

浙江大学实验报告

专业：电子信息工程

姓名：邢毅诚

学号：3190105197

日期：2020-11-24

地点：东三-206

课程名称：电路与电子技术实验

指导老师：姚缨英

成绩：

实验名称：直流电路测量

实验类型：验证实验

同组学生姓名：郑冰阳

一、实验目的

- (1) 了解电源、测量仪表以及数字万用表的使用方法；
- (2) 掌握测量电阻、电压和电流的方法；
- (3) 掌握二极管特性曲线的伏安测量法；
- (4) 掌握含源一端口直流电路等效参数的测量方法；
- (5) 了解直流电路实验设计的基本步骤和注意事项。

二、实验基本内容

- (1) 用万用表逐个校核各元件，能用间接法测量电阻值吗？
- (2) 测 AB 以左一端口电路的等效参数（如电路 A），验证戴维南（诺顿）定理
- (3) 将 330Ω 电阻换成二极管（电路 B、电路 C），理论上讲，戴维南等效是否成立？通过测量二极管的伏安特性曲线，理解上述结果

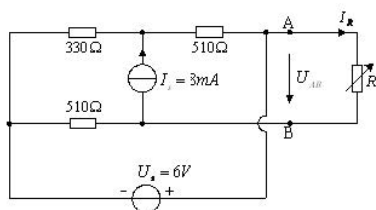


图 1: 电路 A

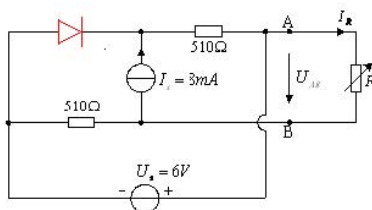


图 2: 电路 B

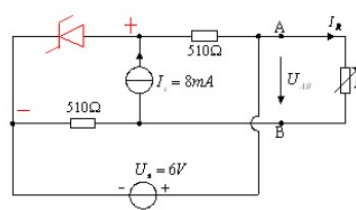


图 3: 电路 C

三、实验原理

(1) 实验 (1)

测量电阻阻值时，我们可以将数字万用表调节至电阻挡位进行测量。数字万用表的电阻挡位内置有电源，通过输出电压，产生电流，并通过数字万用表内置的电流表记录其电流，进而测得其电阻，在使用此方法时，测量电阻需要与其他电路元件断开连接。

另外，我们可以使用伏安法等方法测量电阻阻值，施加固定的电压，分别使用电压表以及电流表记录其电压以及电流，进而计算出其阻值。

(2) 实验（2）

电路图如图 1 所示，连接好电路之后，通过改变外接电阻的阻值，我们可以改变输出的电压以及电流，并分别使用电压表以及电流表进行记录。根据记录的数据，我们可以绘制出端口的伏安特性曲线，并根据其截距以及斜率等信息计算出其戴维南等效电路。

另外，在测得电路的开路电压以及短路电流之后，我们还可以使用以下方法测量其等效电阻：

- 欧姆表直接测量
- $R_d = U_d / I_d$
- 伏安法
- 两次负载法

(3) 实验（3）

电路图如图 2 以及图 3 所示，将 330Ω 电阻替换为二极管以及稳压二极管，并按照同样的步骤进行测量。将测量之后绘制出来的伏安特性曲线与原来的伏安特性曲线进行比较，进而我们可以得出我们是否可以使用稳压二极管抑或是二极管替代定值电阻。

四、 主要仪器设备

- (1) 电气实验台
- (2) 数字万用表
- (3) 示波器
- (4) DG08 电路板

五、 实验数据记录和处理

1. 实验（1）

测得电阻如下图所示：

R(实际)	330Ω	550Ω
R(测量)	318Ω	524Ω
误差	3.64%	4.72%

表 1: 测量电阻

将恒流源与电流表短接，调节恒流源为 8.12mA 时，实际输出为 8mA ，设定恒流源的输出电流为 8.12mA ；将恒压源与电压表相连，调节电压源为 6.24V 时，实际输出为 6V ，因此设定恒流源的输出 6.24V

