

# 电子科技大学

# 实验报告

( 2024 - 2025 - 2 )

学生姓名: 吕俊霆 学生学号: 2024270901009 指导老师: 李朝海 选课序号: S2700120

实验学时: 2 实验地点: 基础实验大楼 437 实验时间: 星期二 第 五六 节课

## 报告目录

一、实验课程名称: 电子电路实验

二、实验项目名称: 一阶 RC 电路频率特性研究

三、实验目的: 请附页

四、设计任务与要求: 请附页

(备注: 设计、综合性实验要求, 基础验证性实验可不要求)

五、实验原理与方案设计: 请附页

(备注: 验证、基础性实验强调实验原理以及测试方案; 设计、综合性实验重在软、硬件的设计)

六、实验内容、测试数据以及结论: 请附页

七、思考题: 请附页

八、实验体会及建议: 请附页

报告评分: \_\_\_\_\_

### 三、 实验目的

- (1) 了解动态电路的正弦稳态响应以及求解方法;
- (2) 了解网络频率响应的基本概念;
- (3) 掌握网络频率特性测试的一般方法;
- (4) 研究一阶 RC 电路的幅频特性和相频特性。

### 四、 设计任务与要求

- (1) 预习正弦稳态响应的阻抗模型求解方法;
- (2) 根据直觉画出 RC 和 RL 电路的频率响应示意图;
- (3) 预习滤波器基本概念以及分类;
- (4) 预习滤波电路的通频带和电路参数之间的关系;
- (5) 试用 RC 器件设计一阶低通滤波器, 并计算出其截止频率;

### 五、 实验原理与方案设计

#### 1. 实验原理

工程中常用频率响应（也就是正弦响应）来表征系统的特性。求解电路的正弦稳态响应通常可用阻抗分析法, 即: 将正弦激励用其复幅值替代, 电阻用  $R$  替代, 电容用  $1/sC$  (或  $1/j\omega C$ ) 替代, 电感用  $sL$ (或  $j\omega L$ ) 替代, 则可求出任意线性 RLC 网络的电压电流复幅值之间的关系, 复幅值同时携带了响应的幅值和相位的信息。

传递函数, 也称为系统函数, 是网络输出复幅值与输入复幅值的比值。频率响应是指网络传递函数的幅值和相位作为频率的函数图形, 分别称为幅频响应和相频响应。电路的频率响应表明了它们的频率选择性, 可以依据这种电路来处理信号, 这样使用的电路就称为滤波器。滤波器是频域分析的一类重要应用, 根据电路对频率的选择性, 滤波器通常可以分为低通滤波器、高通滤波器、带通滤波器以及带阻滤波器等几种类型。

一阶 RC 低通滤波器

如图 1 是一阶 RC 串联低通滤波器, 若一电容两端的电压作为输出, 该电路具有低通的滤波特性。该电路的网络传递函数为

$$\begin{aligned} H(j\omega) &= \frac{V_{out}(j\omega)}{V_{in}(j\omega)} = \frac{1}{1 + j\omega RC} \\ &= \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}} \cdot \angle -\arctan(\omega RC) \\ &= |H(j\omega)| \cdot \angle \theta(\omega) \end{aligned}$$

可以看出,  $H(j\omega)$  除了和电路结构及元件参数有关以外, 还是频率  $\omega$  的函数。其中,  $|H(j\omega)|$  是幅频特性,  $\theta(\omega) = -\arctan(\omega RC)$  是相频特性。令  $\omega_0 = \frac{1}{RC}$ , 成为网络的固有频率, 则有

$$\begin{aligned} |H(j\omega_c)| &= \frac{1}{\sqrt{1 + (\frac{\omega}{\omega_0})^2}} \\ \theta(\omega_c) &= -\arctan \frac{\omega}{\omega_0} \end{aligned}$$

电路的幅频特性和相频特性统称为电路的频率特性。将传递函数的模随频率变化的曲线称为幅频特性曲线, 将传递函数的相角随频率变化的曲线称为相频特性曲线。一阶 RC 低通滤波器的幅频特性如图 2 所示, 相频特性曲线如图 3 所示。

