

浙江大学

本科实验报告

课程名称：电子电路设计实验 1

姓 名：

学 院：信息与工程学院

系：

专 业：电子科学与技术

学 号：

指导教师：李锡华、叶险峰、施红军

2019 年 11 月 18 日

浙江大学实验报告

专业： 电子科学与技术

姓名： _____

学号： _____

日期： 2019/11/18

地点： 东 4-216

课程名称： 电子电路设计实验 1 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： 探究型 同组学生姓名： 陈健

一、实验目的

二、实验任务与要求

三、实验方案设计与实验参数计算（3.1 总体设计、3.2 各功能电路设计与计算、3.3 完整的实验电路……）

四、主要仪器设备

五、实验步骤与过程

六、实验调试、实验数据记录

七、实验结果和分析处理

八、讨论、心得

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。在图 9.8.1 中，先让开关 K 合于位置 a，使电容 C 的初始电压值 $u_C(0^-) = U_0$ ，再将开关 K 转到位置 b。电容器开始放电，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：

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

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

$\tau = RC$ 为时间常数。

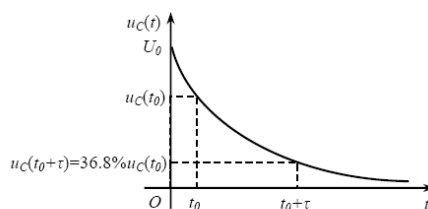


图 9.8.2 由零输入响应曲线测量时间常数

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。在图 9.8.1 所示的一阶电路中，先让开关 K 合于位置 b，当 $t = 0$ 时，将开关 K 转到位置 a。电容器开始充电，充电方程为：

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

初始值： $u_C(0^-) = 0$

可以得出电压和电流随时间变化的规律：

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

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

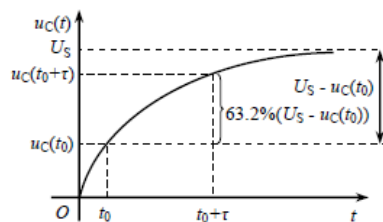


图 9.8.3 一阶 RC 电路的零状态响应曲线

实验名称： 一阶 RC 电路的瞬态响应过程实验研究

$\tau = RC$ 为时间常数。

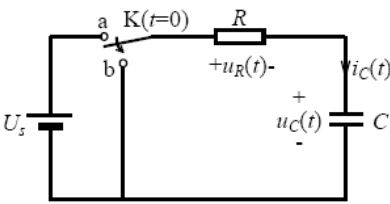


图 9.8.1 一阶电路

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。方波的前沿相当于给电路一个阶跃输入，其响应就是零状态响应；方波的后沿相当于在电容具有初始值 $u_C(0)$ 时，把电源用短路置换，电路响应转换成零输入响应。

当方波的 1 / 2 周期小于电路的时间常数时，方波前后沿对应的只是瞬态过程的一小部分。不能实现准确测量！

由于方波是周期信号，可以用普通示波器显示出稳定的响应图形，便于观察和作定量分析。

三、实验方案设计

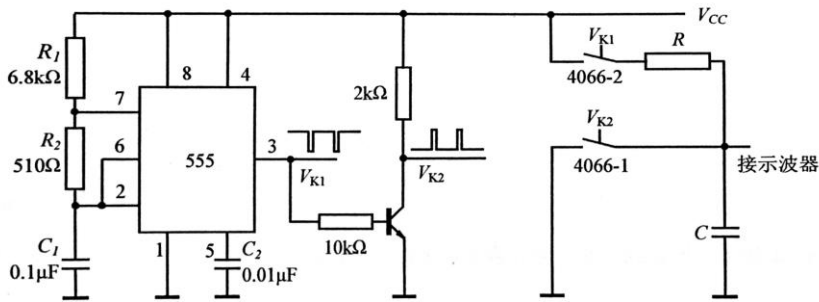
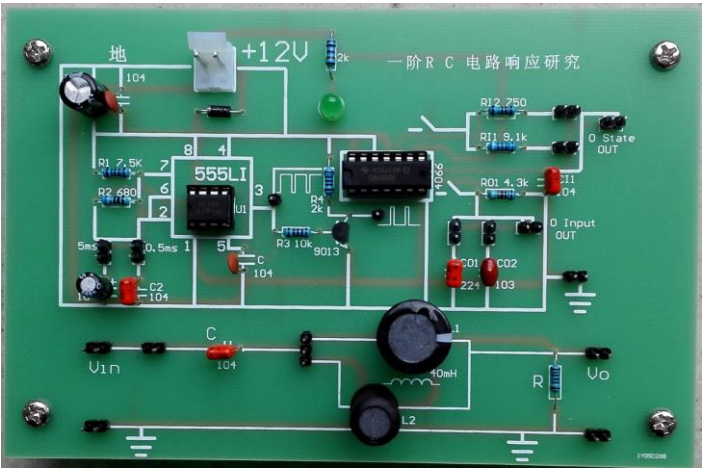