2. 实验（2）

开路电压为 10.37V，短路电流为 19.36mA，测得数据如下图所示：

R/Ω	U_{AB}/V	I_R/mA	R/Ω	U_{AB}/V	I_R/mA
0	0.15	19.33	1100	7.14	6.20
100	1.80	16.26	1200	7.33	5.84
200	3.00	14.01	1300	7.51	5.50
300	3.91	12.30	1400	7.65	5.23
400	4.62	10.96	1500	7.79	4.97
500	5.19	9.89	1600	7.91	4.74
600	5.67	8.98	1700	8.02	4.52
700	6.05	8.26	1800	8.13	4.33
800	6.38	7.84	1900	8.22	4.15
900	6.66	7.10	2000	8.30	3.99
1000	6.92	6.61			

表 2: 原网络伏安关系

根据此数据绘制输出电流与输出电压的伏安曲线，并进行线性拟合，如下图所示：

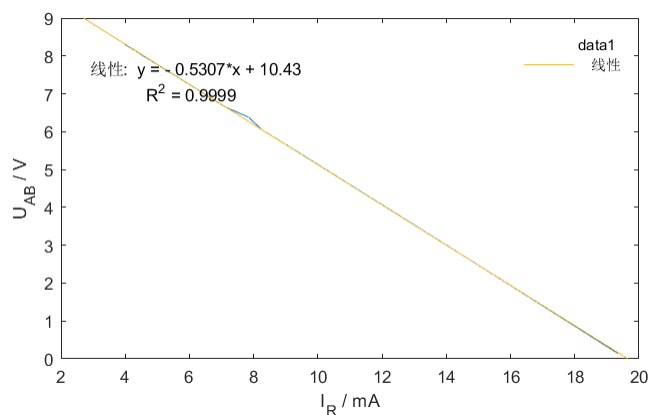


图 4: 原网络输出关系

计算得起戴维南等效电路为： $U_{AB} = U_s + (I_s - I_R) * 510 = 10.08 - 510I_R$ 通过调节电阻，我们可以测得电路的输出电压以及输出电流的关系并与表 1 进行比较。

R/Ω	U_{AB}/V	I_R/mA	R/Ω	U_{AB}/V	I_R/mA
0	0.05	18.34	1100	6.9	5.95
100	1.67	15.30	1200	7.09	5.60
200	2.84	13.29	1300	7.26	5.27
300	3.74	11.69	1400	7.41	5.00
400	4.44	10.44	1500	7.54	4.75
500	4.99	9.46	1600	7.66	4.53
600	5.45	8.62	1700	7.77	4.32
700	5.83	7.91	1800	7.87	4.13
800	6.15	7.32	1900	7.96	3.96
900	6.43	6.80	2000	8.04	3.79
1000	6.69	6.33			

表 3: 戴维南等效伏安关系

根据此数据，绘制图像，并对结果进行数据拟合，所得结果如下图所示：

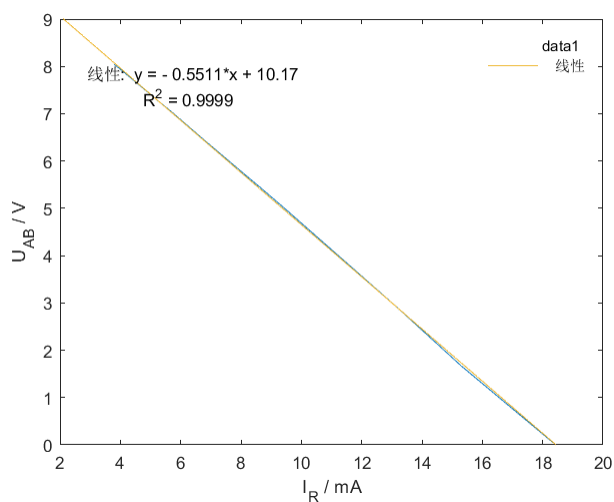


图 5: 戴维南等效输出曲线

3. 实验（3）

将电路替换为电路 B，以及电路 C，测得电路数据，如下表所示：

R/Ω	U_{AB}/V	I_R/mA	R/Ω	U_{AB}/V	I_R/mA
0	0.04	19.63	1100	7.11	6.25
100	1.72	16.47	1200	7.30	5.88
200	2.94	14.15	1300	7.48	5.55
300	3.86	12.41	1400	7.63	5.26
400	4.58	11.04	1500	7.77	5.00
500	5.16	9.96	1600	7.89	4.75
600	5.64	9.06	1700	8.01	4.54
700	6.03	8.31	1800	8.12	4.34
800	6.36	7.67	1900	8.22	4.16
900	6.65	7.13	2000	8.30	3.99
1000	6.89	6.66			

