

浙江大学实验报告

专业：信息工程
姓名：李昕
学号：3230103034
日期：2024 年 11 月 5 日
地点：东 4-216

课程名称：电子电路设计实验 I
实验名称：2. 叠加定理实验研究
指导老师：施红军, 叶险峰, 邓靖靖
实验类型：
成绩：
同组学生姓名：罗启航

一、实验目的

- 实验研究叠加定理的正确性；
- 加深叠加定理适用范围的认识。

二、实验任务和要求

用电流表测得各支路的电流值, 用电压表测得各节点的电压值, 与理论值进行比较, 验证叠加定理

三、实验原理

叠加定理是指：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。

对于非线性网络，叠加定理将不再成立，也不能用叠加定理计算或处理功率、能量等二次的物理量。

四、实验方案设计与参数计算

1. 实验方案总体设计

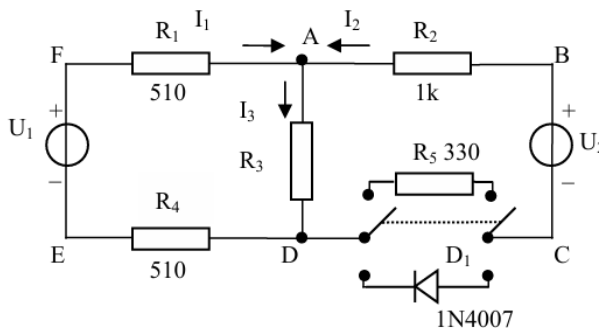


图 1: 验证叠加的实验电路

本实验使用图 1 所示的电路来验证叠加定理。

2. 理论值计算

2.1 R_5 接入电路

2.1.1 当 U_1 和 U_2 共同作用时：

$$\begin{cases} 1020I_1 + 510I_3 = 6 \\ 1330I_2 + 510I_3 = 12 \\ I_1 + I_2 = I_3 \end{cases} \quad (1)$$

解得

$$\begin{cases} I_1 = 1.92mA \\ I_2 = 5.988mA \\ I_3 = 7.914mA \end{cases} \quad (2)$$

由电流的结果可以依次算出 $U_1 = 6V, U_2 = 12V, U_{FA} = 0.982V, U_{AB} = -5.988V, U_{AD} = 4.036V, U_{CD} = -1.995V, U_{DE} = 0.982V$ 。

2.1.2 当 U_1 单独作用时：此时电路图如下：

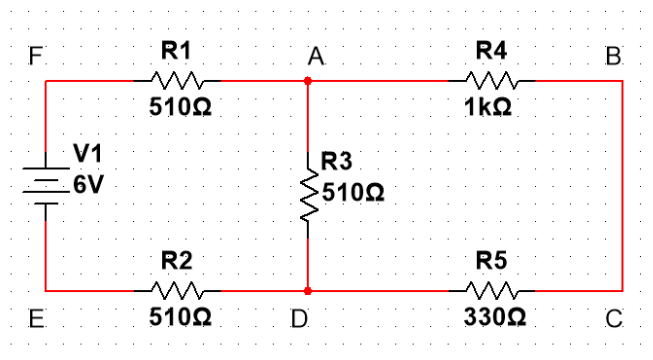


图 2: U_1 单独作用时的电路

对于电流，有：

$$\begin{cases} 1020I_1 + 510I_3 = 6 \\ 1330I_2 + 510I_3 = 0 \\ I_1 + I_2 = I_3 \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} I_1 = 4.32mA \\ I_2 = -1.20mA \\ I_3 = 3.12mA \end{cases} \quad (4)$$

由电流结果可以依次算出 $U_1 = 6V, U_2 = 0V, U_{FA} = 2.20V, U_{AB} = 1.20V, U_{AD} = 1.59V, U_{CD} = 0.39V, U_{DE} = 2.21V$ 。

2.1.2 当 U_2 单独作用时：此时电路图如下：

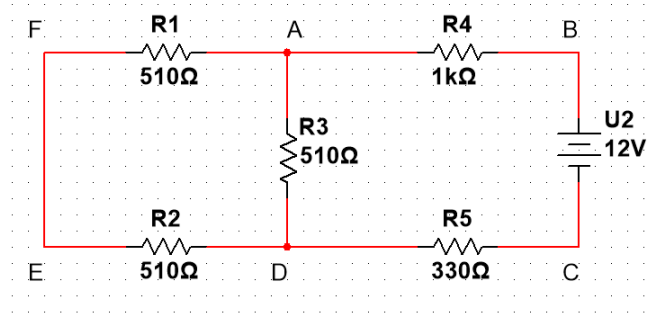


图 3: U_2 单独作用时的电路

对于电流，有：

$$\begin{cases} 1020I_1 + 510I_3 = 0 \\ 1330I_2 + 510I_3 = 12 \\ I_1 + I_2 = I_3 \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} I_1 = -2.40mA \\ I_2 = 7.19mA \\ I_3 = 4.79mA \end{cases} \quad (6)$$

