

# 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： 信息与电子工程

专 业： 信息工程

学 号： 3190103370

指导教师： 李锡华 叶险峰 施红军

2020 年 12 月 2 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： 2020/12/2  
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： 一阶 RC 电路的瞬态响应过程实验研究 实验类型： 验证型实验 同组学生姓名： 陈希

## 一、实验目的

- (1) 熟悉一阶 RC 电路的零状态响应、零输入响应过程。
- (2) 研究一阶 RC 电路在零输入、阶跃激励情况下，响应的基本规律和特点。
- (3) 学习用示波器观察分析 RC 电路的响应。
- (4) 从响应曲线中求 RC 电路的时间常数。

## 二、实验原理

1. 一阶 RC 电路的零输入响应（放电过程） 电路在无激励情况下，由储能元件的初始状态引起的响应称为零输入响应，即电路初始状态不为零，输入为零所引起的电路响应。实际上是电容器 C 的初始电压经电阻 R 放电过程。放电方程为：

$$u_C + RC \frac{du_C}{dt} = 0 \quad (t \geq 0)$$

可以得出电容器上的电压和电流随时间变化的规律：

$$u_C(t) = u_C(0_-) e^{-\frac{t}{RC}} = U_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (t \geq 0)$$

$$i_C(t) = -\frac{u_C(0_-) e^{-\frac{t}{RC}}}{R} = -\frac{U_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (t \geq 0)$$

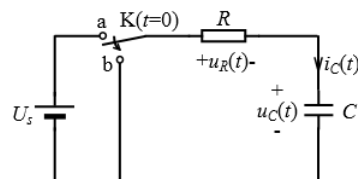


图 9.8.1 一阶电路

式中  $\tau = RC$ ，即为时间常数，其物理意义是  $u_C(t)$  衰减到  $1/e$  (36.8%)  $u_C(0)$  所需要的时间，反映了电路过渡过程的快慢程度。

$\tau$  越大，暂态响应所持续的时间越长，即过渡过程的时间越长；反之， $\tau$  越小，过渡过程时间越短。

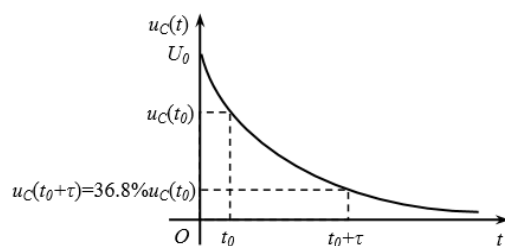


图 9.8.2 由零输入响应曲线测量时间常数

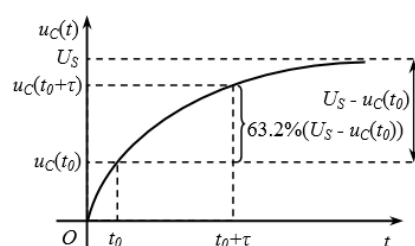


图 9.8.3 一阶 RC 电路的零状态响应曲线

## 2. 一阶 RC 电路的零状态响应（充电过程）

所谓零状态响应是指初始状态为零，而输入不为零所产生的电路响应。一阶 RC 电路在阶跃信号激励下的零状态响应实际上就是直流电源经电阻 R 向 C 充电的过程。

可以得出电压和电流随时间变化的规律：

$$u_C + RC \frac{du_C}{dt} = U_s \quad (t \geq 0)$$

初始值：  $u_C(0_-) = 0$

$$u_C(t) = U_s \left( 1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right) = U_s \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \quad (t \geq 0)$$

$$i_C(t) = \frac{U_s}{R} e^{-\frac{t}{RC}} = \frac{U_s}{R} e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (t \geq 0)$$

实验名称：一阶 RC 电路的瞬态响应过程实验研究 姓名：王英杰 学号：3190103370

3. 方波响应

当方波信号激励加到 RC 两端时，在电路的时间常数远小于方波周期时，可以视为零状态响应和零输入响应的多次过程。

三、实验任务与要求

- (1) 设计一个用示波器观察 RC 电路零输入响应、零状态响应和测量电路时间常数的实验方案，并制作实验电路板。
- (2) 用示波器观察 RC 电路的零输入响应、零状态响应，描绘响应曲线，求出电路的时间常数。
- (3) 更换电路中电阻、电容的大小（即改变时间常数），重新测量电路的各种响应，分别求出每次测量的时间常数。
- (4) 理论计算（仿真）电路的时间常数，并与实验测量值比较。