表 4: 电路 B 伏安关系

根据此数据，绘制伏安特性曲线，如下图所示：

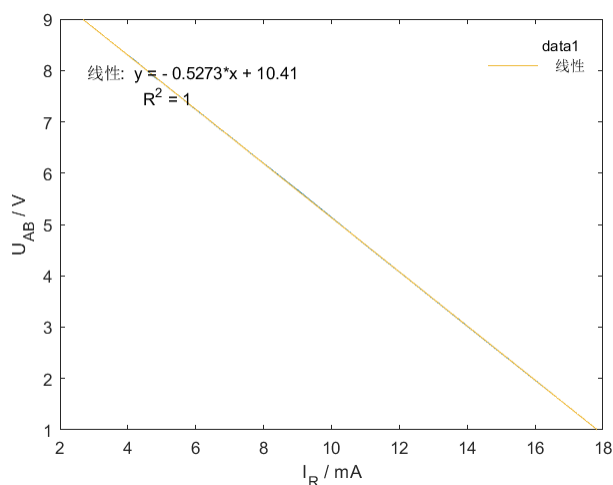


图 6: 二极管电路输出关系

R/Ω	U_{AB}/V	I_R/mA	R/Ω	U_{AB}/V	I_R/mA
0	0.08	19.43	1000	6.91	6.59
100	1.74	16.29	1200	7.31	5.83
200	2.95	14.02	1400	7.64	5.22
400	4.59	10.94	1600	7.91	4.73
600	5.64	8.97	1800	8.12	4.32
800	6.37	7.60	2000	8.31	3.97

表 5: 电路 C 伏安关系

根据此数据，绘制伏安特性曲线，如下图所示：

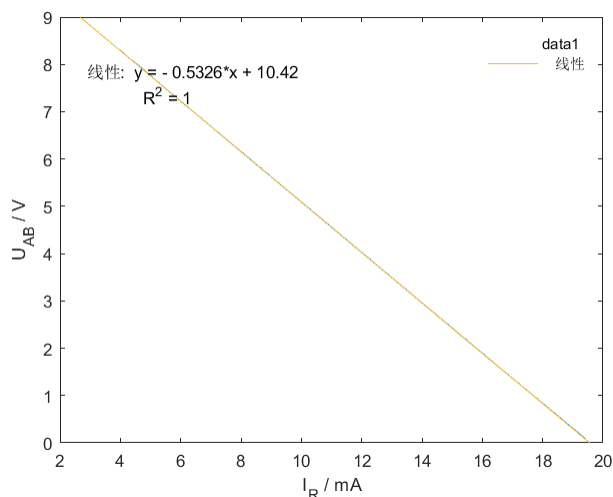


图 7: 稳压二极管电路输出关系

六、 数据处理与分析

1. 实验（1）

在实验 1 中，可以调节电压与电流至电路所要求的值。但同时，电流源与电压源所显示的输出电流以及输出电压存在一定的误差，因此在实验前，我们需要使用电压表以及电流表将其调节至我们所期望的数值，并固定不动。

2. 实验（2）

对原网络的输出关系进行线性拟合，可以得出 $U_{AB} = -0.5307 \times 10^3 I_R + 10.43$ 。其线性拟合所得的相关系数 $R^2 = 0.9999$ ，因此其满足线性关系。根据其伏安特性曲线，我们可以测得其等效电压源电压为 10.43V，而其等效电阻为 530.7Ω。

对戴维南等效后的输出关系进行线性拟合，可以得出 $U_{AB} = -0.5511 \times 10^3 I_R + 10.17$ 。其线性拟合所得的相关系数 $R^2 = 0.9999$ ，因此其满足线性关系。根据其伏安特性曲线，我们可以测得其等效电压源电压为 10.17V。而其等效电阻为 551.1Ω。

将二者的等效电阻以及等效电压源进行比较，发现大致相同，因此我们可以认为，二者结果大致相同，戴维南等效原理成立。

3. 实验（3）

对二极管电路的输出关系进行线性拟合，可以得出 $U_{AB} = -0.5273 \times 10^3 I_R + 10.41$ 。其线性拟合所得的相关系数 $R^2 = 1$ ，因此其满足线性关系。根据其伏安特性曲线，我们可以测得其等效电压源电压为 10.41V。而其等效电阻为 527.3Ω。

