

# RLC串联电路的稳态特性

小组成员：付雪晶 2011301020128

王皓煜 2011301020129

王健宇 2011301020130

# 实验目的：

- 1、观察、分析RLC串联电路中的相频和幅频特性，理解和具体的应用此特性
- 2、进一步学习用双踪示波器进行测量相位差

# 实验器材:

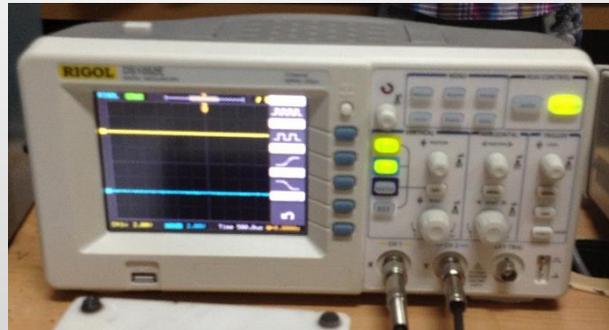
- 正弦信号发生器
- 毫伏表
- 双踪示波器
- 自感器
- 电容器
- 交流电阻箱



毫伏表



正弦信号发生器



双踪示波器

# 分析RC串联电路

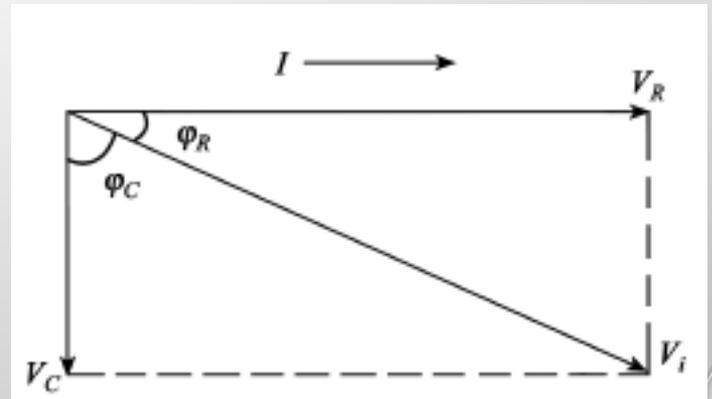
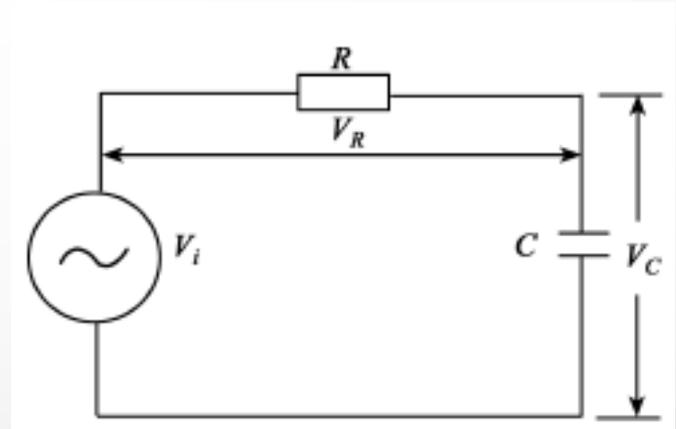
当正弦交流电压输入RC 串联电路时, 电容(或电阻) 两端的输出电压的振幅及相位将随输入电压的频率而变化。

$$U = \sqrt{U_R^2 + U_C^2} \quad Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

