

浙江大学

本科实验报告

课程名称： 电子电路设计实验 I

姓 名： 王英杰

学 院： 信息与工程学院

系： 信息与工程系

专 业： 信息工程

学 号： 3190103370

指导教师： 李锡华 叶险峰 施红军

2020 年 11 月 25 日

浙江大学实验报告

专业： 信息工程
姓名： 王英杰
学号： 3190103370
日期： 2020/11/25
地点： 东四-216

课程名称： 电子电路设计实验 I 指导老师： 李锡华 叶险峰 施红军 成绩： _____
实验名称： 电路定律实验研究 实验类型： 验证型实验 同组学生姓名： 陈希

一、实验目的

- 1.1 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；
- 1.2 验证叠加定理及其适用范围；
- 1.3 验证戴维南定理与诺顿定理；
- 1.4 掌握万用表、直流电流表和稳压电源等仪器的使用方法

二、实验任务与要求

- 2.1 测量某电路中的各支路电流及每个元件两端的电压，应能分别满足基尔霍夫电流定律（KCL）和电压定律（KVL）。即对电路中的任意一个节点而言，应有 $\sum I=0$ ；对电路中的任何一个闭合回路而言，应有 $\sum U=0$ 。
- 2.2 测量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，同时测量验证是否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，以此验证叠加定理；并且将验证叠加定理在非线性网络是否成立，以了解叠加定理的适用范围。
- 2.3 对于任一线性网络，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，则电压源的输出电压 U_s 等于该网络的开路电压 U_{oc} ，等效内阻 R_o 等于该网络中各电源均为零时的无源网络的入端电阻，这就是戴维南定理。改变负载，测量原线性网络和等效电路的路端电压 U 及电流 I ，作出并比较 $U-I$ 曲线。

三、实验方案设计与实验参数计算

3.1 实验方案总体设计

3.1.1 基尔霍夫定律

理论计算各支路的电流和各节点的电压，将测量值和理论值比较，并验证是否满足基尔霍夫定律。并将电阻 R_5 更换为二极管 D_1 ，重复实验。

3.1.2 叠加定理

分别测量 U_1 单独作用， U_2 单独作用，以及 U_1 、 U_2 共同作用下各支路的电流以及各节点的电压，验证是否满足叠加定理。并将电阻 R_5 更换为二极管 D_1 ，重复实验。

3.1.3 戴维南定理

通过测量开路电压 U_{oc} 以及短路电流 I_{sc} ，计算等效内阻 $R_o = U_{oc}/I_{sc}$ ，改变负载分别测量路端电压 U 和电流 I ，比较原电路和等效电路的 $U-I$ 图像，验证戴维南定理。

3.2 各功能电路设计与计算

3.2.1 基尔霍夫定律

$$\text{KVL: } \sum U=0 \quad \text{KCL: } \sum I=0$$

3.2.2 叠加定理

$$U = U_1 \text{ 单独作用} + U_2 \text{ 单独作用}; \quad I = I_1 \text{ 单独作用} + I_2 \text{ 单独作用}$$