对稳压二极管电路输出关系进行线性拟合，可以得出 $U_{AB} = -0.5326 \times 10^3 I_R + 10.42$ 。其线性拟合所得的相关系数 $R^2 = 1$ ，因此其满足线性关系。根据其伏安特性曲线，我们可以测得其等效电压源电压为 10.42V。而其等效电阻为 532.6Ω。

经过比较，我们发现，将 330Ω 电阻替换为二极管与稳压二极管后，所得出的输出关系与原来大致相同，因此我们认为二极管以及稳压二极管可以替代 330Ω 电阻。

七、 思考题目

1. 思考 1-戴维南等效

如图 8 所示，分别设定通过 510Ω 以及 330Ω 的电阻中通过的电流分别为 I_1, I_2 如下图所示：

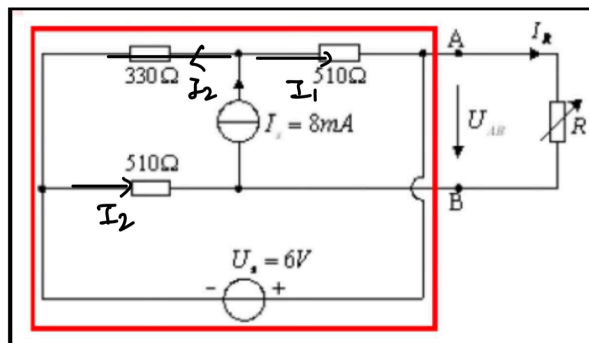


图 8: 电路图 A

由 KCL, KVL, 我们可以列出以下式子：

$$I_1 \times 310 + 6V - I_2 \times 330$$

$$I_1 + I_2 = 8 \times 10^{-3}mA$$

因此，我们可以解得 $I_1 = -4mA, I_2 = 12mA$, 进而可以计算出等效电压为 10.08V。

在计算等效电阻时，我们把电流源改设置为开路，电压源改设置为断路，进而可以计算出电阻 $R=510\Omega$

因此，我们可以计算出戴维南等效为： $U=10.08V-510 I$

2. 思考 2

(1) 电路图 B 对电路图 2 在 multisim 中进行仿真，电路连接如下图所示：

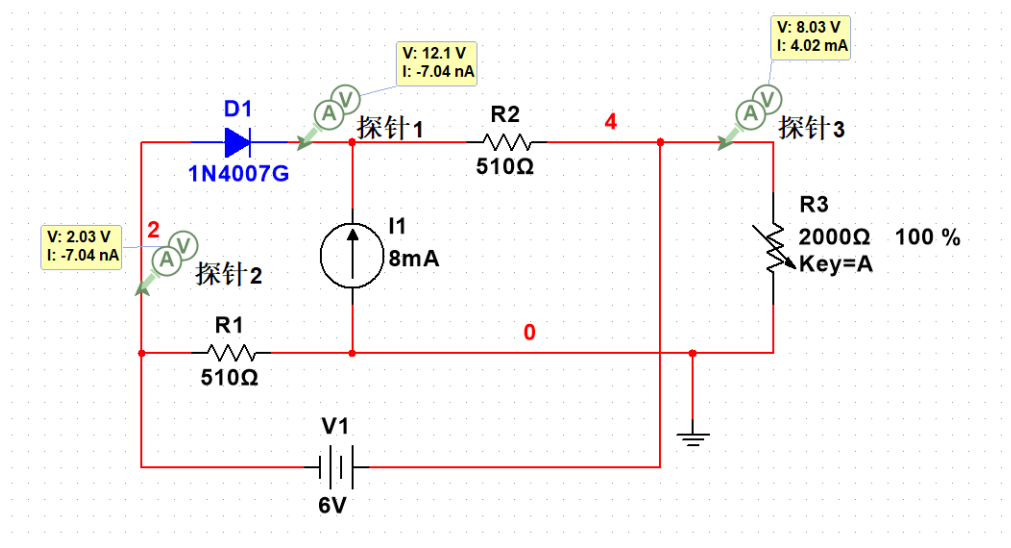


图 9: 电路图 B

逐渐调节电阻大小 (电键百分比)，我们可以看到电流与电压的变化如下表所示，其中 I_x 为通过二极管中的电流：

R_x	U_{AB}	I_R/mA	I_x/mA	R_x	U_{AB}	I_R/mA	I_x/mA
0	0.000395	19.8	-7.04E-09	1100	6.89	6.26	-7.04E-09
100	1.65	16.5	-7.04E-09	1200	7.07	5.89	-7.04E-09
200	2.84	14.2	-7.04E-09	1300	7.24	5.57	-7.04E-09
300	3.73	12.4	-7.04E-09	1400	7.39	5.28	-7.04E-09
400	4.43	11.1	-7.04E-09	1500	7.52	5.01	-7.04E-09
500	4.99	9.98	-7.04E-09	1600	7.64	4.78	-7.04E-09
