

班级: 自动化 2104

评分:

姓名: 马致原

教师签字: 沈

学号: 2216113438

批改日期: 12.2

注意: 如果你的电路理论课跨选至别的班级, 请填写理论课授课教师姓名: _____。

第7章 滤波器和谐振电路

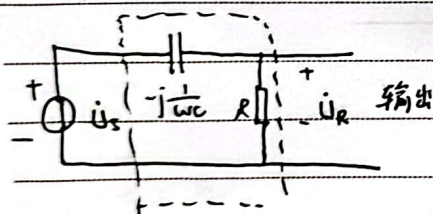
7.1 预习报告

一、实验目标

- ① 掌握正弦稳态电路的频率特性
- ② 认识滤波器的特性
- ③ 认识谐振电路的特性
- ④ 用万用表交流电压挡测量交流电压有效值

二、实验原理

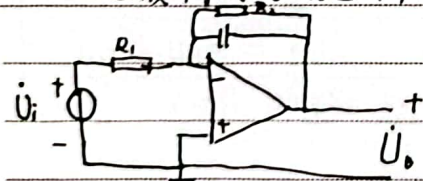
(1) RC 高通滤波器



$$H(j\omega) = \frac{U_R}{U_s} = \frac{R}{R - j\frac{1}{\omega C}}$$

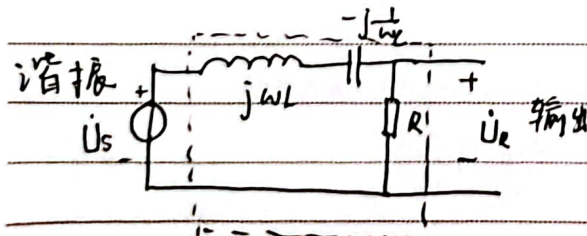
$$|H(j\omega)| = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (\frac{1}{\omega C})^2}}$$

(2) 由运放构成的低通有源滤波器



$$U_o = -\frac{R_2}{R_1} \frac{1}{1 + jR_2\omega C} U_i$$

$$|H(j\omega)| = \frac{U_o}{U_i} = \frac{R_2}{R_1} \frac{1}{\sqrt{1 + (R_2\omega C)^2}}$$



$$|H(j\omega)| = \frac{U_R}{U_s} = \left| \frac{R}{R + j\omega L - j\frac{1}{\omega C}} \right|$$

$$= \frac{R}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}}$$



三、实验仪器和材料

信号发生器	1 台
示波器	1 台
面包板	1 块
电感	1 个
电阻	200 Ω 、1k Ω 、10k Ω 各 1 个
电容	0.1 μ F、1 μ F 各 1 个
运算放大器	uA741 1 片
连接线	若干

四、实验前仿真

1. RC 高通滤波器

请根据电路实验教材中的 Multisim 仿真要求,对教材中图 7-3 所示 RC 高通滤波器电路进行仿真。(注意:电阻在仿真中用灯泡代替)

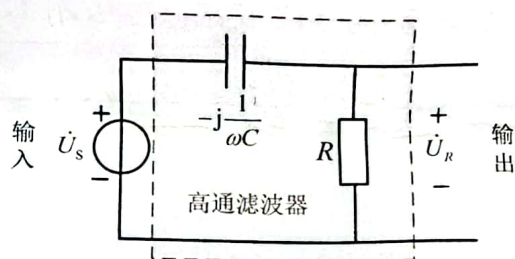


图 7-3 高通滤波器电路

记录仿真电路图,并将仿真参数填入表 7-1 中。

表 7-1 RC 高通滤波器仿真参数

灯泡参数	电容值	电压源有效值	频率 1	频率 2	频率 3	频率 4	频率 5
10V	1 μ F	10V	1Hz	100Hz	1kHz	10kHz	1MHz

灯泡电压有效值: 630 μ V 63.0mV 629mV 5.33V 10.0V

(请将 RC 高通滤波器的仿真原理图复制或粘贴在此处)

