

浙江大学

本科实验报告

课程名称：电子电路设计实验 1

姓 名：

学 院：信息与工程学院

系：

专 业：电子科学与技术

学 号：

指导教师：李锡华、叶险峰、施红军

2019 年 11 月 11 日

浙江大学实验报告

专业： 电子科学与技术

姓名：

学号：

日期： 2019/11/11

地点： 东 4-216

课程名称： 电子电路设计实验 1 指导老师： 李锡华、叶险峰、施红军 成绩：

实验名称： 电路定律实验探究 实验类型： 验证型 同组学生姓名： 陈健

一、实验目的

二、实验任务与要求

三、实验方案设计与实验参数计算（3.1 总体设计、3.2 各功能电路设计与计算、3.3 完整的实验电路……）

四、主要仪器设备

五、实验步骤与过程

六、实验调试、实验数据记录

七、实验结果和分析处理

八、讨论、心得

一、实验目的与任务

- 1、验证基尔霍夫电流、电压定律的正确性，加深对基尔霍夫定律的理解；
- 2、验证叠加定理及其适用范围；
- 3、验证戴维宁定理与诺顿定理；
- 4、掌握万用表、直流电流表和稳压电源等仪器的使用方法。

二、实验原理

基尔霍夫电流定律（KCL）：对电路中的任一个节点而言，应有 $\sum I=0$ ；

基尔霍夫电压定律（KVL）：对电路中的任何一个闭合回路而言，应有 $\sum U=0$ 。

叠加定理：若干个电源在某线性网络的任一支路产生的电流或在任意两个节点之间产生的电压，等于这些电源分别单独作用于该网络时，在该部分所产生的电流与电压的代数和。

任何一个线性网络，如果只研究其中一条支路的电压与电流，则可将电路的其余部分视为一个含源的单端口网络。该网络可以等效于一个电压源或者是一个电流源。

戴维南定理：如果将该网络等效于一个电压源，则电压源的输出电压等于该网络的开路电压，等效内阻等于该网络中各电源均为零时的无源网络的入端电阻。

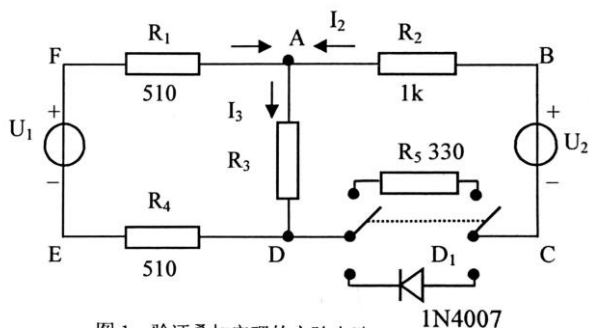
诺顿定理：如果将该网络等效于一个电流源，则电流源的输出电流等于该网络的短路电流，等效内导等于该网络中各电源均为零时的无源网络的入端电导。

三、主要仪器设备

直流稳压电源、直流稳流电源、万用表、直流电流表、实验电路板

四、实验过程与数据记录及处理

实验一：基洛霍夫定律实验研究



实验名称： 电路定律实验探究

将两路直流稳压源接入电路，其中 $U_{S1}=6V$ ， $U_{S2}=12V$ ；先将电阻 R_5 接入电路，再用二极管 D_1 代替 R_5 ，重复试验。

1、先理论计算出 3 个之路的电流值 I_1 ， I_2 和 I_3 记入表中，然后用电流表分别测量支路电流 I_1 ， I_2 ， I_3 ，将测量数据记录于表 1 中，验证基洛霍夫电流定律是否成立。

表 1 各支路电流测量值

	I_1 (mA)	I_2 (mA)	I_3 (mA)
计算值	1.926	5.988	7.914
测量值	1.888	5.60	7.29

分析：对节点 A，测量值 $I_1+I_2-I_3=1.888+5.60-7.29=0.198mA\approx 0mA$ ，基洛霍夫电流定律成立。

2、先理论计算出表 2 所列各节点之间的电压并记录于表 2 中，然后用数字万用表分别测量各节点间的电压值，记录数据，并验证基洛霍夫电压定律是否成立。

表 2 各节点电压测量值

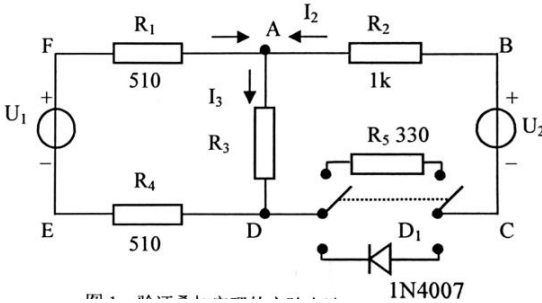
	U_1 (V)	U_2 (V)	U_{FA} (V)	U_{AB} (V)	U_{AD} (V)	U_{CD} (V)	U_{DE} (V)
计算值	6	12	0.982	-5.988	4.036	-1.976	0.982
测量值	6.18	12.07	0.955	-5.91	4.11	-1.98	1.05