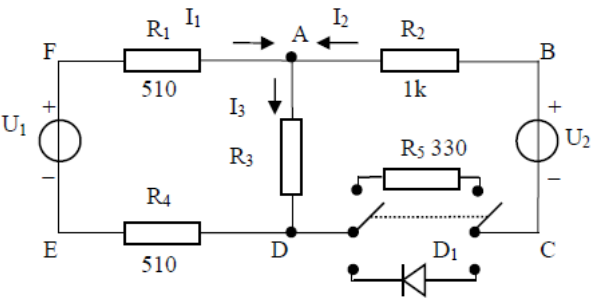
3.2.3 戴维南定理

$$R_o = U_{oc} / I_{sc}$$

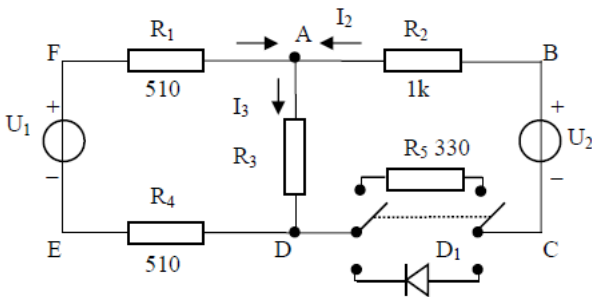
实验名称： 电路定律实验研究 姓名： 王英杰 学号： 3190103370

3.3 完整的实验电路

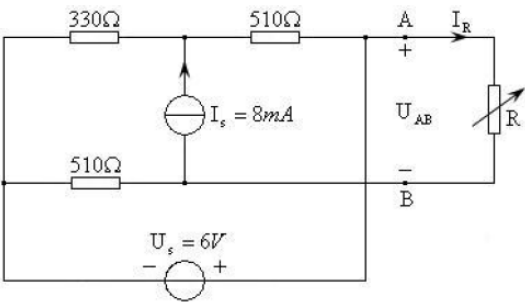
3.3.1 基尔霍夫定律



3.3.2 叠加定理



3.3.3 戴维南定理

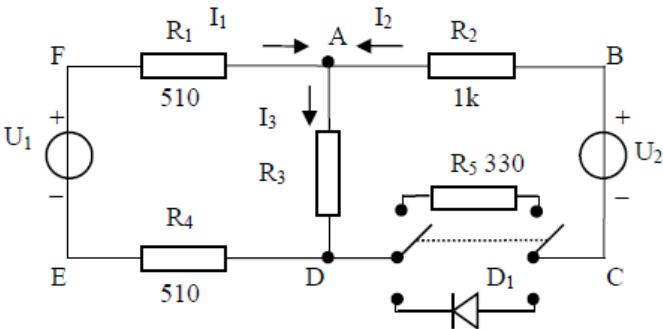


四、主要仪器设备

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

五、实验步骤、实验调试过程、实验数据记录

5.1 基尔霍夫定律



①设定电流方向如图所示，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，将计算值和测量值记录于表 1、表 2。

实验名称： 电路定律实验研究 姓名： 王英杰 学号： 3190103370

表 1 各支路电流测量值 (R5)

	$I_1(\text{mA})$	$I_2(\text{mA})$	$I_3(\text{mA})$
计算值	1.93	5.99	7.91
测量值	1.90	5.91	7.88

表 2 各节点间电压测量值 (R5)

	$U_1(\text{V})$	$U_2(\text{V})$	$U_{FA}(\text{V})$	$U_{AB}(\text{V})$	$U_{AD}(\text{V})$	$U_{CD}(\text{V})$	$U_{DE}(\text{V})$
计算值	6.00	12.0	0.98	-5.99	4.04	-1.98	0.98
测量值	5.90	11.80	0.98	-5.88	3.91	-1.99	1.01

②将二极管 D1 接入电路，将计算值和测量值记录于表 3、表 4。

表 3 各支路电流测量值 (D1)

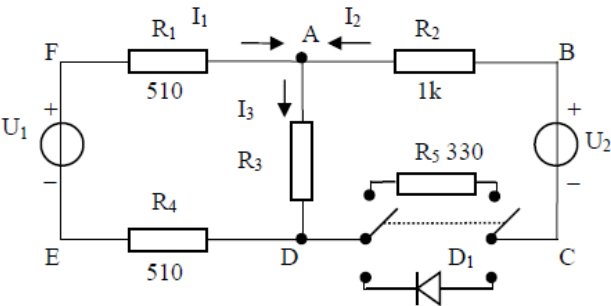
	$I_1(\text{mA})$	$I_2(\text{mA})$	$I_3(\text{mA})$
计算值	4.00	-0.11	3.88
测量值	3.90	0.00	7.88

表 4 各节点间电压测量值 (D1)

	$U_1(\text{V})$	$U_2(\text{V})$	$U_{FA}(\text{V})$	$U_{AB}(\text{V})$	$U_{AD}(\text{V})$	$U_{CD}(\text{V})$	$U_{DE}(\text{V})$
计算值	6.00	12.0	2.04	0.11	1.98	-10.1	-1.98
测量值	5.90	11.80	1.94	0.00	2.01	-9.84	-1.95

