

# 实验一 叠加定理

## 一、实验目的

- 1、学会使用直流稳压电源和万用表
- 2、通过实验证明线性电路的叠加定理

## 二、实验设备

- 1、双路直流稳压电源一台
- 2、数字万用表一块
- 3、实验电路板一块

## 三、实验基本原理

由叠加定理：在线性电路中，有多个电源同时作用时，在电路的任何部分产生的电流或电压，等于这些电源分别单独作用时在该部分产生的电流或电压的代数和。

为了验证叠加定理，实验电路如图 1-1 所示。当  $E_1$  和  $E_2$  同时作用时，在某一支路中产生的电流  $I$ ，应为  $E_1$  单独作用在该支路中产生的电流  $I'$  和  $E_2$  单独作用在该支路中产生的电流  $I''$  之和，即  $I = I' + I''$ 。实验中可将电流表串联接入到所测量的支路中，分别测量出在  $E_1$  和  $E_2$  单独作用时，以及它们共同作用时的电流值来验证叠加定理。

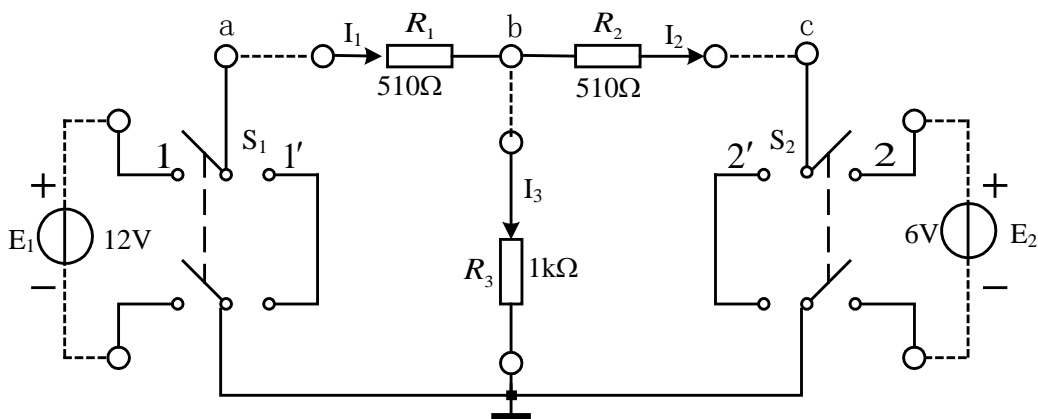


图 1-1 叠加定理实验电路

## 四、实验内容及步骤

### 1、直流稳压电源和万用表的使用

参见电工电子实验室相关设备的使用手册，掌握直流稳压电源和万用表的使用。

## 2、验证叠加定理

实验电路如图 1-1 所示， $E_1$ 、 $E_2$  由直流稳压电源供给。 $E_1$ 、 $E_2$  两电源是否作用于电路，分别由开关  $S_1$ 、 $S_2$  来控制。实验前先检查电路，调节两路稳压电源尽量使得  $E_1 = 12V$ 、 $E_2 = 6V$ ，记录好电源电压的实际取值，进行以下测试，并将数据填入表 1-1 和表 1-2 中。

- (1)  $E_1$  单独作用时 ( $S_1$  置 “1” 处， $S_2$  置 “2'” 处)，测量各支路的电流和电压。
- (2)  $E_2$  单独作用时 ( $S_1$  置 “1'” 处， $S_2$  置 “2” 处)，测量各支路的电流和电压。
- (3)  $E_1$ 、 $E_2$  共同作用时 ( $S_1$  置 “1” 处， $S_2$  置 “2” 处)，测量各支路的电流和电压。