600	5.45	9.08	-7.04E-09	1700	7.75	4.56	-7.04E-09
700	5.83	8.33	-7.04E-09	1800	7.85	4.36	-7.04E-09
800	6.16	7.69	-7.04E-09	1900	7.95	4.18	-7.04E-09
900	6.43	7.15	-7.04E-09	2000	8.03	4.02	-7.04E-09
1000	6.68	6.68	-7.04E-09				

表 6: 电路 B-电路参数

观察电路我们可以发现，输出的电压与电流的关系与原来的输出关系大致相同，而通过二极管的电流始终接近于 0，二极管电压始终反向，二极管处相当于短路。通过计算，我们可以得出，输出的电压与电流的关系，与 330Ω 的电阻并无关系，因此输出的电压与电流大致相同。

(2) 电路图 C

对电路图 C 在 multisim 中进行仿真，电路连接如下图所示：

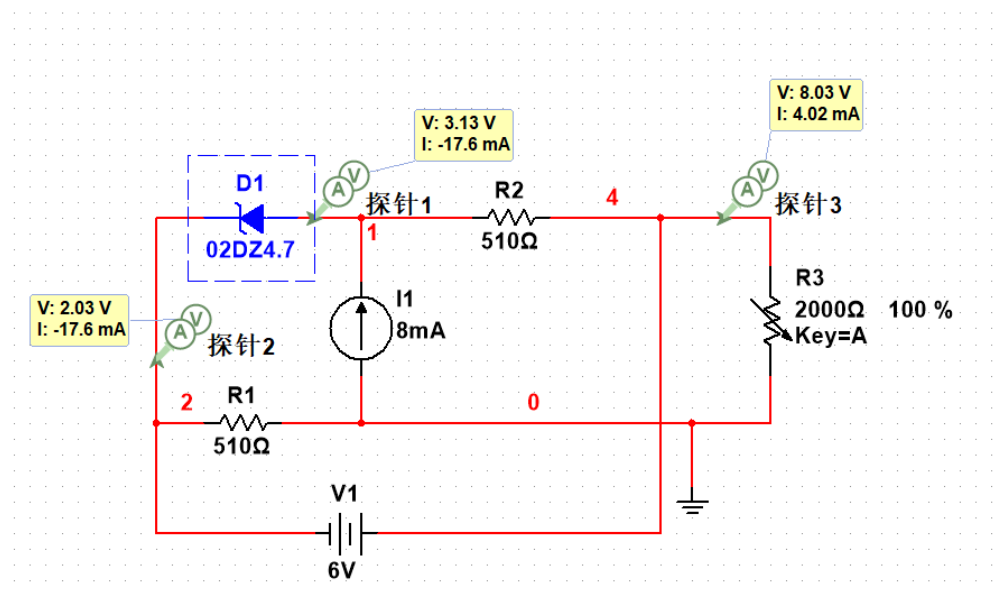


图 10: 电路图 C

逐渐调节电阻大小 (电键百分比)，我们可以看到电流与电压的变化如下表所示，其中 I_x 为通过二极管中的电流, U_x :

R_x	U_{AB}	I_R/mA	I_x/mA	U_x	R_x	U_{AB}	I_R/mA	I_x/mA	U_x
0	0.000395	19.8	-17.6	1.1	1100	6.89	6.26	-17.6	1.1
100	1.65	16.5	-17.6	1.1	1200	7.07	5.89	-17.6	1.1
200	2.84	14.2	-17.6	1.1	1300	7.24	5.57	-17.6	1.1
300	3.73	12.4	-17.6	1.1	1400	7.39	5.28	-17.6	1.1
400	4.43	11.1	-17.6	1.1	1500	7.52	5.01	-17.6	1.1
500	4.99	9.98	-17.6	1.1	1600	7.64	4.78	-17.6	1.1
600	5.45	9.08	-17.6	1.1	1700	7.75	4.56	-17.6	1.1
700	5.83	8.33	-17.6	1.1	1800	7.85	4.36	-17.6	1.1
800	6.16	7.69	-17.6	1.1	1900	7.95	4.18	-17.6	1.1
900	6.43	7.15	-17.6	1.1	2000	8.03	4.02	-17.6	1.1
1000	6.68	6.68	-17.6	1.1					