从而依次可以推出 $U_1 = 0V, U_2 = 12V, U_{FA} = -1.224V, U_{AB} = -7.19V, U_{AD} = 2.443V, U_{CD} = -2.367V, U_{DE} = -1.219V$ 。

2.2 D_1 接入电路，各节点电流值

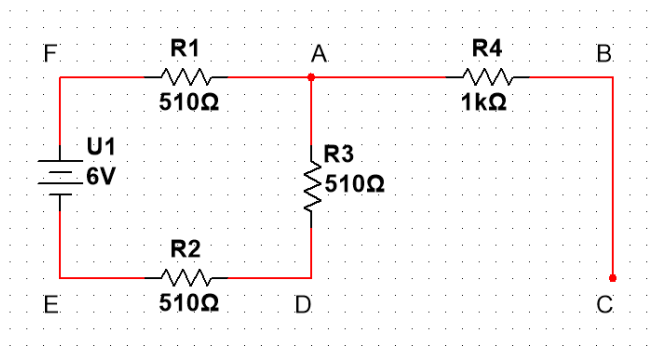
2.1.1 当 U_1 和 U_2 共同作用时：

$$\begin{cases} 1020I_1 + 510I_3 = 6 \\ I_2 = 0 \\ I_1 = I_3 \end{cases} \quad (7)$$

解得

$$\begin{cases} I_1 = 3.922mA \\ I_2 = 0 \\ I_3 = 3.922mA \end{cases} \quad (8)$$

由电流的结果可以依次算出 $U_1 = 6V, U_2 = 12V, U_{FA} = 2V, U_{AB} = 0, U_{AD} = 2V, U_{CD} = -10V, U_{DE} = 2V$ 。

图 4: U_2 单独作用时的电路

2.1.2 当 U_1 单独作用时:

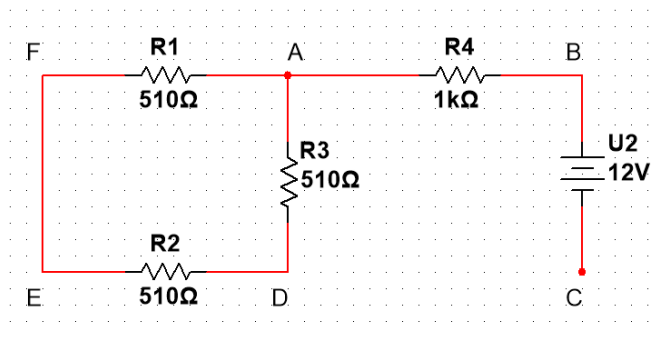
$$\begin{cases} 1020I_1 + 510I_3 = 6 \\ I_2 = 0 \\ I_1 = I_3 \end{cases} \quad (9)$$

解得

$$\begin{cases} I_1 = 3.922mA \\ I_2 = 0 \\ I_3 = 3.922mA \end{cases} \quad (10)$$

由电流的结果可以依次算出 $U_1 = 6V, U_2 = 0V, U_{FA} = 2V, U_{AB} = 0, U_{AD} = 2V, U_{CD} = 2V, U_{DE} = 2V$ 。

2.1.3 当 U_2 单独作用时: 此时电路图如下:

图 5: U_2 单独作用时的电路

$$\begin{cases} 1020I_1 + 510I_3 = 0 \\ I_2 = 0 \\ I_1 = I_3 \end{cases} \quad (11)$$

解得:

$$I_1 = I_2 = I_3 = 0$$

由此可以算出 $U_1 = 0V, U_2 = 12V, U_{FA} = 0V, U_{AB} = 0, U_{AD} = 0V, U_{CD} = -12V, U_{DE} = 0V$

五、实验仪器设备

- 万用表
- 电流表
- 电路板

六、实验步骤、实验数据记录

- (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) 接入 R_5 , 在 U_1 单独作用、 U_2 , U_1 与 U_2 共同作用的时候分别测量数据：
- a. 在节点 F, E 之间接入电压源 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, 测量数据如下：

表 1: U_1 单独作用

	U_1	U_2	I_1	I_2	I_3	U_{FA}	U_{AB}	U_{AD}	U_{CD}	U_{DE}
理论值	6V	0	4.32mA	-1.20mA	3.12mA	2.20V	1.20V	1.59V	0.39V	2.21V
测量值	5.84V	0	4.30mA	1.18mA	3.05mA	2.14V	1.13V	1.51V	0.37V	2.07V

- b. U_1 处不接电源, 将节点 F, E 之间短路, 在节点 B, C 之间接入电压源 U_2 , 再次测量各点电压与各支路电流, 测量值如下：

表 2: U_2 单独作用

	U_1	U_2	I_1	I_2	I_3	U_{FA}	U_{AB}	U_{AD}	U_{CD}	U_{DE}
理论值	0	12V	-2.40mA	7.19mA	4.79mA	-1.224V	-7.19V	2.443V	-2.367V	-1.219V
测量值	0	12.02V	-2.43mA	7.53mA	5.02mA	-1.20V	-7.12V	2.49V	-2.40V	-1.19V