表 1-1 数据记录与计算

|                                    | $I_1$ (mA) |          |    | $I_2$ (mA) |          |    | $I_3$ (mA) |          |    |
|------------------------------------|------------|----------|----|------------|----------|----|------------|----------|----|
| 电源电压                               | 测量         | 理论<br>计算 | 误差 | 测量         | 理论<br>计算 | 误差 | 测量         | 理论<br>计算 | 误差 |
| (理论): $E_1 = 12V$<br>(实际): $E_1 =$ |            |          |    |            |          |    |            |          |    |
| (理论): $E_2 = 6V$<br>(实际): $E_2 =$  |            |          |    |            |          |    |            |          |    |
| $E_1$ 和 $E_2$<br>共同作用时             |            |          |    |            |          |    |            |          |    |

表 1-2 数据记录与计算

|                                    | $U_1$ (V) |          |    | $U_2$ (V) |          |    | $U_3$ (V) |          |    |
|------------------------------------|-----------|----------|----|-----------|----------|----|-----------|----------|----|
| 电源电压                               | 测量        | 理论<br>计算 | 误差 | 测量        | 理论<br>计算 | 误差 | 测量        | 理论<br>计算 | 误差 |
| (理论): $E_1 = 12V$<br>(实际): $E_1 =$ |           |          |    |           |          |    |           |          |    |
| (理论): $E_2 = 6V$<br>(实际): $E_2 =$  |           |          |    |           |          |    |           |          |    |
| $E_1$ 和 $E_2$<br>共同作用时             |           |          |    |           |          |    |           |          |    |

## 五、预习要求

- 1、认真阅读本书附录中对稳压电源的介绍，掌握稳压电源的使用方法。
- 2、认真阅读本书附录中对万用表的介绍，掌握测量直流电压、电流，交流电压及电阻值的使用方法。
- 3、复习叠加定理的理论说明，根据实验电路及元件参数进行理论计算。

## 六、实验结果分析

- 1、分析表 1-1 中的测量结果，验证叠加定理。
- 2、根据图 1-1 所示的实验电路。根据理论计算值和实验测量结果，加以比较。
- 3、请认真总结本次实验的收获和体会（不少于 200 字）。

## 七、思考题

- 1、使用稳压电源时应该注意哪几点？
- 2、使用万用表时应该注意哪几点？
- 3、叠加定理的应用条件是什么？

## 实验二 戴维宁定理

### 一、实验目的

- 1、进一步熟悉使用直流稳压电源和万用表。
- 2、用实验数据验证戴维宁定理，加深对戴维宁定理的理解。
- 3、掌握测量开路电压和等效电阻的方法。

### 二、实验设备

- 1、双路直流稳压电源一台
- 2、指针万用表和数字万用表各一块
- 3、电流表一块
- 4、实验电路板一块

### 三、实验原理

由戴维宁定理：线性有源单口网络，就其端口来看，可以等效为一个电压源和电阻串联。该电压源等于网络的开路电压  $U_{oc}$ ，该电阻等于该网络中所有独立源为零值时所得的网络等效电阻  $R_{eq}$ 。

实验电路如图 2-1 所示。把 A-B 端口左边的电路看作是以 A-B 为端口的有源一端口网络，把这个一端口网络等效为  $U_{oc}$  和  $R_{eq}$  串联的支路，最后再与  $R_L$  构成戴维宁等效电路，如图 2-2 所示。