分析：对回路 ADEFA， $\sum U = -U_1 + U_{FA} + U_{AD} + U_{DE} = -6.18 + 0.955 + 4.11 + 1.05 = -0.065V \approx 0V$

对回路 BADCB， $\sum U = -U_{AD} + U_{AB} + U_2 + U_{CD} = -4.11 - 5.91 + 12.07 - 1.98 = 0.07V \approx 0V$

对回路 FBCEF， $\sum U = -U_1 + U_{FA} + U_{AB} + U_2 + U_{CD} + U_{DE} = -6.18 + 0.955 - 5.91 + 12.07 - 1.98 + 1.05 = 0.005V \approx 0V$ 基洛霍夫电压定律成立。

实验二：叠加定理实验研究



- 1、将两路稳压电源 U_1 和 U_2 的输出分别调节为 6V 和 12V。
- 2、在节点 F，E 之间介入电压源 U_1 ， U_2 处不接电源，将节点 B，C 短接，测量各点电压与各支路电流，将测量输出记录于表 1。
- 3、 U_1 处不接电源，将节点 F，E 之间短路，在节点 B，C 之间介入电压源 U_2 ，再次测量各点电压于各支路电流，将测量数据记录于表 1。
- 4、同时接上电压源 U_1 和 U_2 ，重复上述测量，将测量数据记录于表 1。根据表 1 中的测量数据验证叠加定理是否成立。

表 1 实验数据记录及处理

	U_1	U_1	I_1	I_2	I_3	U_{AB}	U_{CD}	U_{AD}	U_{DE}	U_{FA}
U_1 单独作用(X_1)	6.01	0.04	4.33	-1.062	3.06	1.21	0.39	1.62	2.20	2.17
U_2 单独作用(X_2)	0.00	11.98	-2.36	6.85	4.60	-7.17	-2.36	2.40	-1.21	-1.20
U_1 和 U_2 共同作用(X)	6.18	12.07	1.888	5.60	7.29	-5.91	-1.98	4.11	1.05	0.955
X_1+X_2	6.01	12.02	1.97	5.788	7.66	-5.96	-1.97	4.02	0.99	0.97
X_1+X_2-X	-0.17	-0.05	0.082	0.188	0.37	-0.05	0.01	-0.09	-0.06	0.015

实验名称： 电路定律实验探究

*单位：电压（V），电流（mA）

分析： $X_1+X_2-X\approx 0$ ，叠加定理成立。

5、将 R_5 更换为二极管 D_1 ，重复步骤 2、3、4，将测量数据记录于表 2，根据表 2 中的测量数据验证叠加定理是否成立。

表 2 实验数据记录及处理

	U_1	U_1	I_1	I_2	I_3	U_{AB}	U_{CD}	U_{AD}	U_{DE}	U_{FA}
U_1 单独作用(X_1)	6.02	0	4.29	-0.993	3.94	1.08	0.59	1.66	2.19	2.17
U_2 单独作用(X_2)	0	12.00	0	0	0	0	-12.00	0	0	0
U_1 和 U_2 共同作用(X)	6.03	11.96	3.87	0	3.91	0	-9.92	0	2.01	1.99
X_1+X_2	6.02	12	4.29	-0.993	3.94	1.08	-11.41	1.66	2.19	2.17
X_1+X_2-X	-0.01	0.04	0.42	-0.993	0.03	1.08	-1.49	1.66	0.18	0.18

