

南开大学电子信息与光学工程学院

电路基础实验

实验名称 1.RLC 串联谐振电路的研究

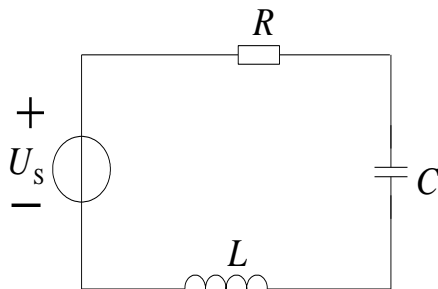
1 实验目的

1. 学习测定 RLC 串联电路的通用谐振曲线的方法，了解 Q 值对通用谐振曲线的影响。
2. 通过对 RLC 串联电路的 $U_L(\omega)$ 与 $U_C(\omega)$ 的测量，了解电路的 Q 值意义。
3. 了解电路参数对谐振曲线形状及谐振频率的影响。
4. 进一步熟悉和掌握仿真软件的使用方法。

2 实验原理

RLC 串联电路中，电路阻抗 Z 随频率 ω 的变化而变化，电流也在不断的变化，其表达式为：

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



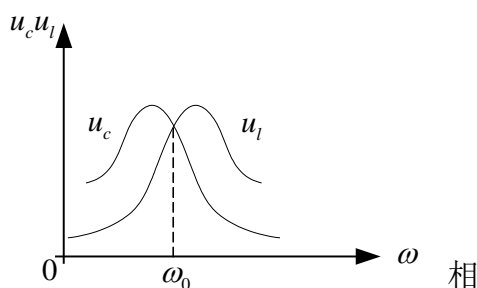
$\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$ 时，电路电压谐振，此时谐振角频率 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ ，谐振频率 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 。

可见，电路的谐振角频率或谐振频率取决于 L 、 C 值，与 R 值无关。电路谐振时，电路的阻抗呈阻性，电阻 R 上的电压等于电源电压且其端口电压与电流同相位，电路中的电流达到最大值，即 $I_0 = \frac{U_S}{R}$ 。

谐振电路中，电感电压和电容电压与角频率的关系为：

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

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



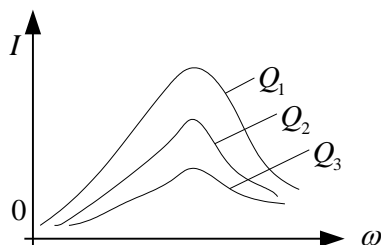
从理论上来说，谐振时，电感上的电压与电容上的电压相位差为 180° ；谐振时电感上的电压（或电容上的电压）与电源电压之比称电路的品质因数 Q ，即

$$Q = \frac{U_L}{U_S} = \frac{U_C}{U_S} = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 C R} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

RLC 串联电路中，电流与角频率的关系称为电流的幅频特性，即

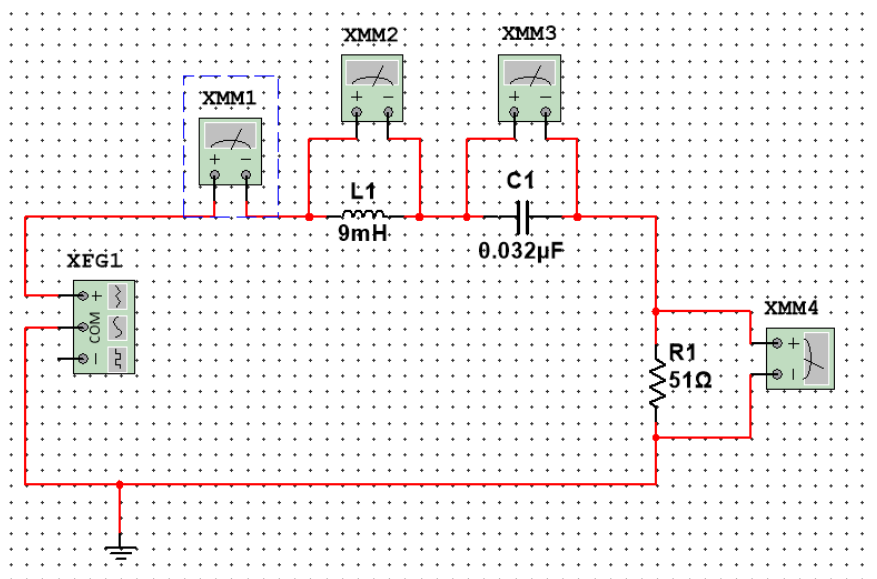
$$I = \frac{U_S}{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2} = \frac{U_S}{R \sqrt{1 + Q^2 (\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega})^2}}$$

