

实验六 RC 电路的瞬态分析

姓名：夏卓 学号：2020303245

一、实验任务

- (1) 根据电路原理图搭建电路，其中 $R=10\text{k}\Omega$, $C=0.01\mu\text{F}$ 。
- (2) 调节函数发生器，使方波幅度为 2V_{pp} ，频率根据 RC 所给参数自行选择，利用示波器观察波形，定量测量记录电容上的电压波形并通过数据计算电路的时间常数。
- (3) 分别实现微分电路和积分电路，调节函数发生器输出信号频率，记录示波器上显示的结果。
- (4) 利用示波器测量低通和高通滤波器的幅频特性曲线，信号源输入采用正弦波。

二、实验原理

1、RC 电路基本概念

一阶电路在非零初始状态下，由输入激励和初始状态共同产生的响应，称为全响应。全响应=零输入响应+零状态响应。电路从一种稳定状态变换到另一种新的稳定状态，期间所经历的过程称为瞬态过程。时间常数是表示瞬态过程反应时间的常数。在 RC 电路中，其值等于电阻 R 与电容 C 的乘积，即 $\tau=RC$ 。当 R 单位为 Ω ，电容单位为 F 的时候， τ 的单位为 s。

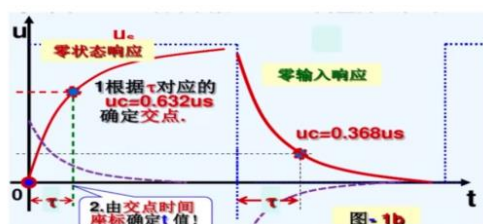


图2 RC一阶电路全响应

零状态响应： $u_c(t) = U_s(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ ，充电过程，外加激励单独作用

零输入响应： $u_c(t) = u_c(0^+)e^{-\frac{t}{\tau}}$ ，放电过程，外加激励置零

全响应： $u_c(t) = U_s + [u_c(0^+) - U_s]e^{-\frac{t}{\tau}}$ ，为零状态响应与零输入响应之和

充电时间常数 τ ：电容充电到稳态电压的 63% 左右所对应的时间

放电时间常数 τ ：电容放电到零状态电压的 37% 左右所对应的时间

当电路的时间常数远小于方波周期时，可以将方波响应视为零状态响应和零输入响应的多次过程。

2、积分电路与微分电路

在方波序列脉冲的重复激励下，当 $\tau = RC \gg T/2$ 且 U_C 作为响应电压输出时，为积分电路，输入方波信号会产生近似的锯齿波信号，如下图所示：

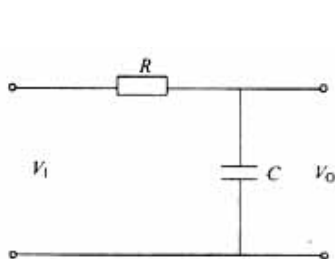


图 5 RC 积分电路

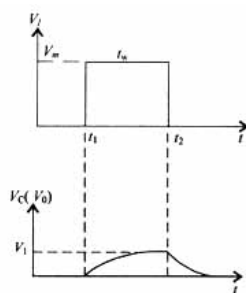


图 6 C 两端的锯齿波电压

在方波序列脉冲的重复激励下，当 $\tau = RC \ll T/2$ 且 U_R 作为响应电压输出时，为微分电路，输入方波信号会产生尖脉冲信号，如下图所示：

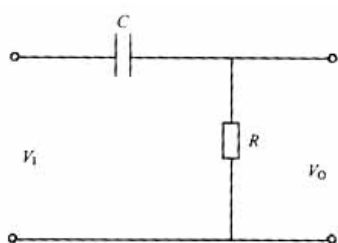


图 1 RC 微分电路

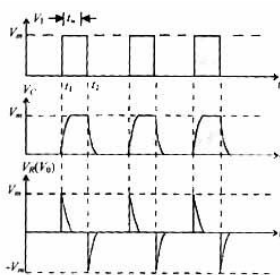
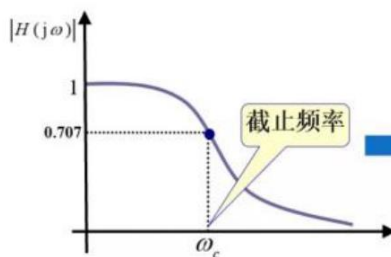
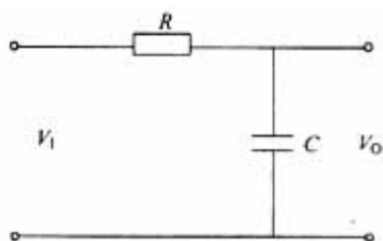


