

## 实验二 一阶 $RC$ 电路的暂态过程

### 一、实验目的

1. 观测  $RC$  电路的矩形脉冲响应，学习时间常数的测定方法。
2. 研究电路参数改变对暂态过程的影响。
3. 解  $RC$  电路的实际应用。
4. 学习函数发生器、示波器的使用方法。

### 二、仪器设备

- |            |    |
|------------|----|
| 1. 函数发生器   | 一台 |
| 2. 双踪数字示波器 | 一台 |
| 3. 电阻、电容   | 若干 |

### 三、实验简介

#### 1. $RC$ 电路的矩形脉冲响应

电路从一个稳态变化到另一个稳态的过程称为过渡过程或暂态过程，暂态过程产生的原因是电路中有储能元件的存在。当电感电压  $u_L$  或电容电流  $i_C$  为有限值时，电感电流或电容电压不能跃变，故暂态过程是一个渐变过程。

将周期性矩形脉冲电压加在  $RC$  串联电路上，电容  $C$  通过电阻  $R$  充电、放电的过程重复出现。

以充电为例：若  $t=0$  时，电容电压  $u_C$  的初始值为零，矩形脉冲跃升为幅值  $U$ ，电容  $C$  通过电阻  $R$  充电，有  $u_C = U(1 - e^{-t/\tau})$ ，其中  $\tau=RC$ 。当  $t=\tau$  时， $u_C=0.632U$ 。所以在实验中，只要测得零状态响应  $u_C=0.632U$  时对应的时间，即为电路的时间常数。

#### 2. $RC$ 电路的应用

- (1)  $RC$  微分电路和  $RC$  耦合电路

微分电路和耦合电路在形式上完全一样，如图 2-1 所示。二者的区别在于电路参数不同。

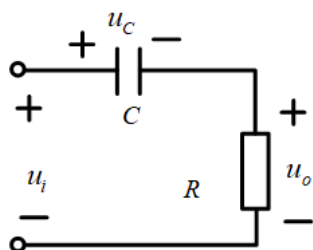


图 2-1

设输入脉冲的宽度为  $t_P$ ，当  $\tau \ll t_P$  时，电路为微分电路，表现在输出端  $u_O$  为尖脉冲。

当  $\tau \gg t_P$  时，图 2-1 电路则为耦合电路。由于电容有隔直传交作用，故表现在输出端  $u_O$  为输入直流方波的交流分量（即：输入直流，输出交流）。

## （2）RC 积分电路

将图 2-1 电路中电容和电阻交换位置且满足  $\tau \gg t_P$ ，则电路为积分电路，输出电压  $u_O$  近似正比于输入电压对时间的积分。在实际应用中，常采用这种电路将矩形波转换成三角波。

## 3. AG1022 函数发生器的使用方法

### （1）通道选择

点击 CH1/2 按键可使屏幕显示的通道在 CH1 和 CH2 之间切换，所有参数的设置仅对当前屏幕显示的通道有效。

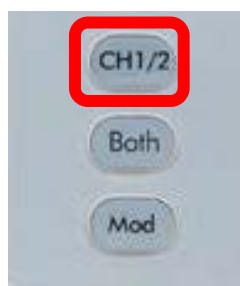


图 2-2

### （2）波形选择

在函数发生器屏幕下方点击所需的波形按钮选择输出信号的类型，被选中的波形按钮灯会亮起。



图 2-3

### (3) 波形参数设定

通过点击屏幕右侧的 F1~F3 按键分别设置输出信号的频率、幅值、偏移量。

### (4) 波形输出

点击 BNC 同轴接口上方的 CH1、CH2 按键可开启/关闭相应通道的输出，开启输出时对应通道的按键灯亮起。



图 2-4

## 4. TBS1102 型示波器使用方法

### (1) 测电压

当被测波形出现在示波器显示屏上后，按下示波器的“CURSOR”键，在“类型”中选“电压”，则显示屏上出现两条水平虚线，通过调节两个“POSITION”键，可控制两水平虚线的上、下移动，其显示的“增量”即为两水平虚线间的电压值。