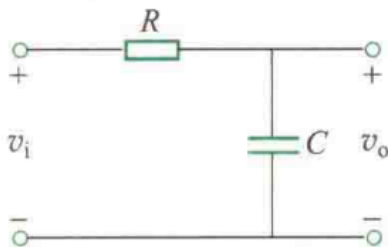


图 1: 一阶 RC 串联低通滤波器

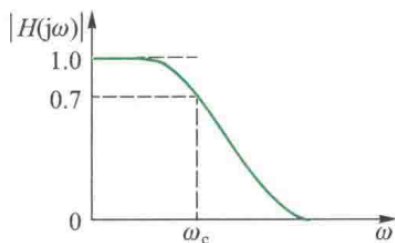


图 2: 幅频特性曲线

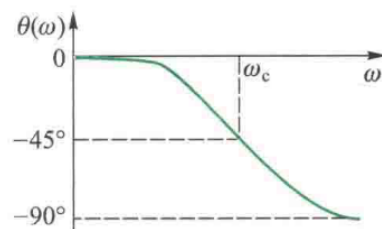


图 3: 相频特性曲线

对于滤波器, 工程上一种常用的定义是当功率正好下降到最大输出功率的  $1/2$  时, 即输出电压的幅度刚好衰减到通带输出幅度的  $0.707$  时, 所对应的频率为截止频率, 记为  $\omega_c$ 。容易看出该 RC 滤波电路中  $\omega_c = \omega_0$ 。

## 2. 方案设计

使用点频法测量幅频特性曲线, 即在输入信号电压值保持不变的情况下, 改变输入信号的频率, 测量输出信号的幅度, 从而得到幅频特性曲线。

截止频率的测试可以按照以下步骤进行:

第一步: 将函数发生器接入待测网络的输入端并提供正弦信号, 设定输入电压大小 (用交流毫伏表测试, 并保持后续测试中该电压值恒定);

第二步: 寻找该网络在上述输入电压条件下的通带输出电压。调节函数发生器的频率, 用交流毫伏表观察输出电压变化情况, 记录该网络能达到的 (平坦区) 最大输出电压值。

第三步: 测试截止频率。根据定义, 第二步测到的电压值的  $0.707$  所对应的输入信号频率即为截止频率。调节函数信号发生器的频率, 用交流毫伏表观察输出电压值, 当输出电压达到通带输出电压值的  $0.707$  时, 记录函数发生器的频率读数, 即为截止频率。需要注意的是, 读数时要保证输入电压不变。

## 六、 实验内容、测试数据以及结论

一阶 RC 低通滤波器的测量

表 1: 一阶 RC 低通滤波器的频率特性测试数据

输入信号频率 $f/\text{Hz}$	$0.01f_c$	$0.1f_c$	$0.5f_c$	$f_c$	$2f_c$	$5f_c$	$10f_c$
	149	1.49K	7.49K	14.98K	29.96K	74.96K	149.8K
输出信号 $V_o/\text{V}$	1.05	1.00	0.88	0.7	0.45	0.2	0.1
输出与输入信号相位差 $\theta/^\circ$	—	—	—	$45^\circ$	—	—	—

右图为用 MATLAB 绘制的曲线

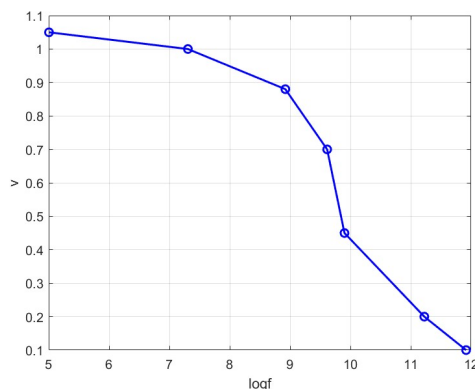


图 4: MATLAB 绘图结果

## 七、 思考题

### 1. 题面

- (1) 在测量幅频特性曲线时, 为什么强调要保持输入信号的大小保持不变?
- (2) 函数发生器接人含动态元件的待测网络输入端口时, 改变函数发生器的频率(没有调节输出幅度旋钮), 待测网络的输入电压有可能发生了变化, 为什么?
- (3) 在测相位差时, 为什么要尽可能保证示波器两个通道的零基线与荧光屏的横坐标重合?
- (4) 信号源有  $50\Omega$  的内阻, 在选取 RC 元件参数时, 为什么应尽量避免选取小电阻?

### 2. 回答

- (1) 输出大小与输入频率和大小有关, 不吃大小不表不符合单一变量原则
- (2) 输入阻抗是一个复数, 与频率和相位有关, 阻抗会发生变化, 影响待测网络输入电压
- (3) 因为这时候相位差准确
- (4) 小电阻会导致电压波动太大, 影响实验结果

## 八、 实验体会及建议

### 1. 实验体会

通过本次实验, 我更好地理解了一阶 RC 电路的基本特性, 可以熟练使用函数发生器, 毫伏表和示波器

### 2. 建议

误差较大, 应该多次测量比例减小误差