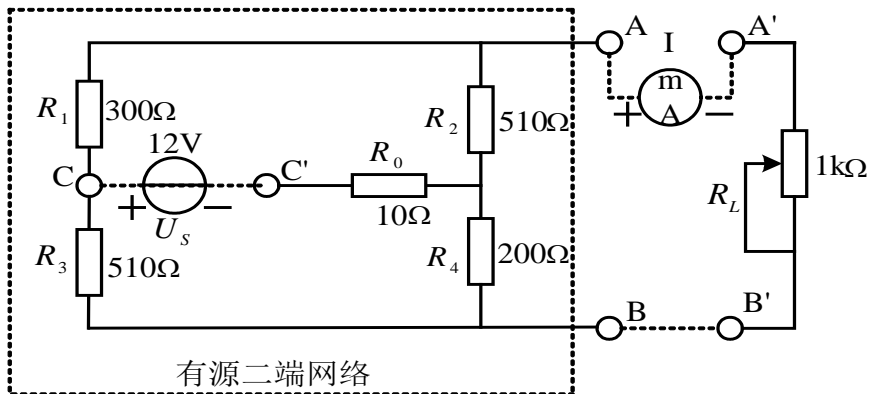


图 2-1 戴维宁定理实验电路

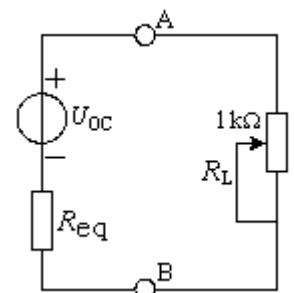


图 2-2 戴维宁等效电路

#### 四、实验内容及步骤

##### 1、测量有源二端网络的开路电压 $U_{oc}$

按图 2-1 接线，C 端与 C' 端接通电源  $U_s$ （12V），A 端与 A' 端断开，B 与 B' 端断开，用万用表（直流电压档）测量 A-B 两端的电压，此时电压表测量的电压就是有源二端网络的开路电压即为戴维宁等效电路中的电压源电压  $U_{oc}$ ，记入表 2-1 中。

##### 2、测量有源二端网络的短路电流 $I_{sc}$

按图 2-1 接线，C 端与 C' 端接通电源  $U_s$ （12V），A 端与 A' 端接一个电流表，A' 端到 B' 端到 B 端用一根导线连起来。此时电流表测量的电流就是有源二端网络的短路电流  $I_{sc}$ ，记入表 2-1 中。

##### 3、测量有源二端网络的等效电阻 $R_{eq}$

由以下三种方法得到  $R_{eq}$ ，并将结果填入表 2-1 中。

（1）根据上面步骤 1 和步骤 2 的测量结果，有源二端网络的开路电压  $U_{oc}$  和有源二端网络的短路电流  $I_{sc}$ ，由  $R_{eq} = \frac{U_{oc}}{I_{sc}}$  计算得到  $R_{eq}$ 。

（2）按图 2-1 接线，C 端与 C' 端用导线连接起来（去掉电源），A 端与 A' 端断开，B 与 B' 端断开，用万用表（欧姆档）测量无源二端网络 A-B 两端的等效电阻  $R_{eq}$ 。

（3）重复步骤 1，测 A-B 两端开路电压  $U_{oc}$ 。再将  $R_L$  接入电路，用导线连接 A 端与 A' 端，B 端与 B' 端。用万用表（直流电压档）测量负载  $R_L$  两端电压  $U_L$ ，调节可变电阻  $R_L$  使得  $U_L = \frac{U_{oc}}{2}$ ，此时  $R_{eq} = R_L$ （ $R_L$  的值用万用表的欧姆档测出）。

表 2-1 数据记录与计算

|     | 开路电压<br>$U_{oc}$ (V) | 短路电流<br>$I_{sc}$ (mA) | 等效电阻 $R_{eq}$ ( $\Omega$ )       |      |                |
|-----|----------------------|-----------------------|----------------------------------|------|----------------|
|     |                      |                       | $R_{eq} = \frac{U_{oc}}{I_{sc}}$ | 直接测量 | $R_{eq} = R_L$ |
| 测量值 |                      |                       |                                  |      |                |
| 计算值 |                      |                       |                                  |      |                |

#### 4、验证戴维宁定理

按图 2-1 接线, A 端与 B 端之间分别接电阻  $1\text{K}\Omega$  和  $2\text{K}\Omega$ , C 端与 C' 端之间接通电源  $U_s$ , 分别测量电阻为  $1\text{K}\Omega$  和  $2\text{K}\Omega$  时的电压  $U_L$  和电流  $I_L$ , 填入表 2-2 中。再自行搭建一个电路, 按图 2-2 接线, A 端与 B 端之间分别接电阻  $1\text{K}\Omega$  和  $2\text{K}\Omega$ , 再测量电阻为  $1\text{K}\Omega$  和  $2\text{K}\Omega$  时的电压  $U_L$  和电流  $I_L$ , 填入表 2-2 中。比较图 2-1 和图 2-2 所测量的结果来验证戴维宁定理。