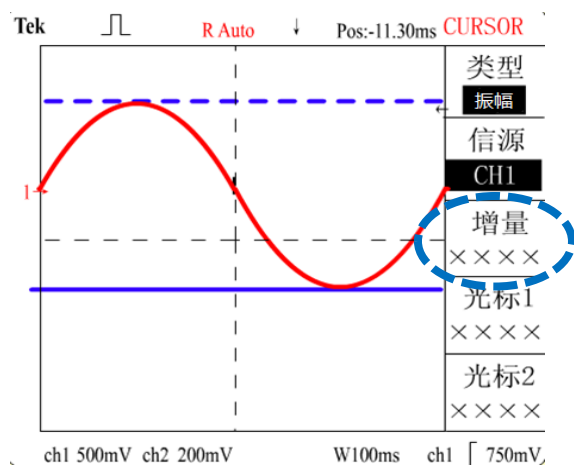


图 2-5

### (2) 测时间 $t$ 和相位 $\varphi$

当被测波形出现在示波器显示屏上后，按下示波器的“CURSOR”键，在“类型”中选“时间”，则显示屏上出现两条竖向虚线，通过调节两个“POSITION”键，可控制两竖向虚线的左、右移动，其显示的“增量”即为两竖虚线间的时间。

若测两同频率波形的相位差  $\varphi$ ，可按上述方法测出一个周期的时间  $T$ ，然后测出对应  $\varphi$  的时间  $t$ ，最后计算：

$$\varphi = \frac{360^\circ}{T} * t$$

## 四、实验内容及步骤

### 1. RC 电路的暂态过程

(1) 实验电路原理图如图 2-6 所示。

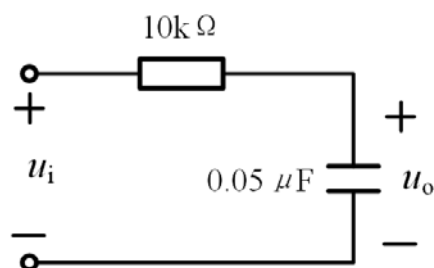


图 2-6

图 2-6 在实验台上的连接方法如图 2-7 所示。提示：函数发生器与示波器要共地。（注意红、黑线接法）

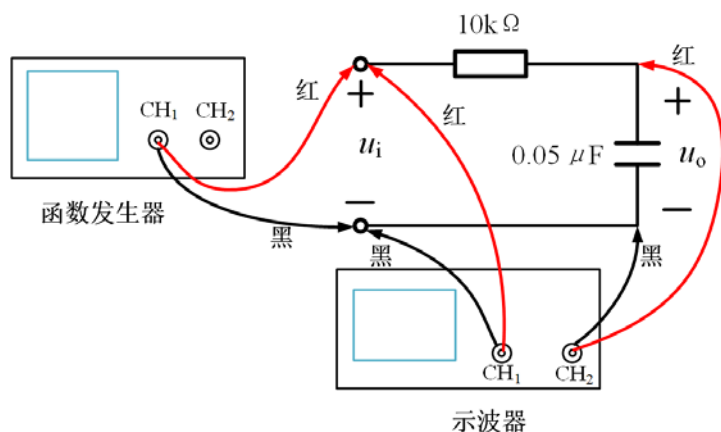


图 2-7

### (2) 实验步骤

① 按图 2-7 连接好实验线路。

- ② 设置函数发生器。选择函数发生器的 CH1 输出波形为方波, 频率为 200Hz, 峰峰值  $V_{p-p}=6V$ 。
- ③ 将示波器 CH1、CH2 通道均进行如下设置: “耦合方式”选为“直流”, “带宽限制”选为“开启”, “付/格”选为“粗调”, “探头”选为“1×电压”, “反相”选为“关闭”。
- ④ 开启函数发生器 CH1 通道输出, 用示波器 CH1 通道观察  $u_i$  信号, 此时为图 2-8 (a) 所示交流方波。调节函数发生器的“偏移量”, 使方波最下端与示波器基准线 (也即 t 轴, 在示波器屏幕左侧“→”所指向的直线) 重合, 得到如图 2-8 (b) 所示的直流方波。

提示: 由于函数发生器输出内阻的存在, 示波器 CH1 观察到的  $u_i$  信号峰峰值通常比函数发生器的设定值小, 为此需要先微调函数发生器的输出峰峰值, 使得  $u_i$  信号峰峰值等于 6V。然后再调节函数发生器的“偏移量”使方波最下端与示波器基准线重合。

本实验中将交流方波调为直流方波时, 只能通过调节函数发生器上的“偏移量”, 使波形在垂直方向上平移到示波器对应通道的基准线上方, 而不能通过调节示波器的“POSITION”旋钮使波形上移。