见最后



2. 运放构成的低通滤波器

请根据电路实验教材中的 Multisim 仿真要求, 对教材中图 7-5 所示由运放构成的低通滤波器电路进行仿真。

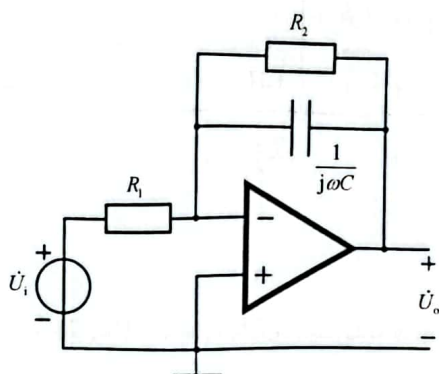


图 7-5 低通有源滤波电路

记录仿真电路原理图和仿真参数, 将仿真结果填入表 7-2 中。

表 7-2 由运放构成的低通滤波器仿真结果

频率	1 Hz	100 Hz	1 kHz	10 kHz	1 MHz	
输出电压有效值	999 mV	846 mV	157 mV	17.2 mV	144 mV	

(请将由运放构成的低通滤波器的仿真原理图复制或粘贴在此处)

见最后

3. 谐振电路

请根据电路实验教材中的 Multisim 仿真要求, 对教材中图 7-7 所示谐振电路进行仿真。

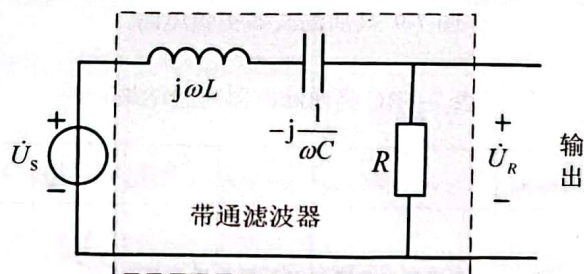


图 7-7 带通滤波器电路



记录仿真电路图，将仿真参数填入表 7-3 中

表 7-3 谐振仿真参数

灯泡 参数	电容值	电感值	电压源 有效值	频率 1	频率 2	频率 3	频率 4	频率 5	频率 6
10V	1 μ F	0.1mH	10V	1Hz	100Hz	1kHz	10kHz	100kHz	1MHz

灯泡电压有效值

631 μ V 63.0mV 632mV 7.23V 1.61V 159mV

(请将带通滤波器的仿真原理图复制或粘贴在此处)

见最后

7.2 实验报告

五、实验过程

1. 高通滤波器

在面包板上搭建如图 7-9 所示高通滤波器实验电路。设定信号发生器输出电压峰峰值为 1V_{pp} 的正弦信号， $R = 200\Omega$ ， $C = 1\mu\text{F}$ 。从 50Hz 开始逐渐增大图中信号发生器的频率，取 10 个频率点，将频率和对应的电阻电压有效值填入表 7-4 中。

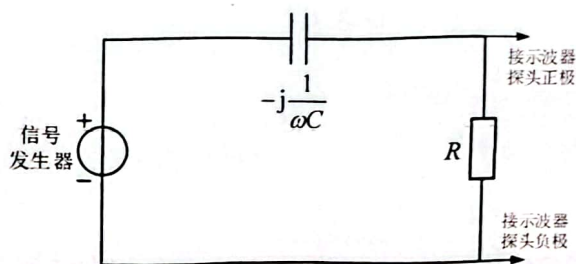


图 7-9 高通滤波器实验电路

表 7-4 RC 高通滤波器实验结果

频率	50Hz	100Hz	200Hz	400Hz	600Hz	800Hz	1kHz	4kHz	8kHz	10kHz
电阻电压有效值	22.2mV	44.2mV	81.4mV	159mV	213mV	251mV	277mV	347mV	352mV	352mV



根据实验测量数据，绘制 RC 高通滤波器的幅频特性曲线图。

见最后

2. 由运放构成低通有源滤波器

在面包板上搭建如图 7-10 所示的由运放构成的低通有源滤波器实验电路。图中电阻 $R_1 = 1\text{k}\Omega$ ， $R_2 = 10\text{k}\Omega$ ，电容 $C = 1\mu\text{F}$ ，电压源是由信号发生器提供的 1Vpp 正弦信号。从 1Hz 开始逐渐增大正弦信号的频率，取 10 个频率点，用示波器的测量功能测量输出信号 u_o 的有效值并记录在表 7-5 中。