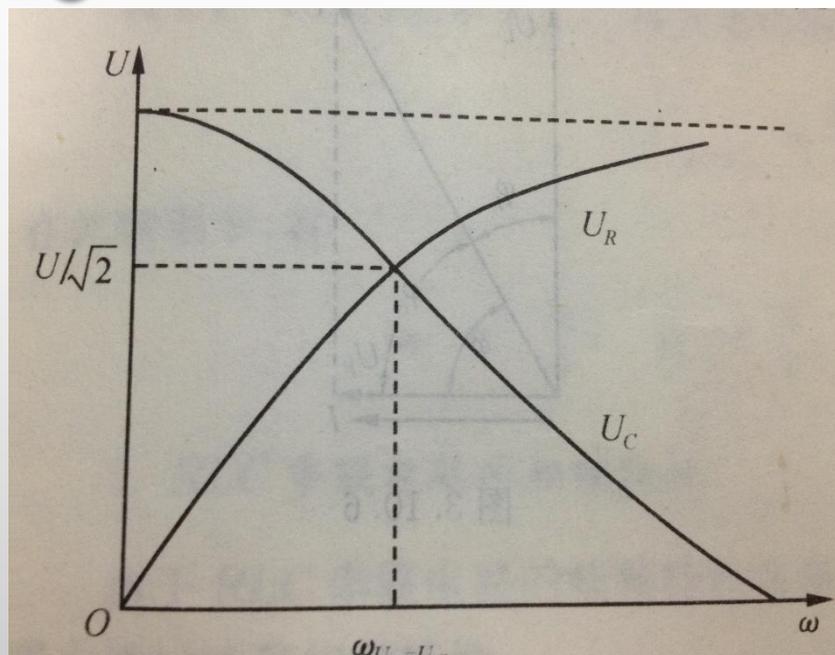
$$U_R = \frac{U}{\sqrt{1 + \left(\frac{1}{\omega CR}\right)^2}} \quad U_C = \frac{U}{\sqrt{1 + (\omega CR)^2}}$$

$V_C$  与  $V_i$  之间的相位差为:

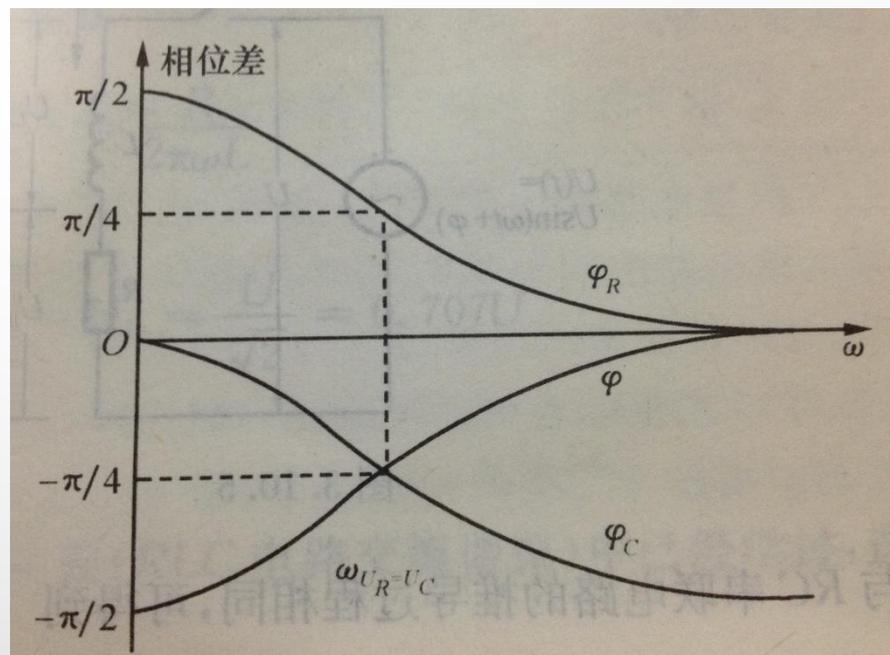
$$\Phi = -\arctan \frac{1}{\omega CR}$$



# 理论上的幅频和相频特性曲线



RC幅频曲线



RC相频曲线

RC 电路的相频特性曲线, 它描述了  $\varphi_C$ 、 $\varphi_R$  随  $\omega$  的变化规律。相位差  $\varphi_C < 0$ , 说明电容器上电压  $V_C$  的相位落后于输入信号  $V_i$  的相位。而  $\varphi_R > 0$ , 则说明电阻上的电压  $V_R$  及回路电流  $I$  相位超前于输入信号  $V_i$  的相位。