图 9.8.4 重复激励的零状态响应观测实验电路



四、主要仪器设备

示波器、实验电路板、直流稳压源（提供 12V 电压）

实验名称： 一阶 RC 电路的瞬态响应过程实验研究

五、实验任务与步骤

- 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，求出电路的时间常数。
- 2、更换电路中电阻、电容的大小，重新测量电路的各种响应，分别求出每次测量的时间常数。
- 3、理论计算电路的时间常数，并与实验测量值比较。

六、实验数据记录及处理

表 1 实验数据记录及处理

电路状态		接入电 路 R/ Ω	接入电容 C/pF	波形图	τ （测量值）/ms	τ （理论值）/ms	相对误差/%
零状态 响应(充 电)	①	750	10×10^4	图 1	0.08	0.075	6.7
	②	9100	10×10^4	图 2	0.95	0.91	4.4
零输入 响应(放 电)	③	4300	10×10^3	图 3	0.044	0.043	2.33
	④	4300	22×10^4	图 4	0.90	0.946	4.86

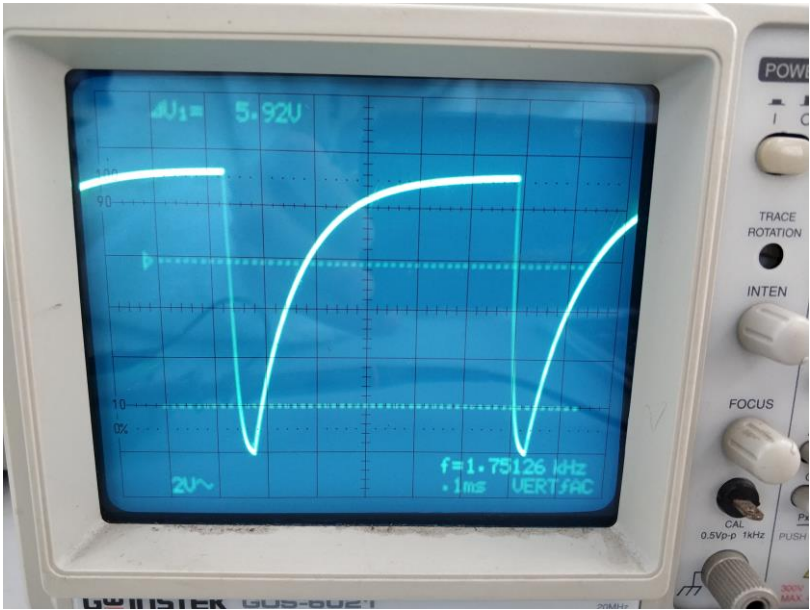


图 1

实验名称： 一阶 RC 电路的瞬态响应过程实验研究

.....
装
订
线
.....