表 7: 电路 C: 电路参数

观察电路我们可以发现，输出的电压与电流的关系与原来的输出关系大致相同，而通过稳压二极管的电压始终为 1.1V，通过稳压二极管的电流始终为 17.6mA，二极管上的电压始终为 1.1V。当我们将 V1 的电源升至 100V 再调节电阻时，通过稳压二极管的电流仍为一个定值。原因在于，稳压二极管并不会对电路产生影响。整个电路的等效电阻，输出电压与电路 A 相同。

3. 等效电路参数测量

(1) 欧姆表直接测量

将电流源改设置为断路，将电压源该设置为短路，使用欧姆表进行测量，测得电路电阻为 520.3Ω

$$(2) R_d = U_d / I_d$$

测得开路电压为 $10.37V$ ，电路电流为 $19.36mA$ ，因此 $R_d = U_d / I_d = 10.37 / 19.36 \times 10^3 = 535.6\Omega$

$$(3) \text{ 伏安法}$$

将电压源改设置为短路，将电流源改设置为断路，在其端口输入电压 U ，并测量其电流 I ，其戴维南等效电阻即为 $R = U / I$

$$(4) \text{ 两次负载法}$$

当电阻 500Ω 时， $U_{AB} = 5.19V$ ， $I_R = 9.89mA$ ；当电阻为 1000Ω 时， $U_{AB} = 6.92V$ ， $I_R = 6.61mA$ ，根据戴维南等效 $U_{AB} = V - I_R \times R$ ，将其带入，联立进行求解，可以解得： $U_{AB} = 10.41V$ ， $R = 527.4\Omega$

4. 误差分析

我们选取 $R_d = U_d / I_d$ 这一方法进行误差分析。

通过此方法，我们测得开路电压为 $10.37V$ ，开路电流为 $19.36mA$ ，因此 $R_d = 10.37 / 19.36 \times 10^3 = 535.6\Omega$ 。此误差主要有电压表以及电流表的测量误差，以及电压源以及电流源的输出误差组成。

电阻的绝对误差为：

$$\Delta R = \frac{\Delta U}{I} - \frac{U \Delta I}{I^2}$$

电阻的相对误差为：

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta U}{U} - \frac{\Delta I}{I}$$

电阻的传递误差为：

$$\frac{\Delta R}{R} = \pm \left(\left| \frac{\Delta U}{U} \right| + \left| \frac{\Delta I}{I} \right| \right)$$

20mA 的直流电流表的准确度为 $\pm (0.8\% + 1 \text{ 字})$ ，显示示数为三位半 1999，其分辨力为 10 A。因此：

$$\frac{\Delta I}{I} = \frac{0.8\% \times I + 0.01}{I} = 0.85\%$$

20V 的直流电压表的准确度为 $\pm (0.5\% \text{ 读数} + 1 \text{ 字})$ ，显示示数为三位半 1999，其分辨力为 10mV，因此

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{0.5\% \times U + 0.01}{U} = 0.60\%$$

因此绝对误差 $\Delta R = -1.3\Omega$ ；相对误差 $\frac{\Delta R}{R} = -0.25\%$ ，传递误差 $\frac{\Delta R}{R} = 1.45\%$
对不确定进行分析，已知测量的 A 类不确定度为 0，而 B 类的不确定度为

$$u_b = \frac{\Delta_x}{\sqrt{3}}$$

其中 Δ_x 为仪器的误差，在本次分析中，我们认为其为测量的准确度，故

$$u_b(U) = \frac{\Delta U}{\sqrt{3}} = 0.04V$$

$$u_b I = \frac{\Delta I}{\sqrt{3}} = 0.010 \text{mA}$$

因此总不确定度 $u(R)$ 为：

$$\frac{u(R)}{R} = \sqrt{\left(\frac{u_b(U)}{U}\right)^2 + \left(\frac{u_b(I)}{I}\right)^2}$$