四、实验方案设计与实验参数计算

3.1 实验方案总体设计

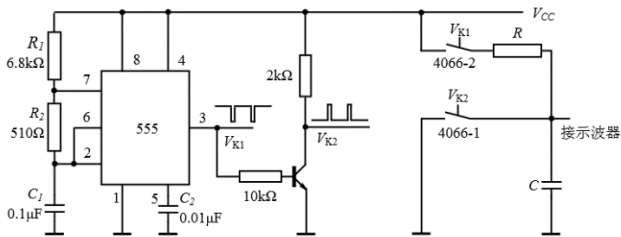
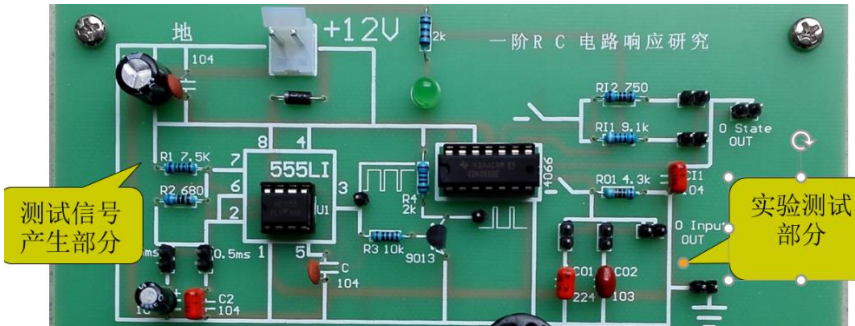


图 9.8.4 重复激励的零状态响应观测实验电路

RC 电路的响应是一个十分短暂的单次变化瞬态过程，一次激励引起电路一次响应。要在示波器上显示 RC 电路的响应曲线进而进行观察和测量有关参数，就必须周期性地重复进行激励，使这种单次变化的过程重复出现，而且要保证激励信号与示波器扫描的同步，只有这样，才能在示波器上显示稳定的电路响应曲线。

实验方案应该能够实现对 RC 电路的周期性重复激励和向示波器提供扫描同步信号。图 9.8.4 是观测零状态响应过程的实验电路，选用 555 时基电路作激励脉冲信号发生电路，用 CD4066 电子开关实现电路中开关的切换，脉冲信号的前沿为示波器提供扫描同步触发信号。

3.2 各功能电路设计与计算



实验电路分为 测试信号产生部分 和 实验测试部分 ，测试信号产生部分产生方波信号，不断对实验测试部分电路激励，在示波器上显示出稳定的电路相应曲线，以便后续测量时间常数。

实验名称：一阶 RC 电路的瞬态响应过程实验研究 姓名：王英杰 学号：3190103370

五、主要仪器设备

直流稳压电源、实验电路板、示波器

六、实验步骤、实验调试过程、实验数据记录

- 1. 用示波器观察 RC 电路的零输入响应、零状态响应，描绘响应曲线，并求出电路的时间常数。
- 2. 更换电路中电阻、电容的大小并重新测量电路的各种相应，求出每次测量的时间常数。
- 3. 理论计算时间常数，并且和实验测量值相比较。

RC 时间常数的测量

R / $\Omega$	C / pF	$\tau$ / ms (测试值)	$\tau$ / ms (计算值)
750	$10^5$	0.075	0.075
9.1k	$10^5$	0.90	0.91
4.3k	$2.2 \times 10^5$	0.95	0.946
4.3k	$10^4$	0.045	0.043

七、实验结果和分析处理

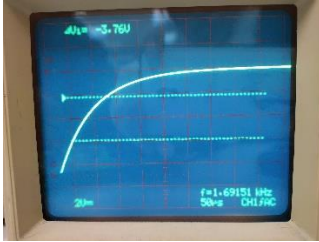
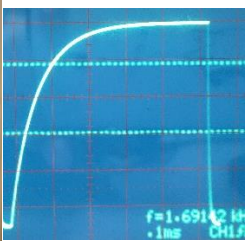