注：表 1-4 计算值数据均来自 Multisim 仿真结果。

5.2 叠加定理



- ①先在节点 E、F 之间接入电源 $U_1 = 6\text{V}$ ，将节点 B、C 短接，测量各点电压与各支路电流，测量结果记录于表 5；
- ②再将节点 E、F 短接，在节点 B、C 之间接入电源 $U_2 = 12\text{V}$ ，测量各点电压与各支路电流，测量结果记录于表 5；
- ③最后在节点 E、F 之间接入电源 $U_1 = 6\text{V}$ ，在节点 B、C 之间接入电源 $U_2 = 12\text{V}$ ，测量各点电压与各支路电流，测量结果记录于表 5；

表 5 叠加定理 (R5)

	$U_1(\text{V})$	$U_2(\text{V})$	$I_1(\text{mA})$	$I_2(\text{mA})$	$I_3(\text{mA})$	$U_{AB}(\text{V})$	$U_{CD}(\text{V})$	$U_{AD}(\text{V})$	$U_{DE}(\text{V})$	$U_{FA}(\text{V})$
U_1 单独作用	5.90	0.00	4.18	-1.11	2.83	1.16	0.39	1.56	2.21	2.13
U_2 单独作用	0.00	11.80	-2.29	7.70	4.66	-7.05	-2.38	2.35	-1.19	-1.15
U_1 和 U_2 共同作用	5.90	11.80	1.90	5.91	7.88	-5.88	-1.99	3.91	1.01	0.98

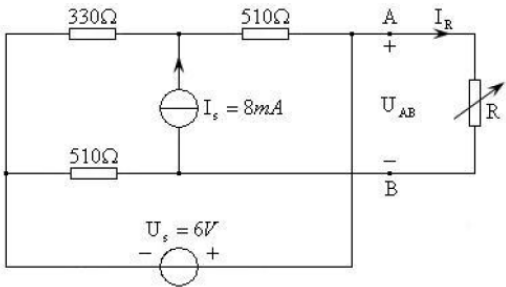
实验名称： 电路定律实验研究 姓名： 王英杰 学号： 3190103370

④将电阻 R5 替换成二极管 D1，重复步骤 1-3，测量结果记录于表 6；

表 6 叠加定理 (D1)

	U ₁ (V)	U ₂ (V)	I ₁ (mA)	I ₂ (mA)	I ₃ (mA)	U _{AB} (V)	U _{CD} (V)	U _{AD} (V)	U _{DE} (V)	U _{FA} (V)
U ₁ 单独作用	5.90	0.00	4.33	-1.05	3.23	1.06	0.58	1.65	2.24	2.17
U ₂ 单独作用	0.00	11.80	0.00	0.00	0.00	0.00	-11.80	0.00	0.00	0.00
U ₁ 和 U ₂ 共同作用	5.90	11.80	3.90	0.00	3.90	0.00	-9.84	2.01	-1.95	1.94

5.3 戴维南定理



①如图所示，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 (测 U_{oc} 时，不要 接入电流表) 填入表 7。

表 7 戴维南定理 (1)

U _{OC} (V)	I _{SC} (mA)	R _o = U _{OC} /I _{SC} (Ω)
10.01	19.20	521.3

②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 8。对 $U-I$ 进行作图(见图 1)。

表 8 戴维南定理 (2)

R _L (Ω)	4.5	84	139	232	356	516	799	1303	2.19k	4.77k
U _{AB} (V)	0.06	0.97	2.08	3.05	4.01	5.04	6.01	7.11	8.06	9.00
I(mA)	18.99	17.34	15.22	13.35	11.50	9.53	7.66	5.55	3.74	1.92

③验证戴维南定理：用一只 $1k\Omega$ 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，按图进行实验，将实验数据填入表 9，作 $U-I$ 图对戴维南定理进行验证(见图 1)。

表 9 戴维南定理 (3)

R _L (Ω)	11.5	56	156	251	372	572	945	1.40k	2.69k	4.72k
U _{AB} (V)	0.13	0.95	2.25	3.11	4.08	5.08	6.30	7.15	8.21	8.84
I(mA)	18.57	17.09	14.56	12.93	11.08	9.14	6.80	5.17	3.12	1.90