解得：

$$u(R) = \pm 2.1 \Omega$$

即： $R = (535.6 \pm 2.1) \Omega$

八、 思考题

- (1) 二极管和稳压管是线性还是非线性器件？

二极管和稳压管是非线性元件，其伏安特性曲线呈现曲线，但当进行小信号测量时，我们可以把他当作线性元件来进行使用。

- (2) 含有非线性元件的电路该怎样进行电路分析？

如果非线性元件的伏安特性曲线有明确的表达式，我们可以将其表达式带入进行计算，从而解得相关的电压以及电流。当非线性元件的伏安特性曲线无法写出明确的表达式的时候，我们可以使用图解法的方式来进行电路分析——将非线性元件以外的电路进行戴维南等效或诺顿等效，并写出其电压与电流输出关系，并在非线性元件的伏安特性曲线上进行绘制，二者交点即为此时的电流与电压值。

- (3) 如果电路中有两个电源，为什么这两个电源有可能是吸收功率？

当电源的输出电压与输出电流为关联参考方向时，此时电源输出功率，当电压的输出电压与输出电流的反向为关联参考方向时，此时电源释放功率。

当电路中存在两个或两个以上电压时，电路中便可能存在一个电源吸收功率的情况。面对这种情况，只要所有电源的输出功率为正即可。

- (4) 如果某种负载情况造成两个电源中的某个不能稳压或稳流，该怎样测量这个点的电压电流值？

出现这种情况的原因便是在此时，电源的电压或是电流出现极端情况，无法稳定输出。

如果此电源为稳压源，则需要并联一个电阻以进行分流，使电压源稳定；如果此电源为恒流源，则需要串联一个电阻以进行分压。

另外，我们也可以采用叠加的方式进行测量——即分别测量两个电源单独存在的情况时，电路中的电压与电流；然后，再对测得的数据进行叠加处理。

九、 实验报告

- (1) 画出原网络和等效电路的伏安特性曲线；

已在实验数据记录和处理中进行说明，在此处略去。

- (2) 对测量数据拟合出线性表达式，比较两条曲线的特征值，验证戴维南（诺顿）定理；

已在实验数据记录和处理中进行说明，在此处略去。

- (3) 测量过程中是否遇到电源异变情况？电路异常的那些点，怎样测量正确的电压和电流值；

在进行实验时，我的电路出现了异常情况，连接电路后，当我想要测量开路电压时，我发现每当断路时，电压源的电压便会逐渐上升，直至超出量程。在使用数次万用表进行测量后，我发现输出的电压大致为 27V。

在当时，我选择了换一台实验仪器进行实验的处理方式，事后思考时，我认为其实可以使用在思考题 (4) 中提到的方法，即在电压源上并联一个电阻以进行分压。

- (4) 取负载电阻最大和最小的这两个点论述仪表内阻对测量结果的影响；或用伏安法测量等效电阻时论证仪表内阻的影响

当负载电阻最大时 ($R=2000\Omega$)， $U_{AB} = 8.30V$, $I_R = 3.99mA$ ，当负载电阻最小时 ($R=0\Omega$)， $U_{AB} = 0.15V$, $I_R = 19.33mA$ (并不是将负载改为短路，而是设置负载电阻为 0Ω)。根据进行线性拟合的结果： $U_{AB} = -0.5307 \times 10^3 I_R + 10.43$ ，分别将 $R=0\Omega$ 以及 $R=2000\Omega$ 时的电流代入，解得 $U_{AB}(R = 2000\Omega) = 8.31V$, $U_{AB}(R = 0\Omega) = 0.17V$ ，因此，当电阻较大时，所测得电压较理论值而言偏小 (误差较小)，而当电阻较小时，所测得电压较理论值而言偏大 (误差较大)，原因在于电流表以及电压表存在内阻，当电流表内接时，由于电流表的分压效应，所测量内阻偏大，当所测量电阻较大时，采用此方法进行测量；当电流表外接时，由于电压表的分流效应，所测量内阻偏小，当所测量电阻较小时，我们采用此方法进行测量。