# 分析RL串联电路

当正弦交流电压输入RL串联电路时, 电容(或电阻) 两端的输出电压的振幅及相位将随输入电压的频率而变化。

$$U = \sqrt{U_R^2 + U_L^2}$$

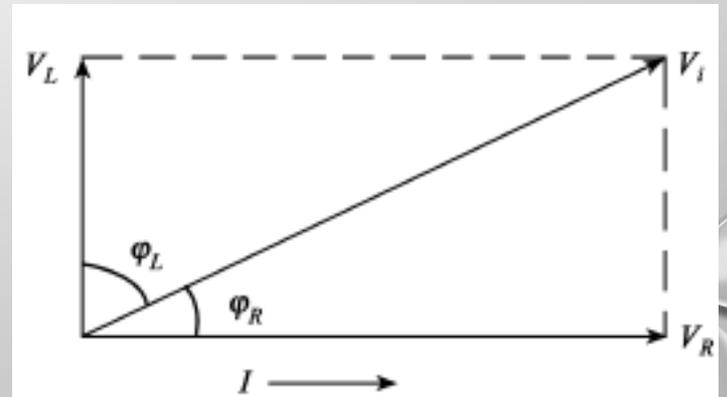
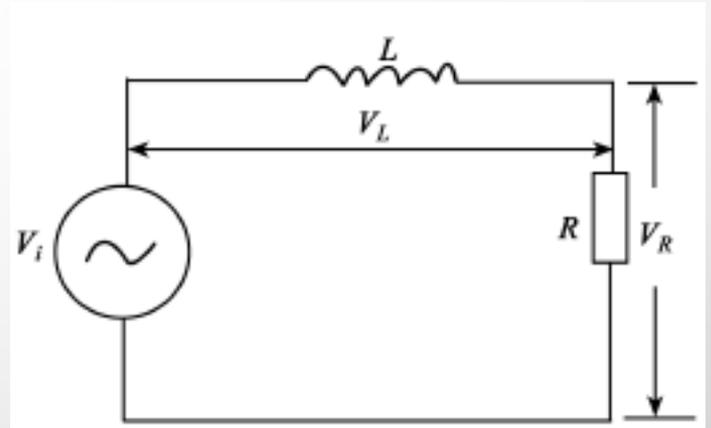
$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$$

$$U_R = \frac{U}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega L}{R}\right)^2}}$$

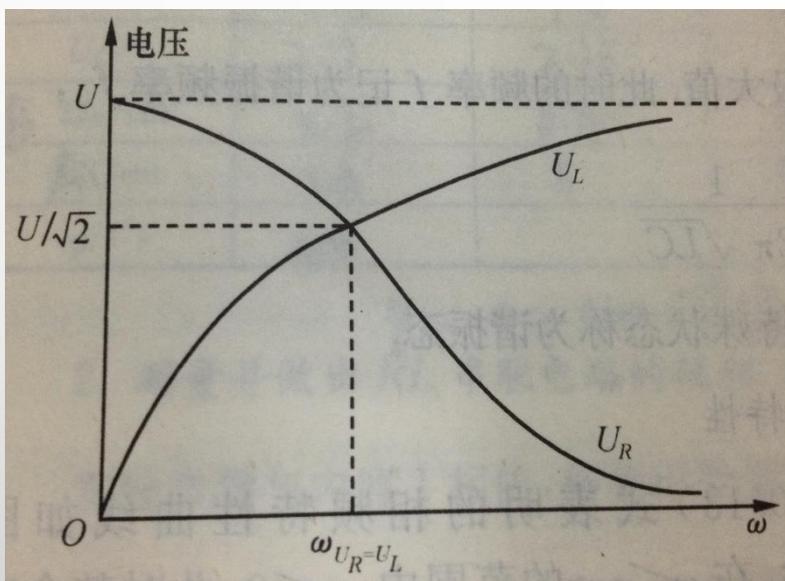
$$U_L = \frac{U}{\sqrt{1 + \left(\frac{R}{\omega L}\right)^2}}$$