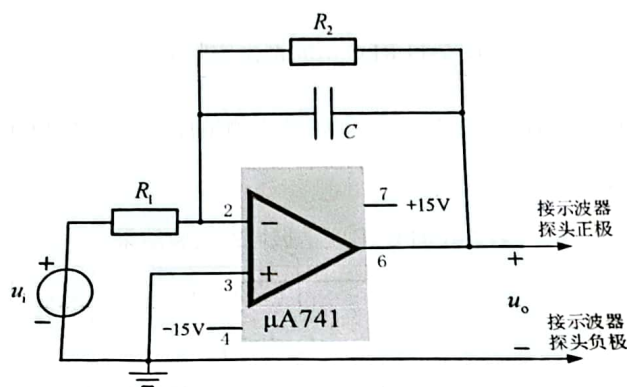


图 7-10 低通有源滤波器实验电路

表 7-5 由运放构成的低通滤波器实验结果

频率	1Hz	5Hz	10Hz	50Hz	100Hz	150Hz	200Hz	500Hz	750Hz	1kHz
输出电压 u_o 有效值	345mV	3.11mV	2.71mV	1.00V	640mV	520mV	409mV	329mV	241mV	216mV

根据实验测量数据，绘制由运放构成的低通滤波器的幅频特性曲线图。

3. 谐振电路

见最后

在面包板上搭建如图 7-11 所示的 RLC 串联谐振实验电路。图中 $C = 0.1\mu\text{F}$ ，电阻 $R = 200\Omega$ ，电感线圈的电感值和电阻值未知。信号发生器提供 1Vpp 的正弦信号。要求完成下列实验任务：

(1) 从 1Hz 开始逐渐增大图中交流电压源的频率，并且通过示波器实时观察图 7-11 中示波器 1 通道（测量电源电压）和 2 通道波形（测量电阻电压，其相位与流过电阻的电流相同）的相位差。当电压和电流同相位时，此时电路发生串联谐振。记录此时的信号源输出



频率 f (即谐振频率) = 7.40000 kHz

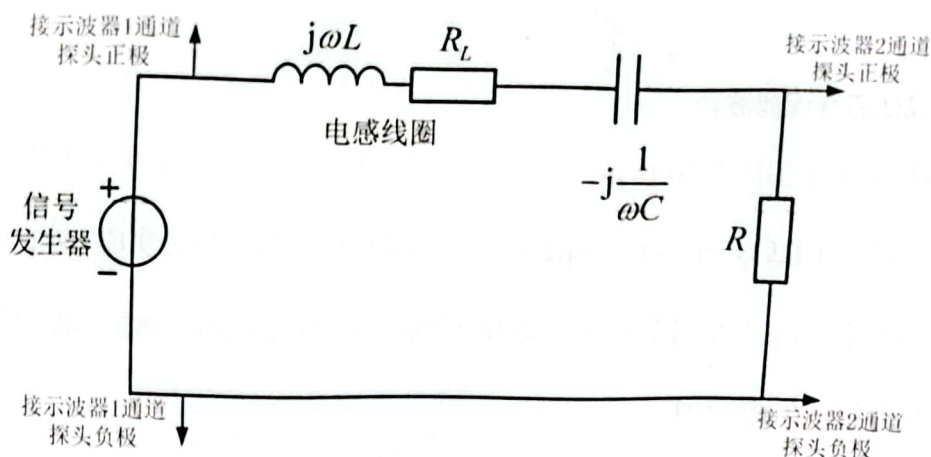


图 7-11 RLC 串联谐振实验电路

(2) 在谐振频率点两侧各取 5 个频率点, 分别测量每个频率对应的电阻 R 电压有效值。将数据记录在表 7-6 中。

表 7-6 RLC 串联谐振电路实验结果

频率	1kHz	3kHz	6kHz	7kHz	7.2kHz	(谐振频率点) 7.40000 kHz	7.6kHz	7.8kHz	12kHz	16kHz	20kHz
电阻 R 电压有效值 (mV)	43.8	140	246	259	263	265	263	262	205	157	126

(3) 根据实验测量数据, 绘制谐振电路的幅频特性曲线图。

见最后

六、思考题

1. 请用电路理论对实验中 RC 高通滤波器的幅频特性曲线进行解释。

$$Z = R - j \frac{1}{\omega C} \quad |Z| = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad \varphi = \arctan \frac{1}{\omega CR}$$

$$U = I \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}, \quad U_R = \frac{U}{\sqrt{1 + \left(\frac{1}{\omega CR}\right)^2}}, \quad |H(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{1}{\omega CR}\right)^2}}$$