分析：对 I_2 ， U_{AB} ， U_{CD} ， U_{AD} ， $X_1+X_2-X>0$ ，接入二极管时叠加定理不再成立。

实验三：戴维南定理的实验探究

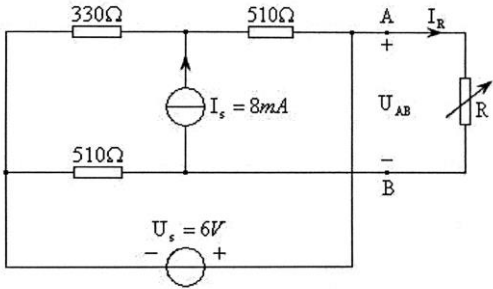


图 5 戴维南与诺顿定理的实验电路

1、用开路电压、短路电流法测定戴维南等效电路的 U_{OC} 、 R_O 和诺顿等效电路的 I_{SC} 、 R_O 。按电路图接入稳压电源 $U_s=6V$ 和恒流源 $I_s=8mA$ ，接入负载 R_L 。测出 U_{OC} 和 I_{SC} ，并计算出 R_O 填入表 1 中。

表 1 实验数据

U_{OC} (V)	I_{SC} (mA)	$R_0=U_{OC}/I_{SC}$ (Ω)
9.66	19.20	503.125

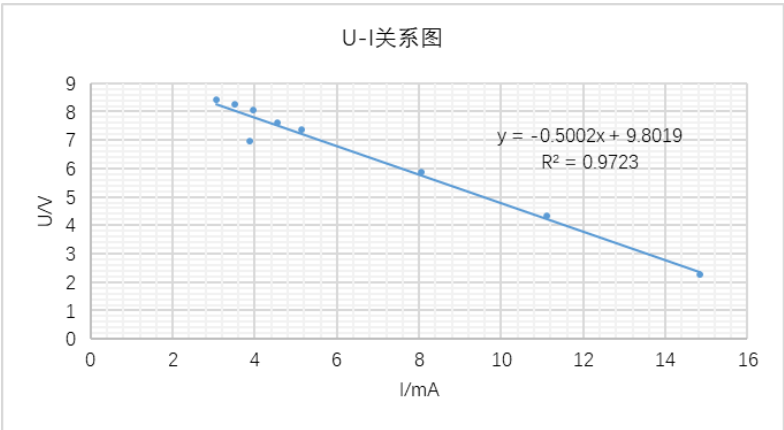
2、负载实验。按图接入负载 R_L ，改变 R_L 阻值，测量有源二端口网络的外特性，将实验数据填入表 2 中。对 U - I 进行作图。

表 2 实验数据

R_L (Ω)	176.1	425	808	1.11k	1.45k	1.70k	2.13k	2.40k	2.80k
U_{AB} (V)	2.28	4.32	5.86	6.98	7.37	7.63	8.04	8.26	8.41
I (mA)	14.85	11.12	8.06	3.87	5.13	4.55	3.96	3.51	3.06

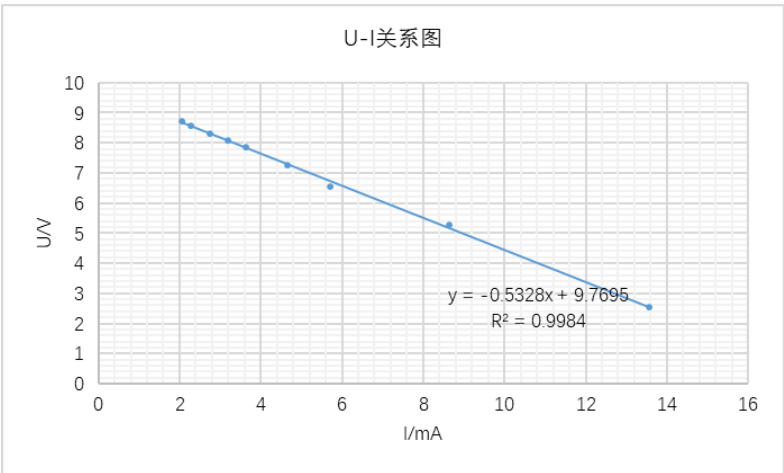
实验名称： 电路定律实验探究

装
订
线



3、验证戴维南定理：用一只 $1\text{k}\Omega$ 的电位器作为 R_o ，将其阻值调整到等于步骤 1 所得的等效电阻 R_o 的值，然后令其与直流稳压电源 U_{oc} 相串联，按图 1 进行实验，将实验数据填入表 3 中，做图对戴维南定理进行验证。

$R_L (\Omega)$	244	652	1203	1.58k	2.27k	2.58k	3.12k	3.81k	4.44k
$U_{AB} (V)$	2.55	5.26	6.54	7.24	7.86	8.09	8.32	8.58	8.71
$I (mA)$	13.57	8.64	5.70	4.66	3.62	3.20	2.76	2.29	2.06