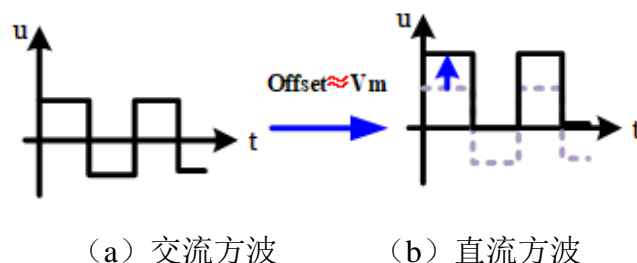


图 2-8

- ⑤ 观察并记录波形。用示波器的 CH1 和 CH2 通道分别观察  $u_i$  和  $u_o$  的波形, 然后在表 2-1 中记录  $u_i$  和  $u_o$  的波形图和参数。
- ⑥ 用示波器光标测定一阶电路的时间常数, 将结果标注在波形图上, 并填在表 2-1 中。对应原理图如图 2-9 所示。

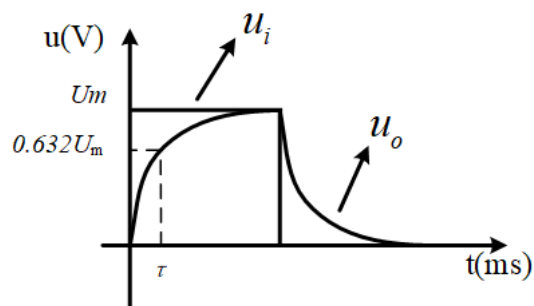


图 2-9

## 2 、微分电路

(1) 实验电路如图 2-10 所示。

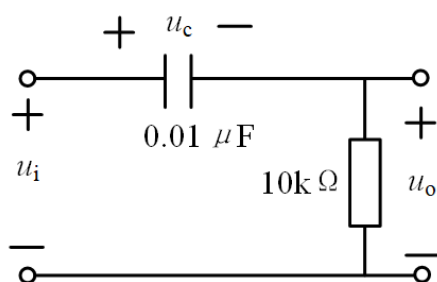


图 2-10

(2)  $u_i$  波形要求同“1”。

(3) 观察波形

①用示波器的两个通道观察  $u_i$  和  $u_o$  的波形，并画在表 2-1 中。(观察方法如图 2-11 所示)