图 2 R 两端的尖脉冲

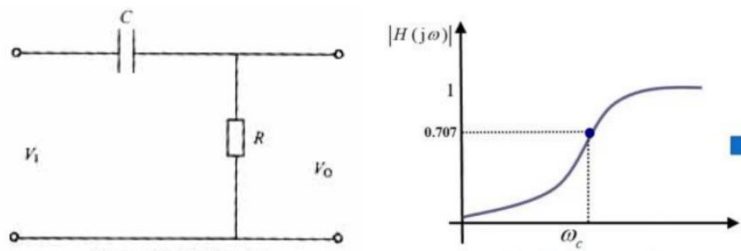
3、低通与高通滤波器

滤波器是一种选频装置，可以使信号中特定的频率成分通过，而极大地衰减其他频率成分。

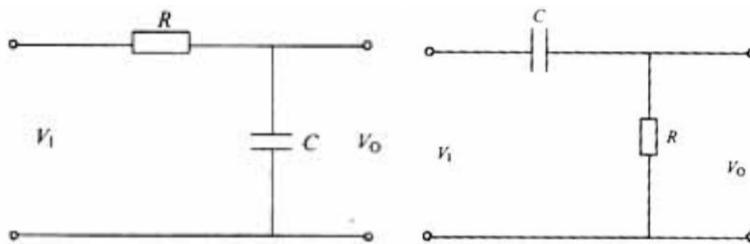
RC 低通无源滤波器的电路可类比积分电路，幅频特性如下：



RC 高通无源滤波器的电路可类比微分电路，幅频特性如下：



三、实验电路方案



四、测试与分析

1. 测试用仪器

仪器名称	数量
函数信号发生器	1
示波器	1
电阻箱	1
电容箱	1
导线	若干

2. 测试步骤

(1) 按电路原理图正确连接电路。

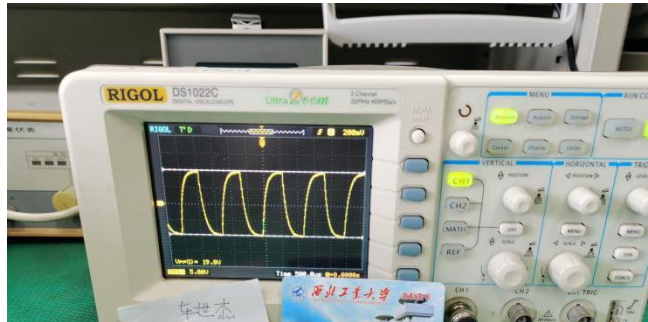
(2) 调节函数发生器，使其输出方波信号，调节频率，利用示波器观察电容上的电压波形，测量记录电容充电到稳态电压的 63% 左右所对应的时间，即是时间常数 τ 。

(3) 分别搭建积分、微分电路，调节方波频率至恰当大小，在示波器中观察函数波形。

(4) 利用示波器测量低通和高通滤波器的幅频特性曲线，信号源输入采用正弦波。

3. 数据记录

(1) 全响应波形



(2) 时间常数测量与比较

理论值: $\tau = RC = 10 \times 10^3 \times 0.01 \times 10^{-6} \text{s} = 0.1 \text{ms}$

实际值: $105.2 \mu\text{s}$

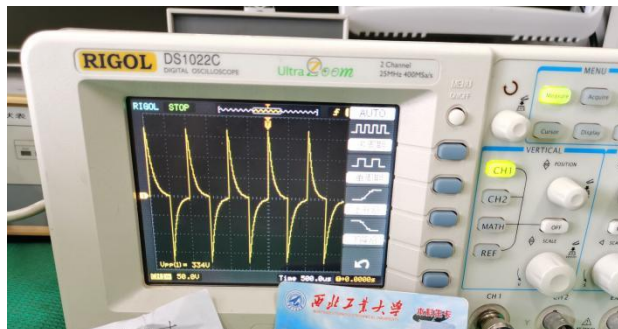
比较可知, 二者基本相等。

(3) 微分电路与积分电路波形

积分电路:



微分电路:

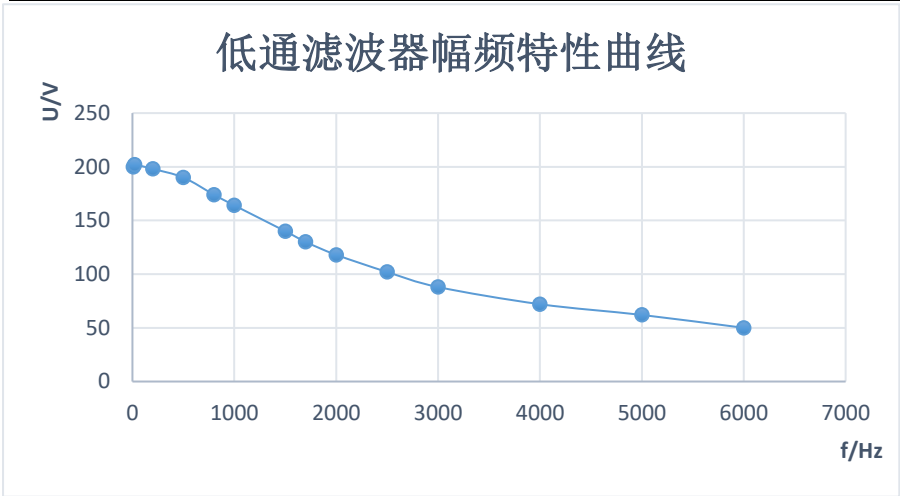


(4) 低通和高通滤波器的幅频特性曲线

低通电路:

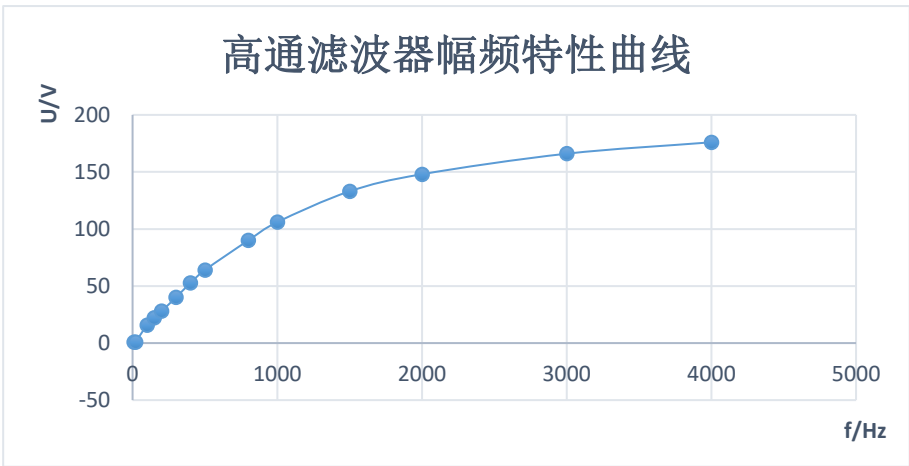
f/Hz	10	20	200	500	800	1000	1500
U/V	200	202	198	190	174	164	140

f/Hz	1700	2000	2500	3000	4000	5000	6000
U/V	130	118	102	88	72	62	50



高通电路：

f/Hz	10	20	100	150	200	300	400
U/V	0.96	0.92	15.8	22.2	28.0	40.0	52.8
f/Hz	500	800	1000	1500	2000	3000	4000
U/V	64	90	106	133	148	166	176



五、分析与结论

1、实验中测定的时间常数 τ 值与理论值之间存在多大的误差？试分析误差的可能来源。

答：测量得到的时间常数 τ 与理论值相差 $5.2 \mu s$ 。误差来源可能是示波器本

身可能存在一些跟踪信号能力不够；信号源输出信号值有误差；电容电阻使用久了之后电容、阻值与标定值有一定误差。

2、当方波激励信号频率不发生变化的时候，微分电路和积分电路中 R 、 C 的变化，对于响应波形有何影响？

答：在微分电路中，输出的尖脉冲波形的宽度与 RC 有关（即电路的时间常数 τ ）， RC 越小，尖脉冲波形越尖，反之则越宽，此电路的 RC 必须远远小于输入波形的宽度，一般为输入波形宽度的 $1/10$ 。在积分电路中，输出的锯齿波尖度与 RC 有关， RC 越大，锯齿波形状越明显，此电路的 RC 必须远远大于输入波形的宽度，一般为输入波形宽度的 10 倍左右。