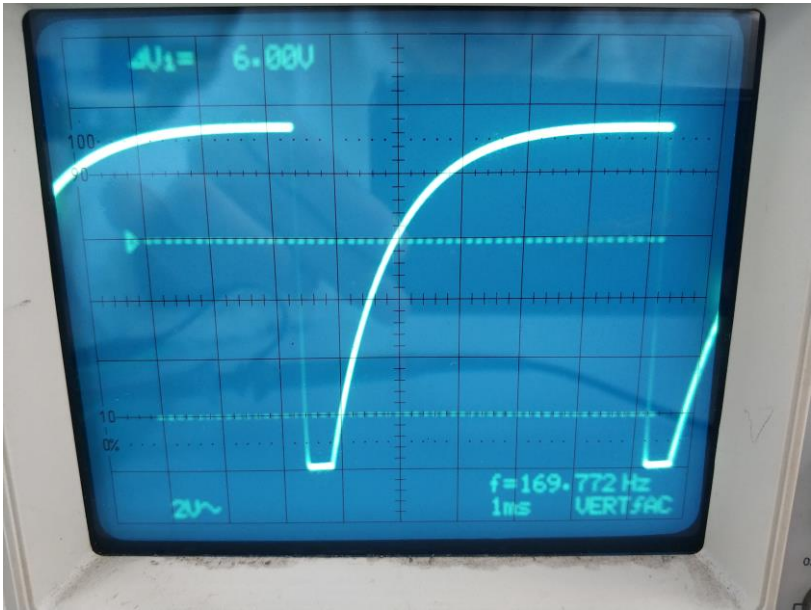


图 2

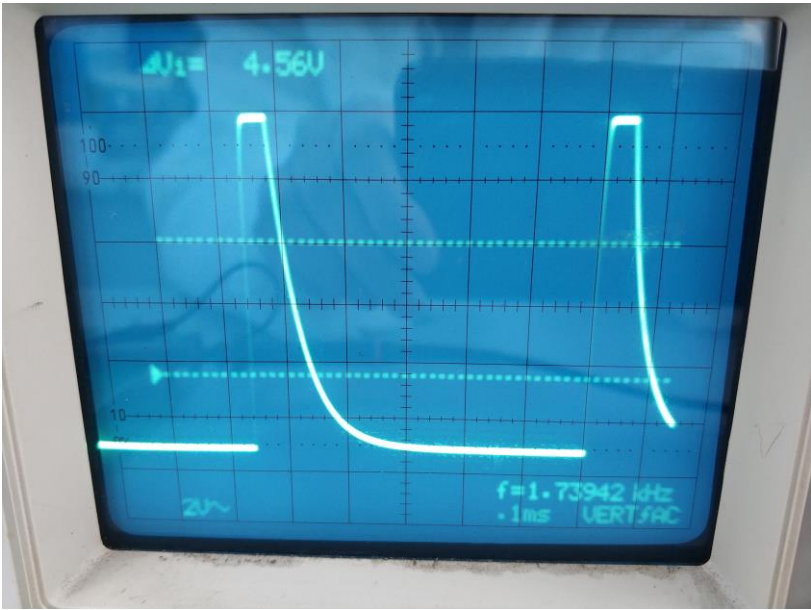


图 3

实验名称： 一阶 RC 电路的瞬态响应过程实验研究

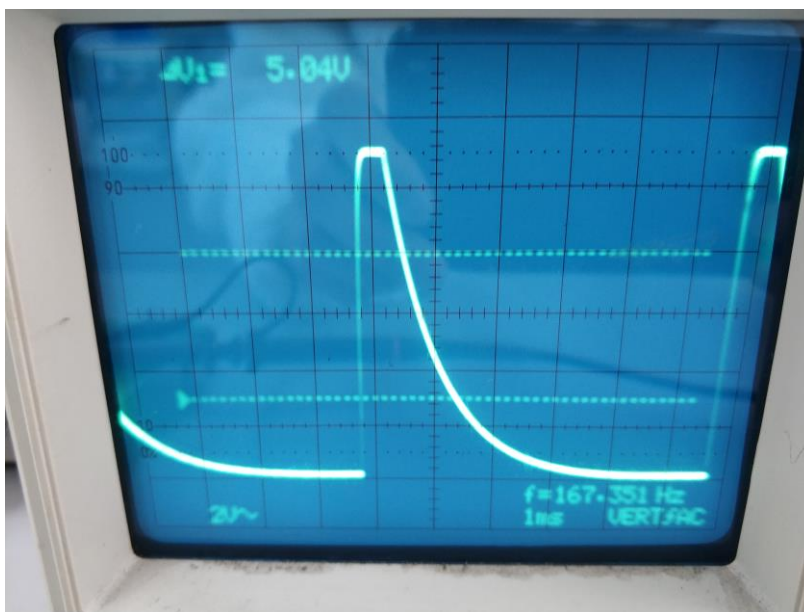


图 4

七、思考题

1、什么是零输入响应、零状态响应？

答：零输入响应是指电路在无激励情况下，由储能元件的初始状态引起的响应，即电路初始状态不为零，输入为零所引起的响应（放电过程）。零状态响应是指初始状态为零，而输入不为零所产生的的电路响应（充电过程）。

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？

答：将触头与测试点勾住，架子夹住接地点，转动示波器上的 TIME/DIV 旋钮，使得示波器上的图像从杂乱无章到稳定不变，即扫描与激励同步。

3、什么是时间常数？它在电路中起什么作用？

答：时间常数是指一个物理量从最大值衰减到最大值的 $1/e$ 所需要的时间。在 RC 电路零输入响应中，电容电压总是从初始值 $u_c(0)$ 按指数衰减到 0，则电容电压从 $u_c(0)$ 衰减到 $1/e u_c(0)$ 的时间即为时间常数。在 RC 电路零状态响应中，电容电压从初始值上升至与初始值差值的 63.2% 处所需时间为时间常数。

八、讨论、心得

本次实验主要的难点在于用示波器比较准确地测出时间常数。在电路实验课上我们为了准确测出时间常数，用了光标法测时间间隔，每次都要将光标在电压和时间之间换来换去，浪费了很多时间，到下课时才结束实验。测出来的结果误差却很大，尤其是电路零状态响应， 750Ω 的电阻误差居然到了百分之二十多。后来周三时我去实验室重做了实验，这次是通过计算出时间常数对应的电压差，把光标定位好后直接在示波器上读数的方法，终于把误差降下来了。我感觉以后的实验课要通过合适的方法提高实验的效率。

此外，通过本次实验，我看到了 RC 电路瞬态响应的真实图像，非常直观，非常深刻，相信对电路学习会有很大的帮助。