



中国科学技术大学

# 实验报告

学院：物理学院

姓名：黄阅迅，李秋阳

学号：PB18020631, PB18020567

组号：20

日期：2020 年 10 月 30 日

课程名称：电子线路实验 (1)

实验题目：RC 电路的频率特性

## 1 实验目的

请参看预习报告。

## 2 实验原理

请参看预习报告。

## 3 实验内容与步骤

### 3.1 实验内容

1) 测试 RC 低通电路的频率特性（幅值/相角）。

2) 测试 RC 串并联电路的频率特性（幅值/相角）。

通过以上实验了解 RC 滤波电路的基本构造与频率特性。

### 3.2 实验步骤

#### 3.2.1 RC 低通电路

如图 1 所示连接电路。其中  $R = 2.2k\Omega$ ,  $C = 0.1\mu F$ ，并通过毫伏表调节输入电压有效值  $U_{irms} = 1V$ 。测量不同频率下输出电压的有效值，并利用李萨如法测量出 B 值和 A 值以计算相角，测试范围为  $50Hz - 5kHz$ ，记录 15 组数据，并找出截止频率  $f_c$  并画出输入输出波形图。

画出频率特性图，并分析数据。

### 3.3 RC 串并联电路

如图 2 所示连接电路。其中  $R_1 = R_2 = 2.2k\Omega$ ,  $C_1 = C_2 = 0.1\mu F$ ，并通过毫伏表调节输入电压有效值  $U_{irms} = 1V$ 。测量不同频率下输出电压的有效值，并利用李萨如法测量出

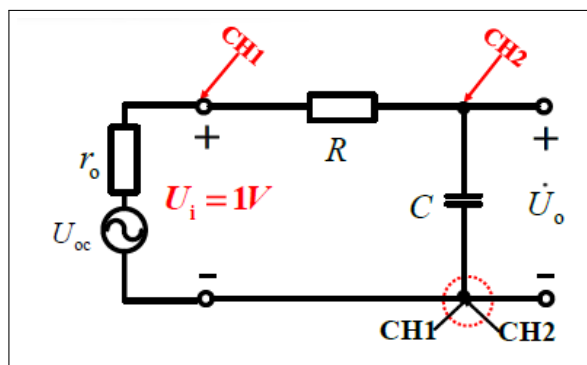


图 1: RC 低通电路测试电路图

B 值和 A 值以计算相角，测试范围为  $50Hz - 5kHz$ ，记录 15 组数据，并找出输出电压最大时对应的频率  $f_0$ 。在此频率前后各选取一个频率画输入输出电压波形图，以判断相角。画出频率特性图，并分析数据。

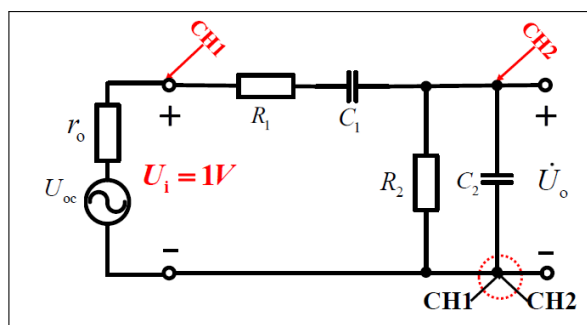


图 2: RRC 串并联电路测试电路图

## 4 实验数据处理与分析

### 4.1 实验内容 1

实验所测得的幅频特性曲线如图 3 所示（以下特性图频率坐标均为对数坐标）。可见转移函数的模随着频率的增大而减小，符合低通电路的特性，而实验测得的截止频率为  $683Hz$ 。

