	8000	∞
U_{ab}/mv	0	5.03	6.37	7.50	7.97	9.57	9.97	10.21	10.61
I_R/mA	31.3	16.67	12.66	9.28	7.87	3.10	1.90	1.21	0

2.2 使用万用表测量得到等效电阻为 334.1Ω ；并由上表 ∞ 大处电压得知开路电压为 10.61V；连接电路进行等效得到下表

等效后									
R	0	300	500	800	1000	3000	5000	8000	∞
U_{ab}/mv	0	4.97	6.31	7.45	7.92	9.54	9.94	10.19	10.62
I_R/mA	31.6	16.56	12.6	9.25	7.86	3.11	1.92	1.22	0

六、实验结果与分析

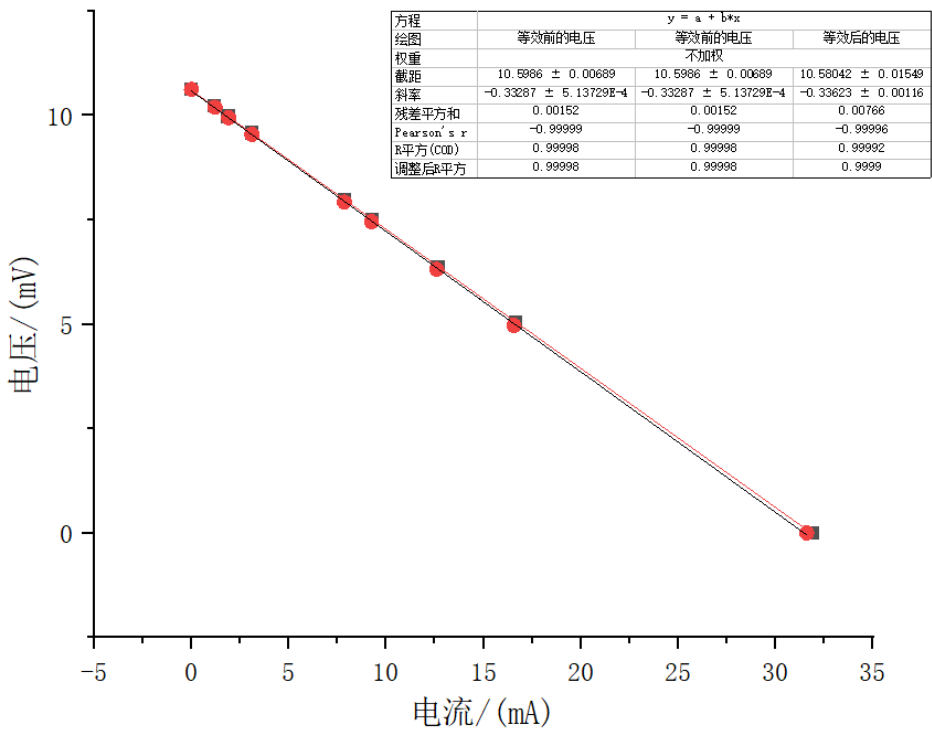
1、仪器内阻修正推导、修正值

根据测量结果、仪器内阻、推导的仪器误差修正，得到以下表格：

	U_{R1}	U_{R2}	I_1	I_2
测量值	2.635V	6.344V	14.62mA	42.81mA
修正值	2.635V	6.345V	14.40mA	42.70mA
理论值	2.619V	6.382V	14.55mA	42.55mA
相对误差	0.6%	-0.6%	-1.0%	0.4%

误差分析：可以观察到， U_{R1} 大于理论值，修正仪表误差之后**甚至增大了误差**，这是非常奇怪的。这可能是由于 R_1 和 R_2 的实际值不等于标称值导致的。由于做实验的时候没有测量 R_1 和 R_2 的实际值，故计算理论值的时候直接使用了标称值。观察上一页中 U_{R1} 的表达式，可以知道，当 R_1 偏小、 R_2 偏大的时候， U_{R1} 理论值偏小， U_{R2} 理论值偏大。这和实验结果是吻合的。

2 验证戴维南定理：根据两次测量表格画出电压电流曲线
绘制并比较等效前后的电压电流关系曲线



可以看出两条曲线几乎完全重合，可以得出戴维南等效成立的结论

七、讨论、心得

思考题：

1. 戴维南和诺顿定理的适用条件是什么？

答：（1）只能对外电路进行等效，不能对有源网络内端口进行等效。

（2）只适用于局部电路。

（3）只适用于线性的有源网络，当有源网络中含有非线性元件时，不能使用。

2. 仪表内阻对测量结果的影响如何修正？

答：（1）计算由于电表内阻所造成的电压或电流误差，并算出 ΔU 或 ΔI 。则实际值等于示数加 ΔU 或 ΔI 。

（2）采用同一量程两次测量法消除仪表内阻产生的误差。

（3）用示零法（补偿法）在测量结果中消除仪表内阻的影响。

3. 电流源电压源若只能向外提供功率而不能吸收功率，那么实验电路中电阻 R 的临界值为多少？

答：电阻 R 达到临界值时，电流源输出的功率等于电阻 R 消耗的功率、电压源支路上电流为，即开路，列写 KCL、KVL、 R 两端电流电压关系，三个方程解三个未知数：两支路电流+ R 。解得 R 临界值约为 1403Ω 。