ω 增大, $|H(j\omega)|$ 增大。

2. 请用电路理论对实验中由运放构成的低通有源滤波器的幅频特性曲线进行解释。

$$\dot{U}_o = - \frac{R_2}{R_1 (1 + j R_2 \omega C)} \dot{U}_i$$

$$|H(j\omega)| = \frac{U_o}{U_i} = \frac{R_2}{R_1 \sqrt{1 + (R_2 \omega C)^2}}$$

ω 增大, $|H(j\omega)|$ 减小



3. 请用电路理论对实验中 RLC 串联谐振电路的幅频特性曲线进行解释。

$$Z_{eq} = R + j\omega L - j\frac{1}{\omega C} = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$$

$$\text{令 } \omega L - \frac{1}{\omega C} = 0 \Rightarrow \omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ 时, } |H(j\omega)| \text{ 最大, 为 } 1$$

$$|H(j\omega)| = \frac{U_R}{U_S} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}}$$

$$\omega \rightarrow 0 \text{ 时, } |H(j\omega)| = 0$$

$$\omega \rightarrow \infty \text{ 时, } |H(j\omega)| = 0$$

4. 请根据 RLC 串联谐振电路的数据, 结合所学电路理论, 计算出图 7-11 中电感线圈的参数 L 和 R (请给出计算依据、过程和结果)。

$$\text{谐振频率 } \omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow LC = \frac{1}{\omega_r^2}$$

$$\text{当 } \omega = \omega_r \text{ 时, } \dot{U}_R = \dot{U}_S \times \frac{R}{R + R_L} \Rightarrow L = \frac{1}{\omega^2 C}$$

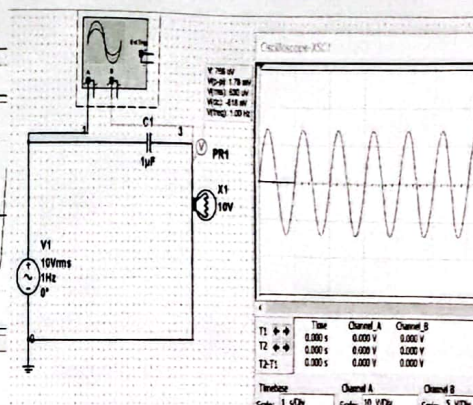
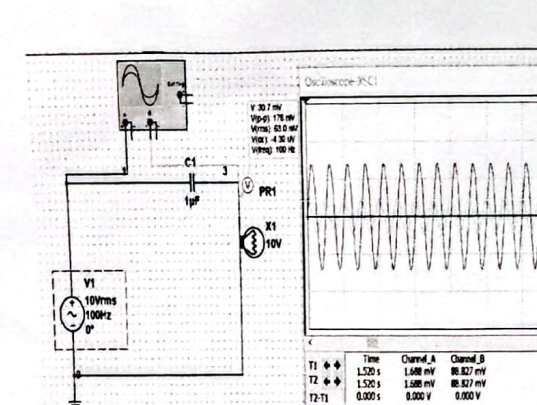
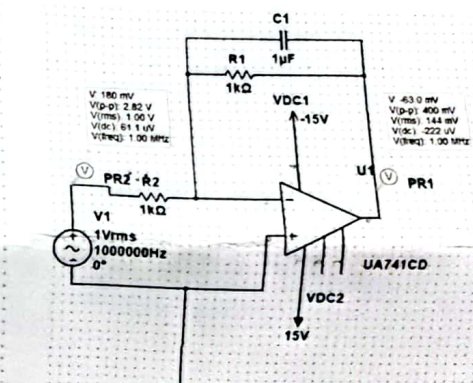
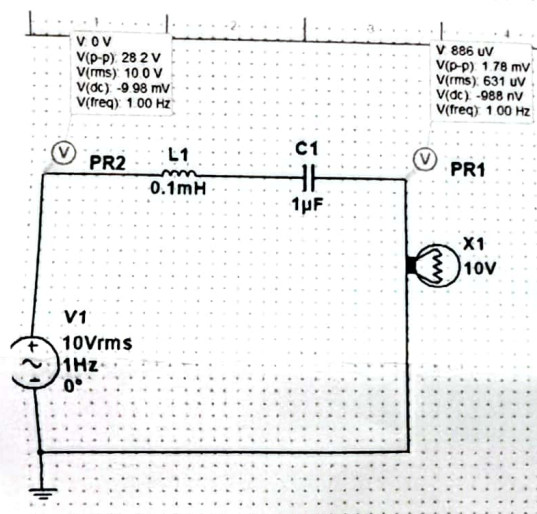
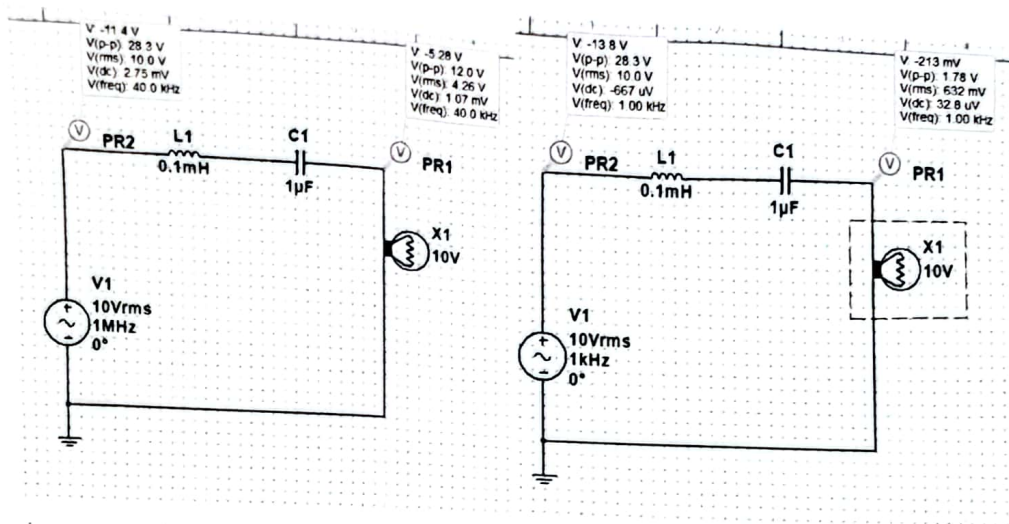
$$\Rightarrow \left| \frac{\dot{U}_R}{\dot{U}_S} \right| = \frac{R}{R + R_L}$$