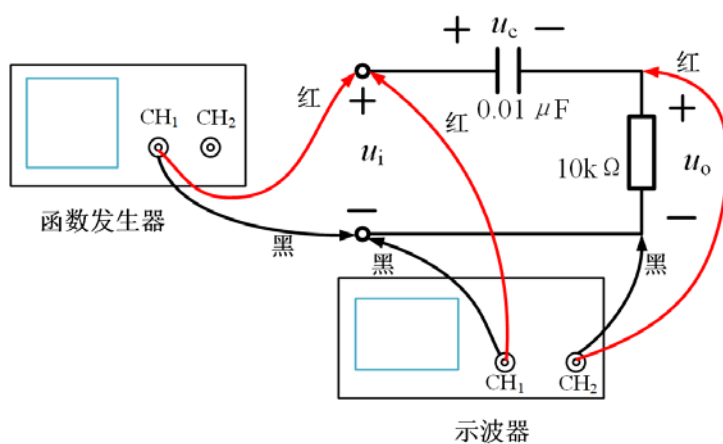


图 2-11

②用示波器的两个通道观察  $u_i$  和  $u_c$  的波形，并画在表 2-1 中。

提示：由于示波器与函数发生器必须共地，观察  $u_c$  时，可将输入  $u_i$  反向（如图 2-12）或者电阻和电容交换位置后再观察。

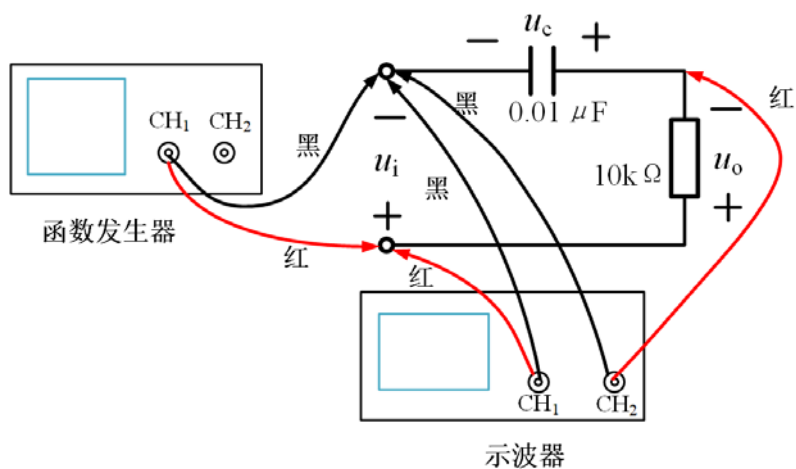


图 2-12

### 3 、耦合电路

（1）实验电路如图 2-13 所示。

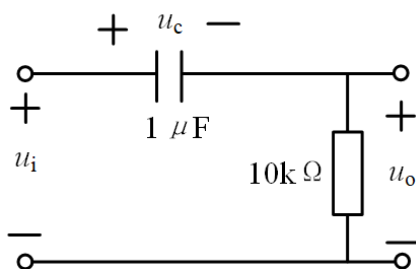


图 2-13

（2） $u_i$  波形要求同“1”。


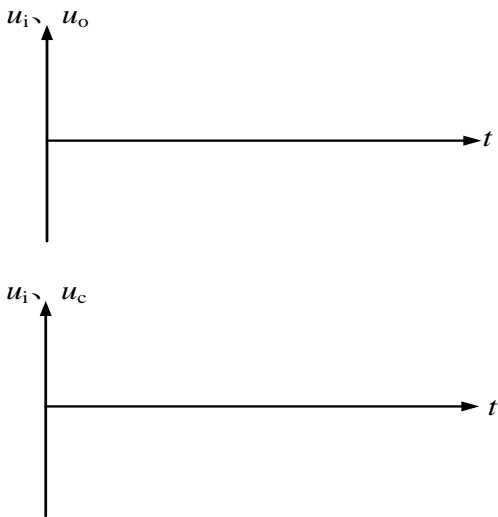
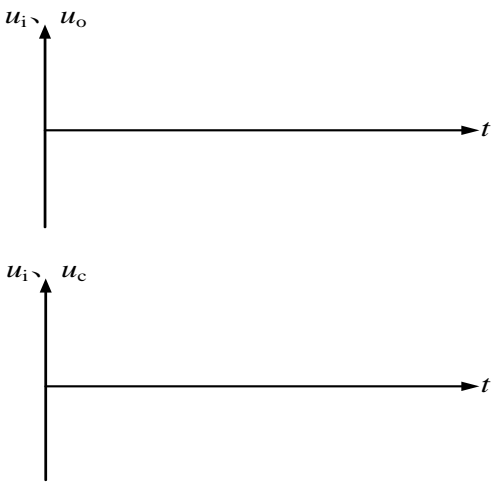
（3）观察波形

①用示波器的两个通道观察  $u_i$  和  $u_o$  的波形，并画在表 2-1 中。（观察方法同上）

②用示波器的两个通道观察  $u_i$  和  $u_c$  的波形，并画在表 2-1 中。（观察方法同上）

注意：所有实验的波形或者结果先记录在表 2-1 中，待指导教师检查无误之后，课后再写入实验报告。

表 2-1

波形名称	参数	波形图
RC 暂态过程 $u_i$ 、 $u_o$ 波形	$\tau$ 的理论值: $\tau$ 的实测值:	 A blank coordinate system with a vertical axis labeled $u_i$ and $u_o$ , and a horizontal axis labeled $t$ .
微分电路波形	$R=10\text{k}\Omega$ $C=0.01\mu\text{F}$	 Two blank coordinate systems. The top one has a vertical axis labeled $u_i$ and $u_o$ , and a horizontal axis labeled $t$ . The bottom one has a vertical axis labeled $u_i$ and $u_c$ , and a horizontal axis labeled $t$ .
耦合电路波形	$R=10\text{k}\Omega$ $C=1\mu\text{F}$	 Two blank coordinate systems. The top one has a vertical axis labeled $u_i$ and $u_o$ , and a horizontal axis labeled $t$ . The bottom one has a vertical axis labeled $u_i$ and $u_c$ , and a horizontal axis labeled $t$ .