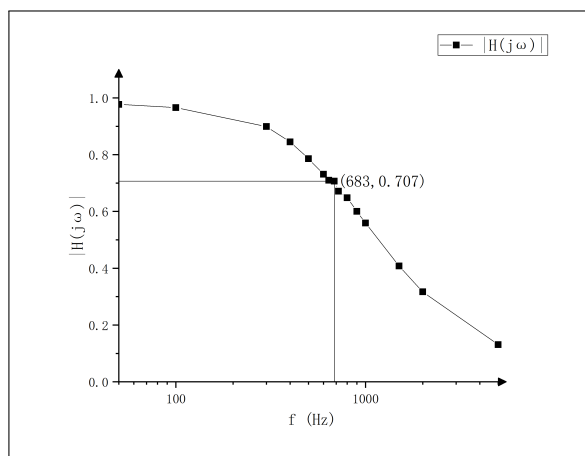


图 3: RC 低通电路幅频特性

实验测得的相频曲线如图 4 所示。可见输出相角是滞后的，滞后值随着频率的增大而增大，当频率极大时逼近  $-90^\circ$  角。

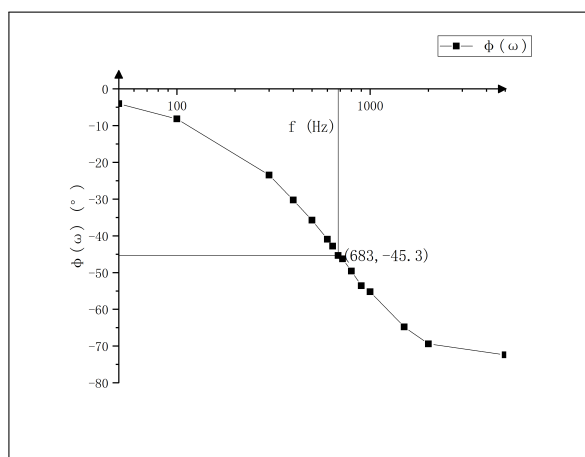


图 4: RC 低通电路相频特性

频率特性曲线基本与理论预测吻合。实验测得截止频率的波形图如附图一所示，可见相角的确是滞后的。由波形图计算出的相角为：

$$|\Delta\phi| = 46.7^\circ \quad (1)$$

而由李萨如图像法计算出的相角差为  $45.3^\circ$ ，可见有一定差异，这个支持了误差主要来源于读数误差的判断。

## 4.2 误差分析 1

理论给出的截止频率为：

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \approx 723Hz \quad (2)$$

频率特性曲线基本与理论预测吻合，但可见，实验所测得的值与理论上仍有一定误差，相对误差为 5.53%，但实验上确定该频率值是通过观察毫伏表的有效值为 0.707V 给定的，从数据值中可以看出用波形法测出的值和李萨如测出的值也有一定差异，本质上应该都是读数误差造成的。实际上在一定区间内（包括 723Hz），该值几乎都没有太大变化，毫伏表无法精确测出。因此在实验精度要求范围内，这个误差是可以接受的。同时结合相角判断，此时测得的相角为  $45.3^\circ$ ，相比理论值  $45^\circ$  偏大，若此处为精确读数，则预示着此时的频率值已偏大，这并不符合逻辑。因此，认为此处的误差主要来源于毫伏表读数误差，而非原件值不准因素。同时，实际上测量时，输入电压有一定波动，需要不断校准（实验中当小于或大于一定值时才会重新校准），可见原始数据中 A 的值有一定波动，这里也会造成一定的误差。

## 4.3 实验内容 2

实验测得的幅频曲线与相频曲线分别如图 5 和图 6 所示。可见基本上符合带通电路的理论特征，在中心频率前，相角超前，随着频率增大而相角逐渐减小，同时转移函数的模增大，当超过中心频率后反之，实验测得的中心频率为  $700Hz$ ，但实验上发现在  $680 - 730Hz$  区间，李萨如图像和毫伏表示数基本没有变化。

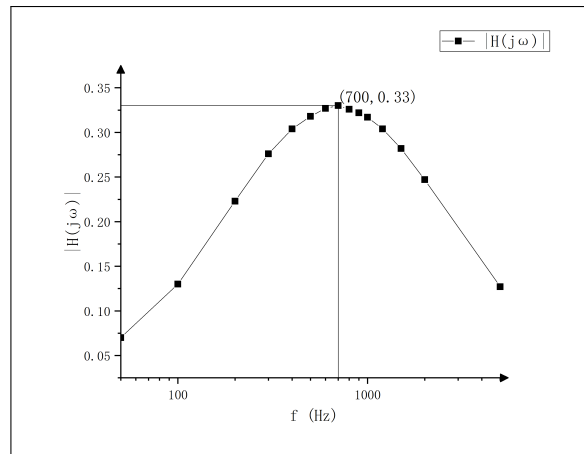


图 5: RC 带通电路幅频特性

同时实验中选取了  $250Hz$  与  $2500Hz$  下的输入输出波形进行观察，其波形图如附图二，三所示。可以计算出  $250Hz$  下有 (直接利用波形图计算):