$$\text{即 } L = 4.89 \times 10^{-3} \text{ H}$$

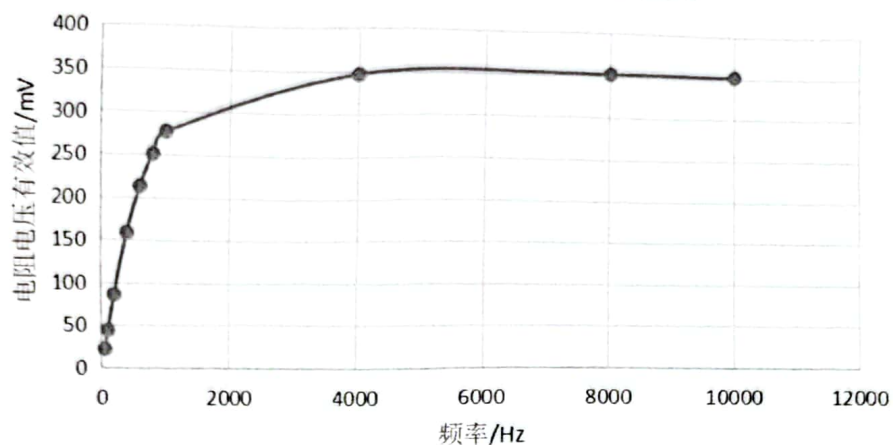
\Rightarrow

$$R_L = 67 \Omega$$

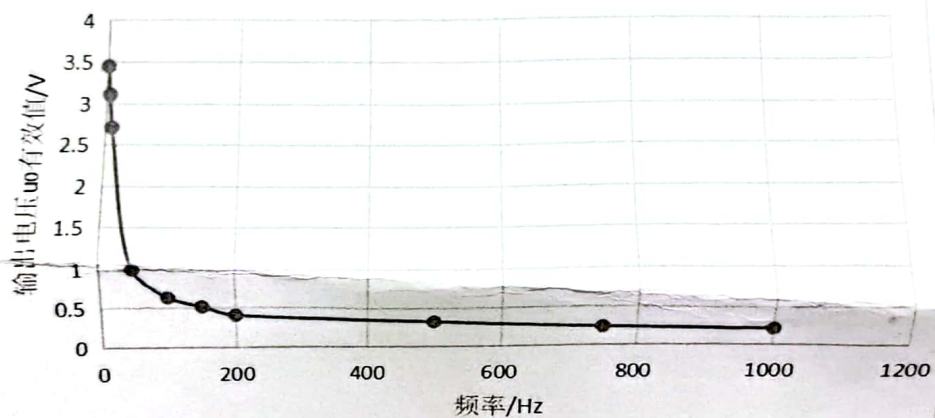




电阻电压有效值与频率的关系图



输出电压 u_o 有效值与频率的关系图



电阻R电压有效值与频率的关系图