- (5) 对电路图 B 和 C，通过测量开路、短路这两个量来说明二极管对戴维南等效的影响；

测量时，发现将 330Ω 的电阻替换为二极管抑或是稳压二极管时，我们发现二者的输出的伏安特性曲线与正常的伏安特性曲线大致相同。因此，我们认为其影响不大。

- (6) 以实验中的某次测量为例说明直读误差、不确定度和传递误差

- (7) 为什么含有非线性元件的电路仍满足戴维南定理？

对于电路图 B 以及电路图 C 来讲，当我们计算其输出电压以及等效电阻时，我们发现其此非线性元件被短路，因此计算等效电阻时，对其并无影响。当我们计算等效电压时，我们测量等效电压时，发现其等效电压与非线性元件无关，等效电压始终为 10.08V。

- (8) 构思其它实验电路说明戴维南定理的适用条件。

戴维南电路要求电路元件均为线性，抑或是非线性的电路元件对此电路并无非线性的影响。例如：将一个 1V 的电压源与一个二极管并联，虽然二极管并不是线性元件，但我们仍可以使用戴维南等效来进行替代，原因在于二极管并不会对电路的输出造成影响。但若是将二极管与电压源串联，则并不能进行戴维南等效的计算，原因在于二极管会对电路的输出造成影响。

十、心得与体会

1. 实验心得

1. 电压源以及电流源在一些较为极端的情况下，可能会出现不稳定的状况，例如电流源的输出电压过小/反向或是电压源的输出电流过大/反向等等，这些都会造成电压的输出突变。如果出现这种情况，我们需要进行响应的处理。一是将电压源与一个电阻进行并联，以增大其电流，将电流源与一个电阻串联，以增大其输出电压。如果此方法仍不能使电压源以及电流源稳定的话，我们可以采用叠加的方法进行测量——即分别测量电路中存在电压源以及电流源的情况，在对测量电路

上的电压以及电流进行叠加运算。如果还不可行，我们只能采取在 multisim 中进行仿真的方式进行测量。

2. 在正式开始实验之前，我们要先检查电路元件是否缺损以及是否可以正常使用，并将电压源以及电压源等器件调节至所要求的输出电压/电流。这样，我们在实验中就可以较为有效的避免出现因为某一根导线断路抑或是某一个元器件出现问题，而导致的多次测量以及繁琐的排错工作。
3. 使用示波器测量二极管的伏安特性曲线时，我们要将信号发生器的负极与两个示波器的端口的负极接在一起，使其共地。这样，便可以较为有效的消去噪音，但同样，由于必须将三个负极连接在同一位置上，我们在测量二极管的电压时，只能测量二极管与电阻串联的电压，即并不能准确的测量出二极管的伏安特性曲线。或者，我们也可以选择不将信号发生器的负极，与两个示波器的负极连接在一起，这样虽能较为准确的测量出二极管的伏安特性曲线，但由于负极并没有连接在一起，因此会导致测量出来的噪声较大，并不能准确观测，两种方法各有利弊。

对于第一种测量方法，我们可以采用小电阻的方式来减小误差，二极管的电阻较大，只要我们选取一个远远小于二极管阻值的电阻，此电阻的分压便可以默认不计，这样我们便可以较为准确的测量出二极管的电阻。

4. 在进行电路连接时，要思路明确有条不紊，先连接主干，在连接支路上的元件。

2. 实验感想

在本次实验中，我们进行了直流电路的相关特性测试，并验证了戴维南等效定理。在本次实验中，我收获了很多，一是了解到了很多电路实验中的基本常识，如：在正式开始实验前，应对电路的各个元件进行检查，检验其是否可以正常使用；如果电源示数出现突变，我们可以采取并联/串联的方式来解决此问题；电路实验中的安全性问题，如果操作使得电路实验可以较为顺利的进行，如何保护电路元件等等，另一方面，我了解到了戴维南等效定理并不是只适用于线性电路，面对一些存在有非线性元器件的电路（非线性元件并不会对电路产生非线性的影响），戴维南等效定理仍然成立。

在一开始，我的实验进行的并不顺利——电压源在测量开路电压时，会无缘无故的上升至无穷大，示波器无法打开……虽说当时并没有明确的想法，只是换了一台实验仪器，但事后进行思考，我认为这些故障还是可以经过一定的方法进行处理以正常使用的，我们可以在电压源上并联一个电阻以稳定其输出电流，可以检查示波器线路进而确定是示波器无法正常使用，还是仅仅因为某个开关未打开抑或是导线断路等等。在下次实验中，遇到各类问题，还是应该先尝试着去排除谷中，然后想办法自己去解决，如果实在不行，再尝试其他方法，而不是一开始就放弃，选择跟其他人一起完成实验。