- c. 最后将 U_1 和 U_2 同时接入：

表 3: U_1, U_2 共同作用

	U_1	U_2	I_1	I_2	I_3	U_{FA}	U_{AB}	U_{AD}	U_{CD}	U_{DE}
理论值	6V	12V	1.926mA	5.988mA	7.914mA	0.982V	-5.988V	4.036V	-1.995V	0.982V
测量值	6.03V	12.03V	1.82mA	6.31mA	8.22mA	1.02V	-5.97V	4.09V	-2.01V	0.94V

- d. 汇总上述三张表格：

表 4: 汇总表

	U_1	U_2	I_1	I_2	I_3	U_{FA}	U_{AB}	U_{AD}	U_{CD}	U_{DE}
U_1 单独作用	5.84V	0	4.30mA	1.18mA	3.05mA	2.14V	1.13V	1.51V	0.37V	2.07V
U_2 单独作用	0	12.02V	-2.43mA	7.53mA	5.02mA	-1.20V	-7.12V	2.49V	-2.40V	-1.19V
U_1 和 U_2 共同作用	6.03V	12.03V	1.82mA	6.31mA	8.22mA	1.02V	-5.97V	4.09V	-2.01V	0.94V

可以发现大致有第一行的数据 + 第二行的数据为第三行的数据，即验证了叠加定理成立。

(3) 接入 D_1 ，重复上述测量：

a. U_1 单独作用

表 5: U_1 单独作用

	U_1	U_2	I_1	I_2	I_3	U_{FA}	U_{AB}	U_{AD}	U_{CD}	U_{DE}
理论值	6V	0	3.922mA	0	3.922mA	2V	0	2V	2V	2V
测量值	5.95V	0	4.15mA	0.88mA	3.16mA	2.18V	0.94V	1.55V	0.57V	2.03V

b. U_2 单独作用

表 6: U_2 单独作用

	U_1	U_2	I_1	I_2	I_3	U_{FA}	U_{AB}	U_{AD}	U_{CD}	U_{DE}
理论值	0	12V	0	0	0	0	0	0	-12V	0
测量值	0	12.03V	0	0	0	0	0	0	-12.03V	0

c. U_1 和 U_2 共同作用

表 7: U_1, U_2 共同作用

	U_1	U_2	I_1	I_2	I_3	U_{FA}	U_{AB}	U_{AD}	U_{CD}	U_{DE}
理论值	6V	12V	3.922mA	0	3.922mA	2V	0	2V	-10V	2V
测量值	6.03V	12.03V	4.00mA	0	3.92	2.08V	0	1.90V	-10.14V	1.88V

(4) 汇总上述三张表格：

表 8: 汇总表

	U_1	U_2	I_1	I_2	I_3	U_{FA}	U_{AB}	U_{AD}	U_{CD}	U_{DE}
U_1 单独作用	5.95V	0	4.15mA	0.88mA	3.16mA	2.18V	0.94V	1.55V	0.57V	2.03V
U_2 单独作用	0	12.03	0	0	0	0	0	0	-12.03V	0
U_1 和 U_2 共同作用	6.03V	12.03V	4.00mA	0	3.92	2.08V	0	1.90V	-10.14V	1.88V

依旧有第一行的数据 + 第二行的数据为第三行的数据，对于非线性元件，也验证了叠加定理成立。

七、 数据分析与讨论

- 总体来讲本实验的误差较小
- 接入二极管时，在 U_1 单独作用时 I_2 的值 > 0 ，这可能是由于二极管存在部分漏电流；或仪器带来的误差。
- 实验中电压源的电压有波动，为实验带来了误差。

八、 结论

对线性元件和非线性元件（如二极管），电路中电压和电流的叠加定理均成立。

九、 心得与体会

本实验中测量需要考虑的内容较多，计算也较为复杂，测量次数较多，我认识到了耐心和细致的必要性，锻炼了自己的实验测量技能。

十、 思考题

1. 可否直接将不起作用的电源（U1 或 U2）短接置零？

答：不能，短接电源会让电源内部产生巨大的电流，从而烧坏电源。

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。

答：在接入 R_5 的情况下，计算 R_1 的功率：

$$(1) U_1 \text{ 单独作用时: } P_1 = I_1^2 \times R_1 = ((4.30 \times 10^{-3})^2 \times 510 = 9.430 \times 10^{-3} W$$

$$(2) U_2 \text{ 单独作用时: } P_2 = I_1^2 \times R_1 = ((-2.43 \times 10^{-3})^2 \times 510 = 3.011 \times 10^{-3} W$$

$$(3) U_1 \text{ 和 } U_2 \text{ 共同作用时: } P_{12} = I_2^2 \times R_1 = ((1.82 \times 10^{-3})^2 \times 510 = 1.689 \times 10^{-3} W$$

显然 $P_1 + P_2 \neq P_{12}$ ，故推出功率不具有叠加性。