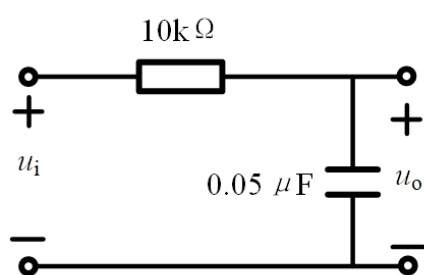
# 实验报告

专业\_\_\_\_\_ 班号\_\_\_\_\_ 组号\_\_\_\_\_ 实验日期\_\_\_\_\_

姓名\_\_\_\_\_ 同组人\_\_\_\_\_ 指导教师\_\_\_\_\_

## 一、实验原理图及数据（波形）

### 1、RC 电路的暂态过程原理图及波形



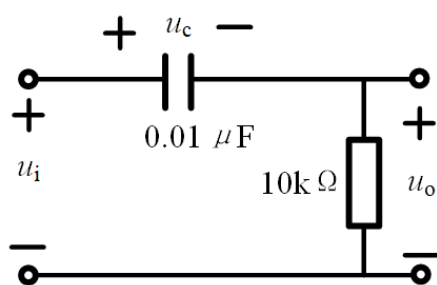
附图2-1



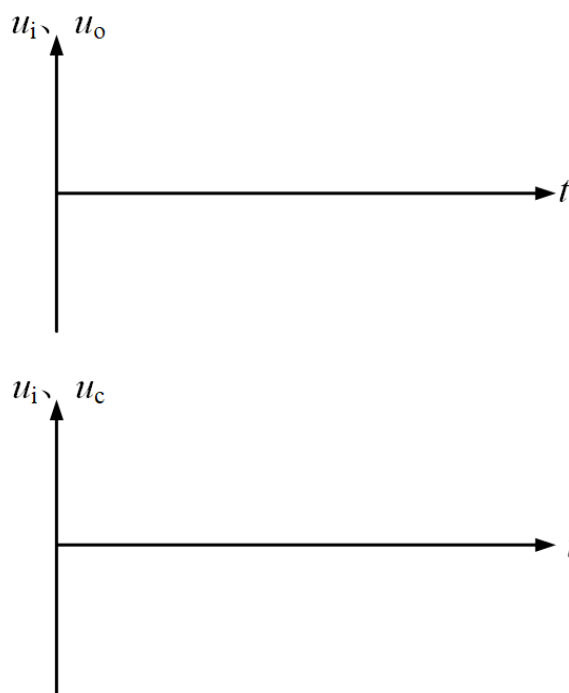
$\tau$ 的理论值:

$\tau$ 的实测值:

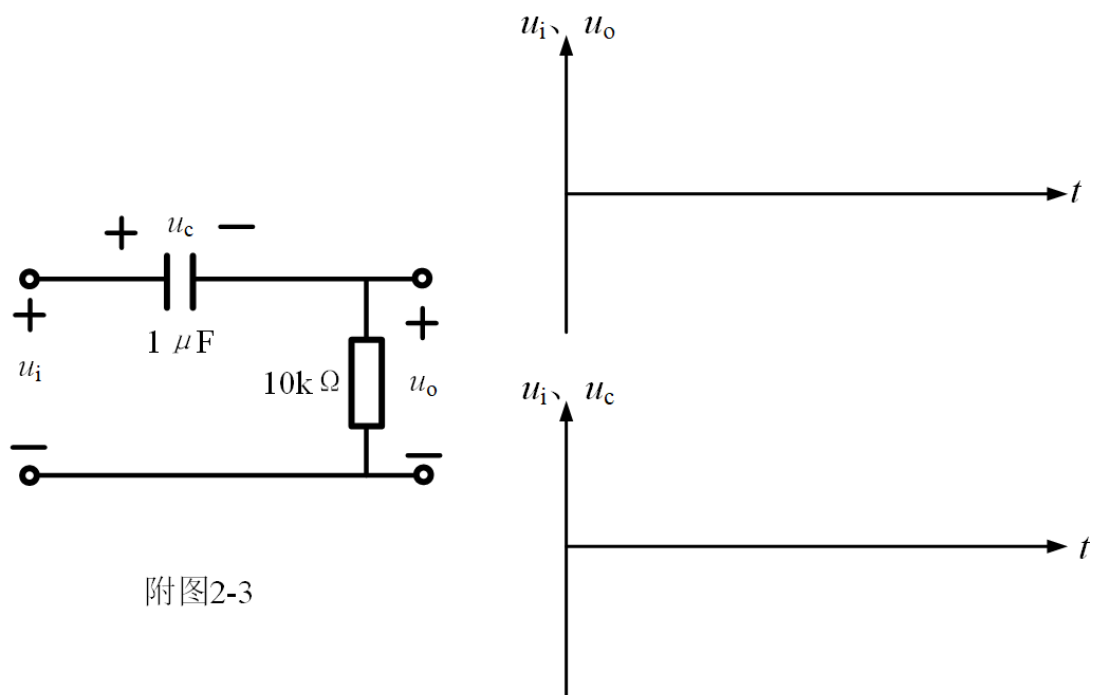
### 2、微分电路原理图及波形



附图2-2



### 3、耦合电路原理图及波形



附图2-3

## 二、实验报告要求

1、完成时间常数 的测试及理论计算，画出所有波形图。

2、思考并回答如下问题：

对于参数已定的微分或耦合电路，当矩形脉冲频率改变时，输出信号波形是否也改变？为什么？