表 2-2 数据记录与计算

| 电阻值                   | 负载电压 $U_L$ (V) |           |           | 负载电流 $I_L$ (mA) |           |           |
|-----------------------|----------------|-----------|-----------|-----------------|-----------|-----------|
|                       | 计算值            | 图 2-1 测量值 | 图 2-2 测量值 | 计算值             | 图 2-1 测量值 | 图 2-2 测量值 |
| $R_L=1\text{K}\Omega$ |                |           |           |                 |           |           |
| $R_L=2\text{K}\Omega$ |                |           |           |                 |           |           |
| $R_L=3\text{K}\Omega$ |                |           |           |                 |           |           |
| $R_L=4\text{K}\Omega$ |                |           |           |                 |           |           |

#### 五、预习要求

- 1、认真阅读本实验的实验步骤, 学会自己连接实验电路的技能。
- 2、复习戴维宁定理的理论说明。
- 3、根据实验电路及元件参数进行电路计算。

#### 六、实验结果分析

- 1、分析比较表 2-1、表 2-2 的测量结果, 验证戴维宁定理。
- 2、请认真总结本次实验的收获和体会 (不少于 200 字)。

#### 七、思考题

- 1、使用戴维宁定理的条件是什么?
- 2、要得到戴维宁等效电路, 需要知道哪几个量?

## 实验三 一阶动态电路暂态过程的研究

### 一、实验目的

1、研究一阶 RC 电路在脉冲电压  $U_S$  激励下响应  $U_c(t)$  的变化规律和特点，了解时间常数对  $U_c(t)$  的影响。

2、学习使用示波器观察和研究电路的响应。观测 RC 电路在脉冲信号激励下的响应波形，掌握有关微分电路和积分电路的概念。

### 二、实验设备

- 1、函数信号发生器一台
- 2、示波器一台
- 3、实验电路板一块

### 三、实验原理

电路换路后无外加独立电源，仅由电路中动态元件初始储能而产生的响应称为零输入响应。若电路的初始储能为零，仅由外加独立电源作用所产生的响应称为零状态响应。

电路由一种稳定状态变化到另一种稳定状态需要有一定的时间，即有一个随时间变化的过程，称之为电路的暂态过程。动态电路的过渡过程是十分短暂的单次变化过程，用一般的双踪示波器观察电路的过渡过程和测量有关的参数，必须使这种单次变化的过程重复出现。为此，我们利用信号源输出的方波来模拟阶跃激励信号，即方波的上升沿作为零状态响应的正阶跃激励信号，方波的下降沿作为零输入响应的负阶跃激励信号。只要选择方波的半个周期大于被测电路时间常数的 3~5 倍，电路在这样方波序列信号的作用下，它的影响和直流电源接通与断开的过渡过程是相同的。

一阶电路的时间常数  $\tau$  是一非常重要的物理量，它决定零输入响应和零状态响应按指数规律变化的快慢。时间常数  $\tau$  的测定方法：分析可知，当  $t = \tau$  时，零输入响应有  $U_c(t) = 0.368U_S$ ，零状态响应有  $U_c(t) = 0.632U_S$ 。RC 电路的时间常数可从示波器观察的响应曲线中测量出来，如图 3-1 和图 3-2 所示。