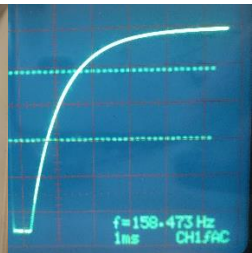
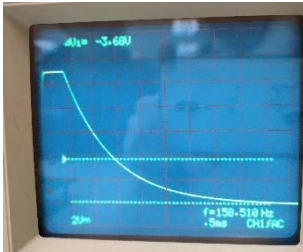
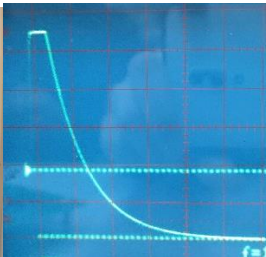
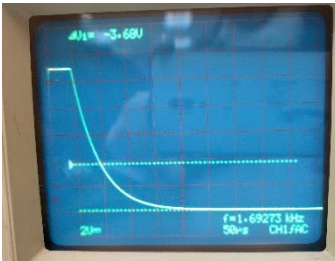
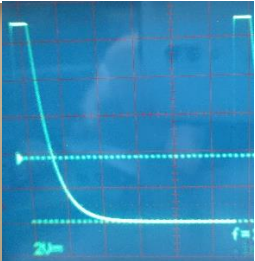
最终数据处理

电路状态	接入电阻 R / $\Omega$	接入电容 C / pF	$\tau$ / ms (测试值)	$\tau$ / ms (计算值)	相对误差
零状态响应 (放电)	750	$1.0 \times 10^5$	0.075	0.075	0.00%
	9.1k	$1.0 \times 10^5$	0.90	0.91	1.10%
零输入响应 (充电)	4.3k	$2.2 \times 10^5$	0.95	0.946	0.42%
	4.3k	$1.0 \times 10^4$	0.045	0.043	4.60%

在实验误差允许范围内，测量所得的  $\tau$  和理论计算值偏差不大，基本验证了一阶 RC 电路的瞬态相应。

实验名称：一阶 RC 电路的瞬态响应过程实验研究 姓名：王英杰 学号：3190103370

示波器显示图像

电路状态	接入电阻 R (Ω)	接入电容 C (pF)	示波器显示图像	
零状态 响应 (放电)	750	$1.0 \times 10^5$		
	9.1k	$1.0 \times 10^5$		
零输入 响应 (充电)	4.3k	$2.2 \times 10^5$		
	4.3k	$1.0 \times 10^4$		

八、讨论、心得

本次实验内容较少，加上事先预习 PPT 和讲义，另外通过观看 Mooc，更详细的了解了该实验过程，所以此次实验进度很快。实验过程中应当注意方波信号周期与 RC 电路的匹配，方波信号周期 T 应当大于 5 倍时间常数  $\tau$ ，确保每一次 RC 电路瞬态响应完成；但也不能过大，否则会出现示波器屏幕无法完整显示一个瞬态响应周期。若示波器无法显示稳定的波形，应当调节 level 旋钮，直到波形稳定显示。

实验名称：一阶 RC 电路的瞬态响应过程实验研究 姓名：王英杰 学号：3190103370

## 九、思考题

### 1. 什么是零输入响应、零状态响应？

零状态响应：电路在零初始状态下（动态元件初始储能为零）由外施激励引起的响应。

零输入响应：在没有外加激励时，仅由  $t = 0$  时刻的非零初始状态引起的响应。

取决于初始状态和电路特性，这种响应随时间按指数规律衰减。

### 2. 在用示波器观察 RC 电路响应时如何才能使示波器的扫描与电路激励同步？

根据被测信号周期（或频率）的大约值，将 X 轴扫描速度开关置于适当档级。适当调节扫速旋钮，使屏幕上显示测试所需周期数的波形，即在保证电路连接稳定的基础上转动示波器上的 TIME/DIV 旋钮，使得被测信号在示波器上的显示逐渐稳定下来。

### 3. 什么是时间常数？它在电路中起什么作用？

时间常数：表示过渡反应的时间过程的常数。指该物理量从最大值衰减到最大值的  $1/e$  所需要的时间。在 RC 零输入响应电路中， $u_C(t)$  衰减到  $1/e$  (36.8%)  $u_C(0)$  所需要的时间即为时间常数，反映了电路过渡过程的快慢程度。在 RC 零状态响应电路中， $u_C(t)$  上升至稳态值的  $1-1/e$  (63.2%)  $u_C(0)$  所需要的时间即为时间常数，反映了电路过渡过程的快慢程度。 $\tau$  越大，暂态响应所持续的时间越长，即过渡过程的时间越长；反之， $\tau$  越小，过渡过程时间越短。