

# 浙江大学实验报告

专业： 电子信息工程

姓名： 邢毅诚

学号： 3190105197

日期： 2020-12-14

地点： 东三-406

课程名称： 电路与电子技术实验 指导老师： 姚缨英 成绩：

实验名称： RC 电路暂态响应 实验类型： 验证实验 同组学生姓名： 无

## 一、 实验目的

- (1) 暂态响应的时域波形 (相轨迹) 观测；
- (2) 测定响应的特征量

## 二、 实验基本内容

### 1. 实验 1-一阶电路的暂态响应

- (1) 选择  $R=1K\Omega$ ,  $C=1000\mu F$  组成 RC 串联电路，用示波器观察该一阶电路的零状态，零输入和全相应曲线
- (2) 利用示波器的 Cursor 功能测量上述电路的时间常数  $\tau$
- (3) 选择合适的 R、C 值，接至峰峰值为 3V 的方波信号，分别构成微分和积分电路，利用示波器的双踪功能，同时观测输入、输出波形。

### 2. 实验 2-二阶电路的暂态响应

- (1) 选择  $L=20mH$ ,  $C=0.1\mu F$ , R 使用可调电阻，组成 RLC 串联电路，接至峰峰值为 3V，频率为 200Hz 的方波信号。
- (2) 调节可调电阻值，用示波器观察该二阶电路的零状态、零输入响应由过阻尼到临界阻尼，最后过度到欠阻尼时的响应曲线，记录临界电阻值
- (3) 利用示波器的 X-Y 模式，观测上述电路在三种不同状态下的状态轨迹
- (4) 从欠阻尼波形中测量响应电路的衰减系数、振荡角频率和谐振角频率。

### 3. Test-2: 警示灯闪烁

有同学想为其电路输出 (5Hz/5Vp 的正负方波) 设计一个警示灯。他手头有电阻，电感，电解电容，整流二极管，5V/1W 点珠，3mA 发光二极管。他有下列想法，请你帮他设计相关电路：

想法 1：控制警示灯的闪烁频率与其电路输出有相同的频率

想法 2：控制警示灯的闪烁频率 > 其电路的输出

对于此实验, 由于发光二极管在电压小于一定值时, 并不会导通, 因此我们只要设计电路提取基波以及三次谐波, 并将其他波形的电压值减小到导通电压下即可。对于想法 1, 我们可以直接将此发光二极管与一个二极管串联 (用于保护发光二极管不被反向击穿)/直接提取基波, 而对于想法 2, 我们可以直接提取三次谐波, 并将其他频率的波形抑制在导通电压以下即可

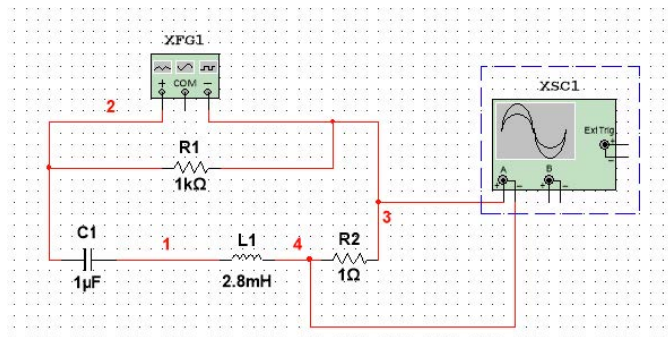


图 1: Test-2 电路图

选取电容为  $1\mu F$  并设置电感为  $2.8mH$ , 电路频率为  $1KHz$ , 即可提取三次谐波。

### 三、 实验原理

#### 1. 实验 1-一阶电路的暂态响应

在此处主要介绍估算下图电压波形峰峰值的方法:

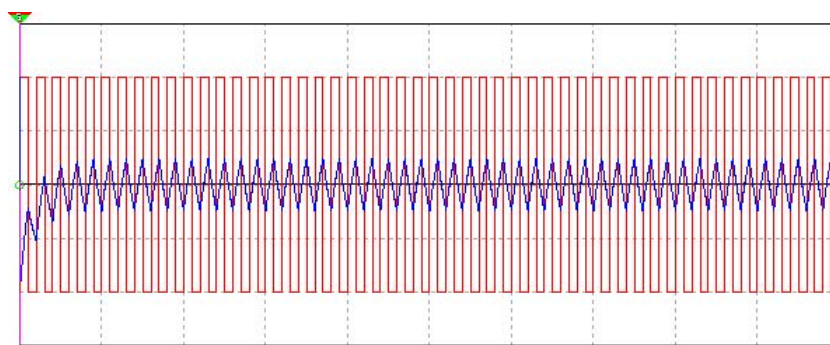


图 2: 实验 1-波形图

如图所示, 我们设方波的峰峰值为  $U_p$ , 而由下图的电路图我们可以知道, 电路中的时间常数  $\tau$

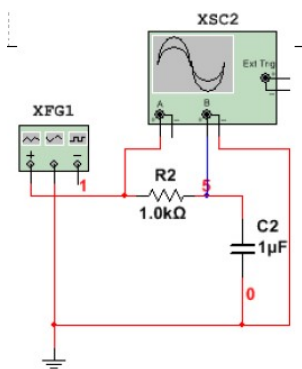


图 3: 实验 2-电路图

设其一个周期内电压峰值为  $U_2$ , 而最小值为  $U_1$ , 前一个周期末的电压峰值为  $U'$ , 因此我们可以根据式子我们列出以下两个方程, 其中, 为简化运算, 我们将  $\frac{U}{2}$  处的电压设置为 0 电平,

$$U_1 = U' + (U - U')e^{-\frac{T}{2RC}}$$

$$U_2 = U_1 - U_1 e^{-\frac{T}{2RC}}$$

而由于电路已经达到稳定, 我们可以认为每一次的峰值电压与峰谷电压都是相同的, 即  $U_2 = U'$ , 因此我们可以解得:

$$U_1 = \frac{U(1 - e^{-\frac{T}{2RC}})}{e^{\frac{T}{2RC}} - e^{-\frac{T}{2RC}}}$$

$$U_2 = \frac{U(1 - e^{-\frac{T}{2RC}})}{1 - e^{-\frac{T}{RC}}}$$

因此, 峰值  $U'_p$  为:

$$U'_p = (U_2 - U_1)/2$$

将数据带入进行计算即可解得正确结果。

另外, 我们还可以求解其波形达到大致稳定所需要的周期数, 就以本题为例:

我们已知  $U_1, U_2, U'$  的关系式, 便可以通过  $n$  次迭代, 进而测量得电压稳定所需要的周期

## 2. Test-1: 半波整流滤波稳压电路分析与设计

按照电路图连接电路, 设置

## 3. Test-2: 警示灯闪烁

## 四、 主要仪器设备

- (1) Keysight DSOX1102G 示波器
- (2) RIGOL DG1022U 信号源
- (3) 求是 MADCL-1 实验箱

(4) 探头线, 导线若干

## 五、 实验数据记录和处理

### 1. 实验 1-一阶电路响应

由于之前的实验内容老师已经在课上检查完毕, 因此我们在这里只记录估算电压峰值和稳定周期数的实验数据, 按照要求连接电路图, 如下图所示:

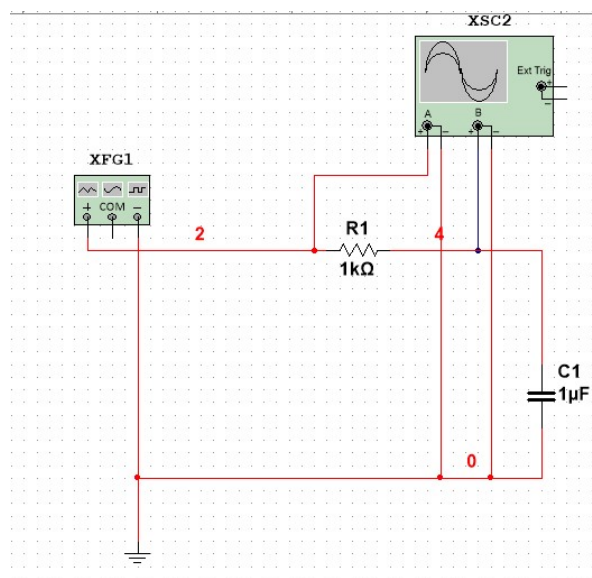


图 4: 实验 1-电路图

设定电阻  $R=1\text{k}\Omega$ , 电容  $C=1\mu\text{F}$ , 信号发生器输出电压峰峰值  $U_P = 20\text{V}$ , 信号发生器输出频率  $f = 3000\text{Hz}$ , 将数据带入公式:

$$U_1 = \frac{U(1 - e^{-\frac{T}{2RC}})}{e^{\frac{T}{2RC}} - e^{-\frac{T}{2RC}}}$$

$$U_2 = \frac{U(1 - e^{-\frac{T}{2RC}})}{1 - e^{-\frac{T}{RC}}}$$

进行计算, 解得  $U_1 = 9.169$ ;  $U_2 = 10.831$ , 对其进行仿真, 我们可以测得:  $U_1 = 8.337\text{V}$ ,  $U_2 = 11.663\text{V}$ , 与结果大致相同。

另外, 对公式进行迭代, 我们可以测得 15 个周期左右达到平衡, 与仿真模拟得到的波形图大致相同

### 2. Test-2 警示灯闪烁

按照电路图连接电路, 进行仿真, 我们便可以提取三次谐波, 获得图像如下图所示:

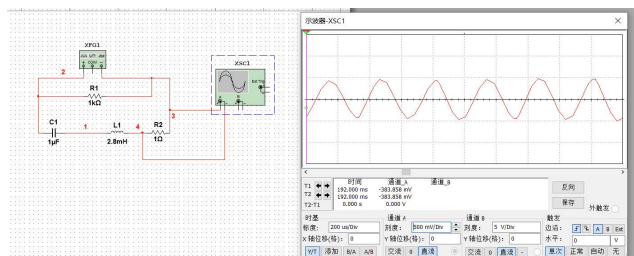


图 5: Test-2 波形图

进而可以保证警示灯闪烁频率大于电路频率。

## 六、心得与体会

### 1. 实验心得

- (1) 在动手实验之前，最好提前连接好电路图，弄清楚需要测量的变量，并且要提前规划好示波器与信号发生器共地等问题。这样在正式进行实验时，便可以思路清晰，并及时的对实验中的“bug”进行调整。
- (2) 观察电容的充放电曲线的时候，我们需要注意电容的正负极，且注意电压不能调节的过大，以防止电容器损坏。另外，在使用示波器进行观察的过程中，我们要注意，要将时基调节至较大值，同时要将采集模式调节至普通模式，否则，可能会出现一些奇怪的情况，导致实验无法顺利进行。

### 2. 实验感想

在本次实验中，我们进行了电路暂态测量的相关实验，在实验过程中，我也遇到了很多的问题，比如示波器无法正确跟踪波形以及测量得电容的充电电压甚至高达 200V，这显然是不合理的，但将采集模式调节至正确模式，并调节电路的增益后，实验恢复正常，对此我百思不得其解。

另外，在这次实验中，我掌握了通过测量二次电路的曲线的相关数值进而测量电路相关参数的方法。在进行实验的过程中，我也理解到了仿真、实验与理论其实是三种不同的方式，其三者之间是可以互相验证的。