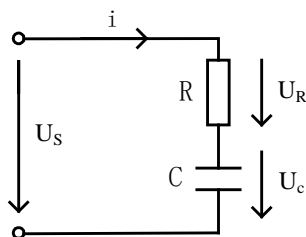


图 3-1 RC 一阶电路

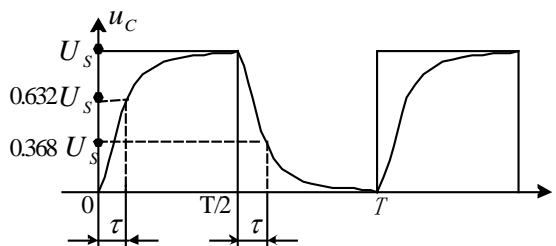


图 3-2 时间常数的测量

方波激励波形及其 RC 电路参数  $U_C$  和  $U_R$  响应波形如图 3-3 所示。

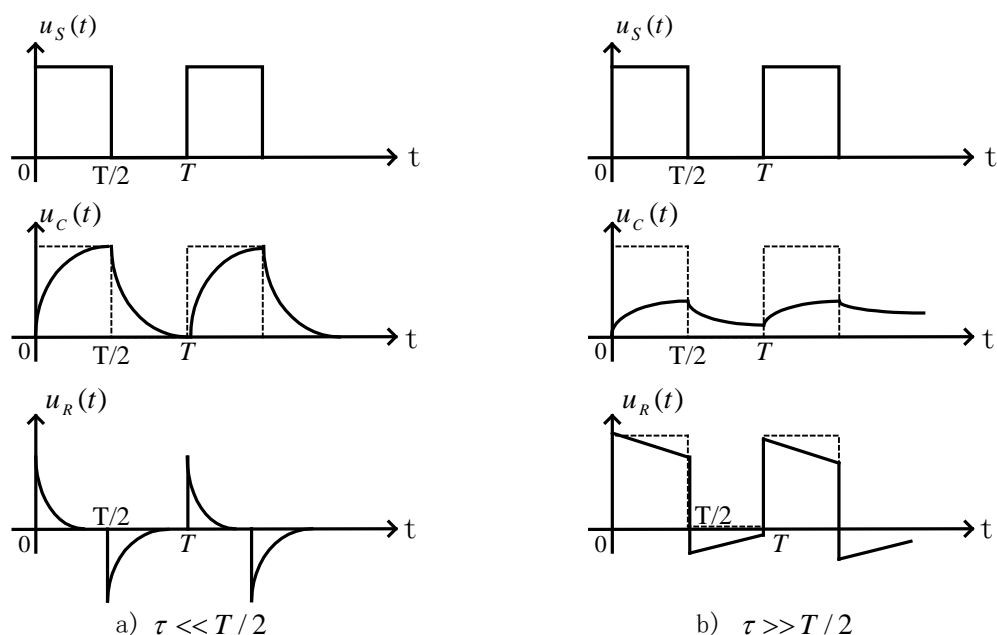


图 3-3 RC 电路的矩形脉冲响应曲线

- (1) 当  $\tau = RC \ll \frac{T}{2}$  时，各电压波形如图 3-3 a) 所示，此时电阻  $R$  上得到微分输出响应。
- (2) 当  $\tau = RC \gg \frac{T}{2}$  时，各电压波形如图 3-3 b) 所示，此时电容  $C$  上得到积分输出响应。

#### 四、实验内容

##### 1、函数发生器和示波器的使用

参见本书的附录，掌握函数发生器和示波器的使用。

2、按图 3-1 连接  $RC$  串联电路。首先确定输入方波电压峰峰值为  $5V$ ，周期  $1mS$ （用示波器测量）。根据实验箱中给出的  $R$  或  $C$ ，任意搭配  $R$  和  $C$ ，来观察对输出电压  $u_C$  的影响，用文字叙述观察结果。记录对应的  $R$ 、 $C$  值，并定量描绘出输出波形。

3、设计一微分电路，使其输出为尖脉冲波形。画出电路图，由  $R$ 、 $C$  参数值计算时间常数，描绘  $u_S$ 、 $u_R$  的波形图。

4、设计一积分电路，记录各参数及  $u_S$ 、 $u_C$  的波形图。

#### 五、实验报告要求

- 1、按照实验任务的要求，用坐标纸画出所观察的波形，并标明电路参数和时间常数。
- 2、根据实验观察结果，归纳、总结微分电路和积分电路的特点。