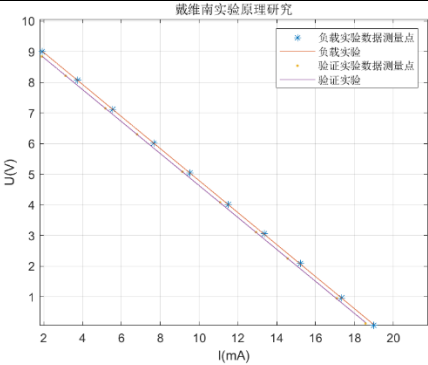


图 1 验证戴维南定理

实验名称： 电路定律实验研究 姓名： 王英杰 学号： 3190103370

六、实验结果和分析处理

6.1 基尔霍夫定律

KCL: 分析表 1、表 3 的数据，在实验误差允许范围内，在线性或非线性电路网络中，对于各节点有 $\sum I=0$;

KVL: 分析表 2、表 4 的数据，在实验误差允许范围内，在线性或非线性电路网络中，对于各闭合回路有 $\sum U=0$;

误差分析:

主要的实验误差源自电表的精度引起的误差;

测量值与计算值出现偏差的原因在于各元器件阻值与标称值存在偏差;

结论: 该实验基本验证了基尔霍夫定律的正确性。

6.2 叠加定理

分析表 5、表 6 的数据，可知在实验误差允许范围内，对于线性网络， U_1 和 U_2 共同作用的效果等于 U_1 单独作用与 U_2 单独作用的代数和，即满足叠加定理。而对于非线性网络，叠加定理并不满足。

6.3 戴维南定理

分析表 8、表 9 以及图 1，在实验误差允许范围内，可基本验证戴维南定理的正确性。

七、讨论、心得

本次实验的实验需要测量的数据量较多，需要按照一定的逻辑进行详细的记录，包括电流电压正方向的规定。同时需要在测量时及时验证数据的准确性，防止由于操作失误造成的数据错误。由于本次实验由三个小实验组成，在做实验时需要对实验过程有清晰的条理。实验过程中应和组员形成良好的配合以提高实验效率。

对于戴维南定理验证实验中的等效内阻的调节，我认为将电位器改变为电阻箱更为方便，由于电位器的调整幅度较大，很难将电位器的电阻调到应得的等效电阻值，而电阻箱调节则更为方便。

八、思考题

基尔霍夫定律

1、如果设定不同的电压与电流参考方向，基尔霍夫定律是否仍然成立？

是

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？（在图 1 所示电路中，可选择将二极管 1N4007 替换电阻 R_5 连入电路，进行实验验证。）

是

叠加定理

1、可否直接将不起作用的电源（ U_1 或 U_2 ）短接置零？

不能，若短接，即电源短路，将导致电源损坏。

2、根据测量数据，计算各种状况下，某一电阻消耗的功率，并验证功率是否具有叠加性。

选取 R_1 ， U_1 单独作用时， $P_1 = 4.46 \text{ mW}$ ； U_2 单独作用时， $P_2 = 1.34 \text{ mW}$ ；

U_1 和 U_2 共同作用时， $P = 0.92 \text{ mW}$ ，由此可见，功率不满足叠加定理。

实验名称: 电路定律实验研究 姓名: 王英杰 学号: 3190103370

戴维南定理

1、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。

输出端短路时测量 I_{sc} ;

本实验中可直接做负载短路实验

2、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。

①开路电压、短路电流法测 R_o

优点:操作简单快捷;

缺点:若二端口网络的内阻很小,直接短路法测量短路电流易损坏其内部元件。

②伏安法

优点:测量较为准确,适合内阻很小的情况的测量;

缺点:需要测量多组数据,需要画图计算,较为麻烦。

③半电压法测 R_o

优点:测量方便,避免内阻很小时将输出端短路造成内部元件损坏;

缺点:内阻很小时,由于负载 R_L 阻值过大,不容易调节至小电阻,易产生误差。