$$|H(j\omega)| \approx 0.276, |\Delta\phi| \approx 42.3^\circ \quad (3)$$

$2500Hz$  下有:

$$|H(j\omega)| \approx 0.234, |\Delta\phi| \approx 51.3^\circ \quad (4)$$

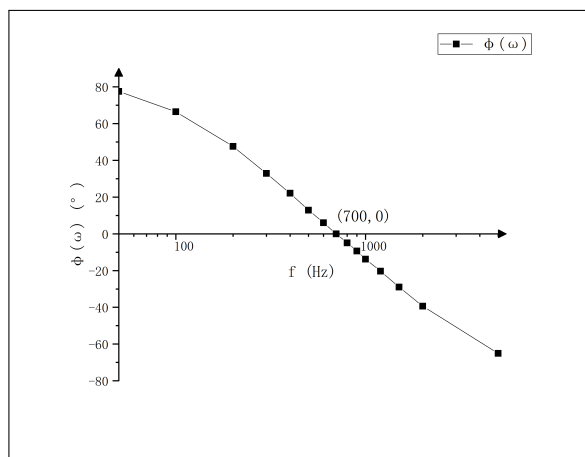


图 6: RC 带通电路相频特性

#### 4.4 误差分析 2

实验测得的频率特性曲线基本与理论预测吻合。理论给出的中心频率为:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC} \approx 723 \text{ Hz} \quad (5)$$

可以得到相对误差为 3.33%。相比上一个实验内容有所下降。但实验上发现 680—730 Hz 区间示数都没有太大变化，可以认为此处的误差主要是读数造成的。同时可以计算出 250 Hz 下频率特性的理论值为

$$|H(j\omega)| \approx 0.254, |\Delta\phi| \approx 40.3^\circ \quad (6)$$

2500 Hz 下频率特性的理论值为

$$|H(j\omega)| \approx 0.229, |\Delta\phi| \approx 46.56^\circ \quad (7)$$

转移函数模的相对误差分别为 8.66% 和 2.18%，可见都有一定的误差，但在实验允许内，是可以接受的，但相角上误差较大，这些误差来源于示波器读数。相比其李萨如配合毫伏表的方法，各有优势，李萨如方法在相角上更加准确。

## 5 实验总结

通过本次实验，熟悉了 RC 滤波网络的频率特性，研究了低通电路和带通电路的各种特性。虽然结果有一定误差，但仍然在实验要求范围内，总体上与理论预测的符合度比较好。频率特性曲线也与理论预测一致。但毫伏的测试电压有效值的方法不一定比示波器直接读出电压幅值好，并且示波器的在动态校准电压下无需改换接线，有一定优势。总体实验成果较为令人满意。

## 6 实验思考题

balabalabala

A 代码示例

```
1 #include <stdio.h>
2 int main (int argc, char *argv[]){
3     printf("Hello world!");
4 }
```

代码 1: 一段 C 代码

B 表格示例

表 1与表 2展示了表格示例

表 1: 一个简单的表格

功能	WEB	APP
注册	√	√
登录	√	√
推送	×	√

表 2: 自定义表格

功能	WEB	APP
注册	√	√
登录	√	√
推送	×	√

C 图片示例

图 7展示了一个图片示例。

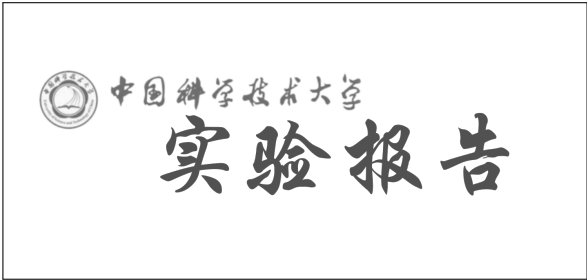


图 7: blablabla

## D 公式示例

式 (8) 展示了一个公式的例子。

$$S_n = \frac{X_1 + X_2 + \cdots + X_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_i^n X_i \quad (8)$$