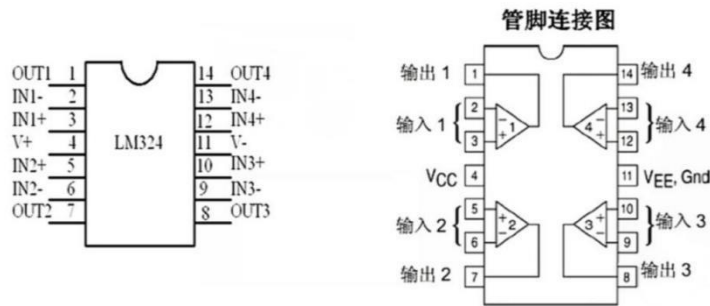
3、分析低通滤波器和高通滤波器的幅频特性曲线，能得出什么结论？

答：由幅频特性曲线可知，当输入正弦信号的幅值保持不变，而频率由小到大增加时：低通滤波器对应频率越低的输入信号，输出电压值越大，对应频率越高的输入信号，输出电压值越小，因此低频的正弦信号比高频的正弦信号更容易通过这个网络，而高通滤波器与此正好相反。由此可知，高通滤波器具有通高频阻低频的作用，而低通滤波器具有通低频阻高频的作用。

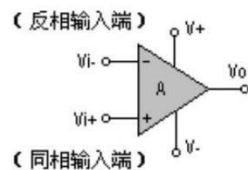
预习实验七 集成运算放大器电路

一、集成运算放大器 LM324

LM324 是四运放集成电路, SOP-14 封装, 内部包含四组形式完全相同的运算放大器, 除电源共用外, 四组运放相互独立。



每一组运算放大器可用下图所示符号来表示:



它有 5 个引出脚, 其中 “ V_i+ ”、“ V_i- ” 为两个信号输入端, “ $V+$ ”、“ $V-$ ” 为正、负电源端, “ V_o ” 为输出端。两个信号输入端中, V_i- 为反相输入端, 表示运放输出端 V_o 的信号与该输入端的相位相反; V_i+ 为同相输入端, 表示运放输出端 V_o 的信号与该输入端的相位相同。

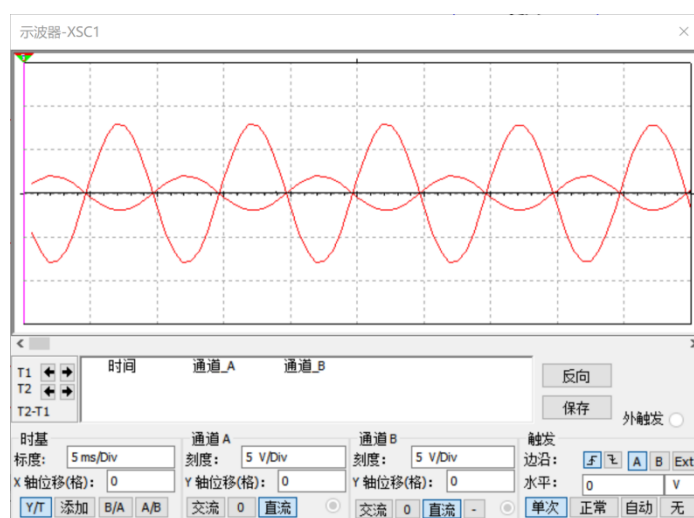
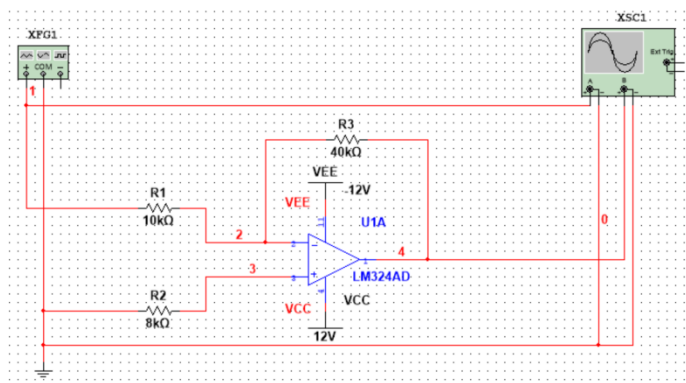
集成运放 LM324 输入电压范围: 3~32V 为宜。

二、双电源供电

为给集成运放 LM324 供电, 可以让 VCC 接 +5V 电源, GND 接 -5V 电源, 从而实现双电源供电。这样做是因为运放做的某些电路 (如差分放大电路) 的输出是可能为负的, 要是是单电源供电的话, 电源最低电平是 0V (GND), 当输出结果应该为负的时候, 就被强制钳位在 0 了。另外, 要是运放的输入电平有负电平的话, 如果用单电源供电, 就易使运放损坏。如果确定输入和输出都不会有负的, 可以用单电源供电。

三、反向比例放大器电路及含运放的有源积分电路

反向比例放大器电路：



含运放的有源积分电路：