在 L 、 C 和 U_S 一定的情况下，不同的 R 值有不同的 Q 值，不同的 Q 值时有不同的幅频特性。



3 实验内容

1. 打开 Multisim 仿真软件，选取器件电感 $L=9\text{mH}$ ，电容 $C=0.032\mu\text{F}$ ，电阻 $R=51\Omega$ ，与信号发生器、万用表一起组成串联电路。计算谐振频率的理论值。



计算得到谐振频率的理论值 $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 9378.29\text{Hz}$ 。

2. 信号发生器 XFG1 的输出波形为 $V_{PP}=1\text{V}$ 的正弦波。将万用表设置为交流电流档和交流电压档。改变信号发生器的频率，单击运行按钮进行仿真，记录各元件的电压和电流值，填入表格。

$f(\text{KHz})$	4	6	8	f_0	10	12	14
$U_R(\text{V})$	0.35573	0.073815	0.207832	0.705509	0.410419	0.132359	0.081392
$U_L(\text{V})$	0.158281	0.49266	1.849	7.36	4.565	1.767	1.268
$U_C(\text{V})$	0.864487	1.196	2.525	7.313	3.99	1.072	0.565142
$I(\text{mA})$	0.697504	1.447	4.075	13.834	8.047	2.595	1.596

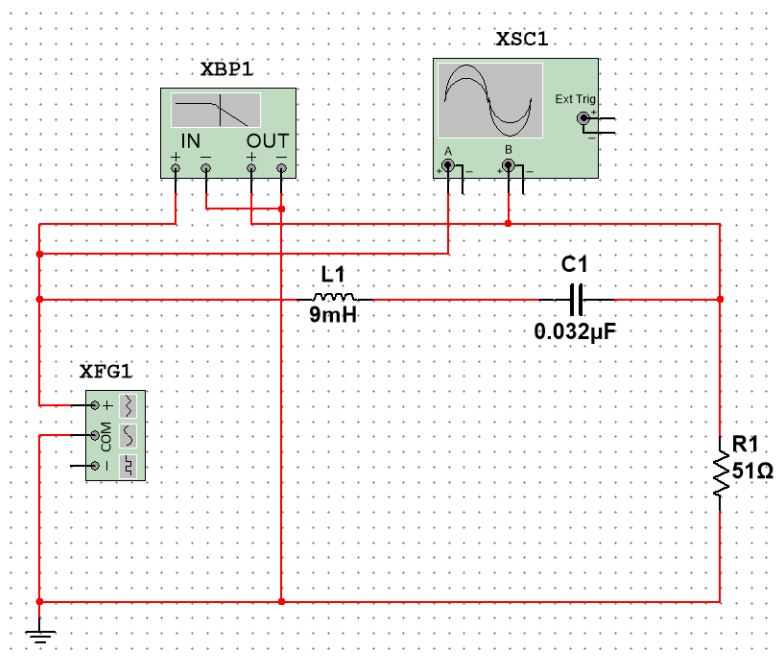
在发生谐振时，各元件的参数反映的 RLC 电路的特性为：

电阻 R 反映了 RLC 电路的能量耗散的特性。

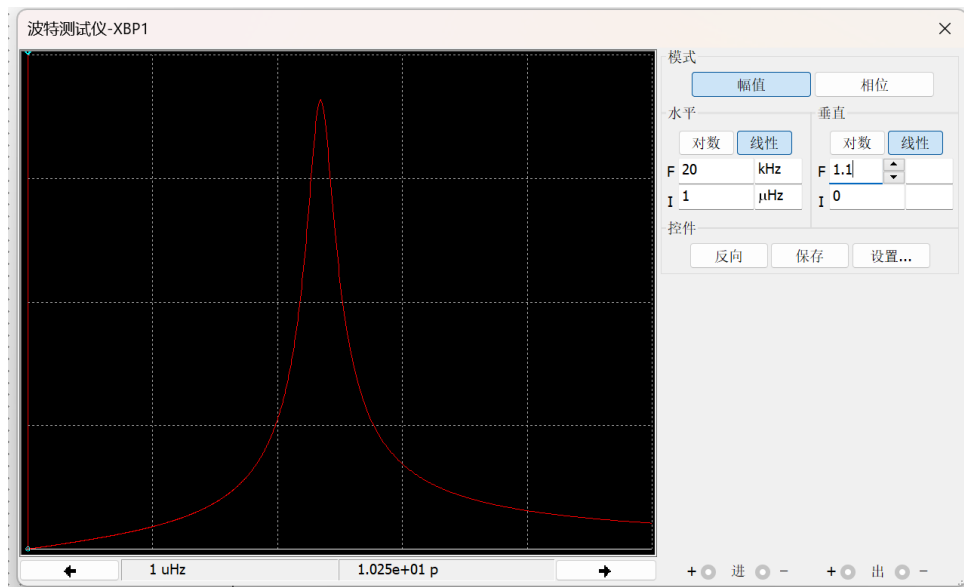
电感 L 反映了电路储存磁场能量的能力。

电容 C 反映了电路储存电场能量的能力。

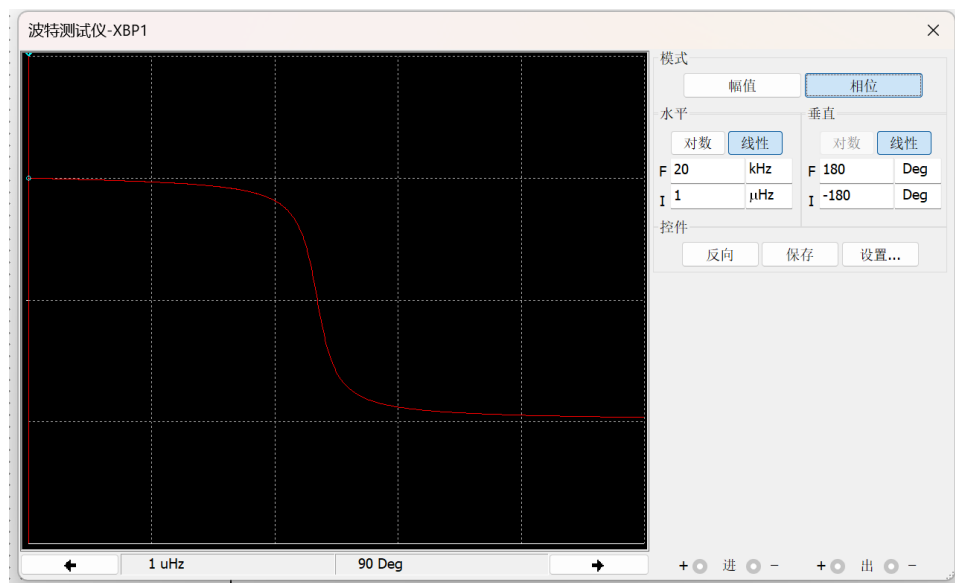
3. 采用示波器和波特图仪进行测试。双踪示波器 XSC1 用来观察谐振电路的输入和输出电压波形，波特图仪 XBP1 用来测量电路的幅频和相频特性曲线。



电路的幅频特性：单击运行按钮，双击波特图仪 XBP1，在 Mode 选项中选择 Magnitude(幅频特性)。

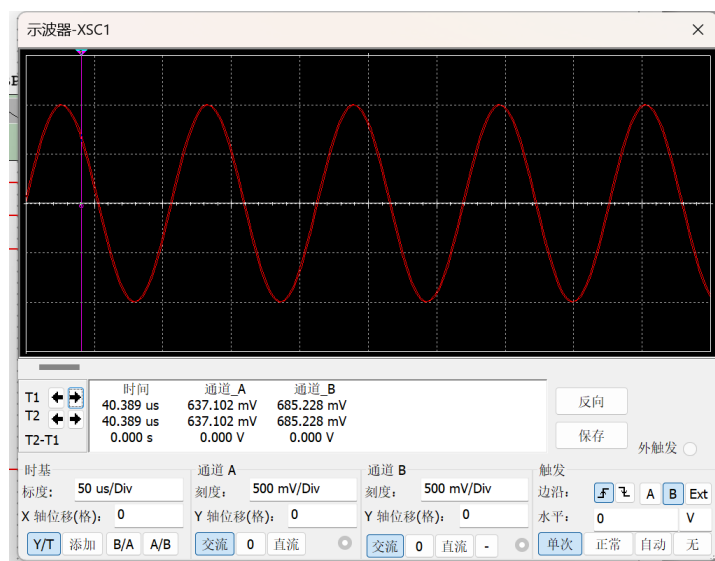


电路的相频特性：在 Mode 选项中选择 Phase（相频特性）。



从幅频特性和相频特性曲线可以当 RLC 电路发生谐振时， $U_R = U_S$ ，电路中电流达到最大值，且电流和电压之间的相位差为 0。

4、利用示波器观察发生串联谐振时信号源电压与电阻两端电压输出波形（截图），总结发生谐振时两个波形有什么特点。



发生谐振时，两个波形几乎完全相同，说明 $U_R = U_S$ 。