分析：步骤 3 所得 U-I 关系图与步骤 2 所得 U-I 关系图线性拟合曲线基本一致，由此可以验证戴维南定理。

五、思考题

- 1、如果设定不同的电压与电流参考方向基洛霍夫定理是否成立？
答：基洛霍夫定理仍然成立，与电压电流参考方向无关。
- 2、如果电路中含有非线性器件，基尔霍夫定律是否仍然成立？
答：是。基尔霍夫定律在线性和非线性电路中都成立。因为基尔霍夫定律代表的是电荷守恒和能量守恒。
- 3、可否直接将不起作用的电源短接置零？
答：不能。未移除电源前直接将电源短接置零会使电源短路。
- 4、根据测量数据，计算在各种状况下，某一电阻消耗的功率，并验证功率是否具有叠加性。
答：电阻 R_1 ，当 U_1 单独作用时， $U_{FA}=2.17V$ ， $I_1=4.33mA$ ， $P_1=9.396mW$ ；当 U_2 单独作用时， $U_{FA}=-1.20V$ ， $I_1=-2.36mA$ ， $P_2=2.832mW$ ；当 U_1 和 U_2 共同作用时， $U_{FA}=0.955V$ ， $I_1=1.888mA$ ， $P=1.803mW$ 。 $P \neq P_1+P_2$ 。功率不具有叠加性。

实验名称： 电路定律实验探究

5、在求戴维南或诺顿等效电路时，做短路实验，则测 I_{SC} 的条件是什么？在本实验中可否直接做负载短路实验？实验前对线路图图 5 预先做好计算，以便调整实验线路及测量时可准确地选取电表的量程。

答：测 I_{SC} 的条件是接入电流表，将 R_L 阻值调零。本实验可以直接做负载短路实验。

6、简述测量有源二端口网络开路电压及等效内阻的几种方法，并比较其优缺点。

答：

测量开路电压	具体方法	优点	缺点
直接用电压表测	开路时测电压	方便简单，一目了然。	会造成较大的误差
零示法	用一低内阻的稳压电源与被测有源二端网络进行比较，当稳压电源的输出电压与有源二端网络的开路电压相等时，电压表的读数将为“0”。然后将电路断开，测量此时稳压电源的输出电压，即为被测有源二端网络的开路电压。	可以消除电压表内阻的影响。	操作上有难度，尤其是精确度的把握。

测等效内阻	具体方法	优点	缺点
开路电压、短路电流法	在有源二端网络输出端开路时，用电压表直接测其输出端的开路电压 U_{OC} ，然后再将其输出端短路，用电流表测其短路电流 I_{SC} ，则等效内阻为 $R_O=U_{OC}/I_{SC}$ 。	测量方法简单，容易操作。	当二端网络的内阻很小时，容易损坏其内部元件，因此不宜选用。
伏安法	用电压表、电流表测出有源二端网络的外特性曲线，根据外特性曲线求出斜率 $\tan \phi$ ，则内阻为 $R_O=(U_{OC}-U_N)/I_N$ 。	利用伏安特性曲线可以直观地看出其电压与电流的关系。	需作图，比较繁琐。
半电压法	当负载电压为被测网络开路电压的一半时，负载电阻即为被测有源二端网络的等效内阻值。	方法比较简单。	难于把握精确度。

六、讨论与心得

这是我第一次做电路实验，做了 3 节多课才完成。验证基洛霍夫定理实验我们做的还算顺利，但是验证叠加定理和戴维南定理我们遇到了很多问题。一是电压和电阻的测量问题，因为是第一次接触万用表，我们测到的电压和电阻值一直在波动，到花很久才能使示数稳定下来，这就使我们在测数据时花了很多时间。二是在做二极管实验时，有些难以相信测到的数据。虽然电基课上学过二极管的知识，但是在真的实验中又有很大的不同，也许是二极管没有学清楚吧。三是开路电压始终测出来有问题。后来是请教了同学才知道原来我们的电路没有开路，而我们以为开路了。这给我的感受是电路的理论学习和实验还是有不同的，理论上会分析了不代表实验就能把数据做出来，所以要珍惜每一次的实验课，在实验课上加深对理论知识的理解，也锻炼自己的动手能力。

这次的实验做下来，我们已经能熟练地用万用表测电压电阻了，并且能让示数很快地稳定下来。虽然实验的过程比较繁琐，但是我们对仪器操作的熟练度得到了提高，也对原本抽象的电路定律有了直观的了解。这次的实验还是很有意义的，可以为以后的实验打下基础。

装订线