$V_L$ 与 $V_i$ 之间的相位差为:

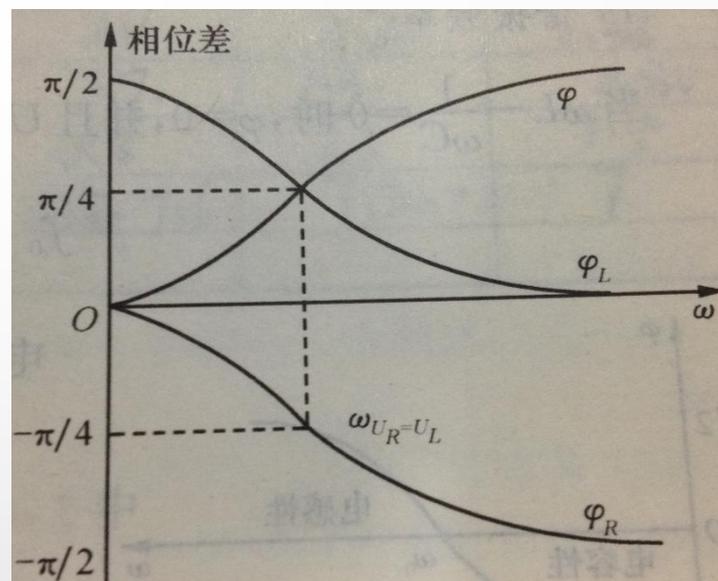
$$\Phi = \arctan \frac{\omega L}{R}$$



# 理论上的幅频和相频特性曲线



RL幅频曲线



RL相频曲线

$RL$  电路的相频特性曲线, 它描述了  $\varphi_L$ 、 $\varphi_R$  随  $\omega$  的变化规律。相位差  $\varphi_R < 0$ , 说明电阻上电压  $V_R$  及回路电流  $I$  的相位落后于输入信号  $V_i$  的相位, 而  $\varphi_L > 0$  说明电感上电压  $V_L$  的相位超前于输入信号  $V_i$  的相位。

# 分析RLC串联电路

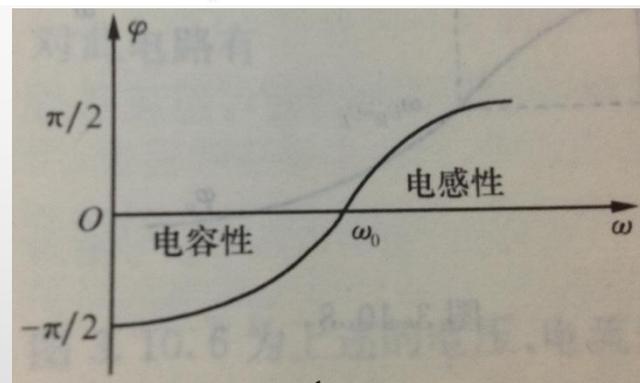
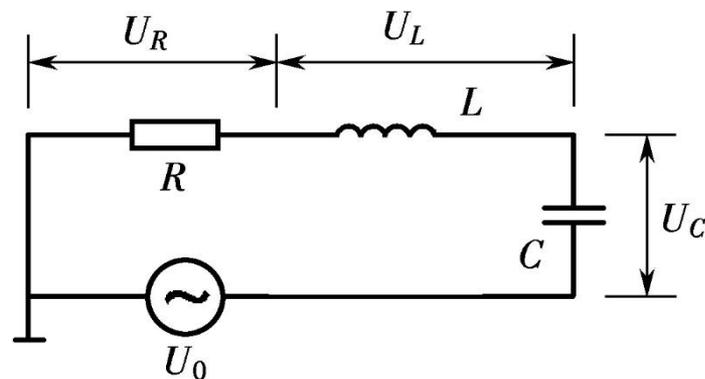
由于电阻上的电压与其电流同相，因此可用  $U_R$  的相位表示  $I$  的相位。

而此实验中我们用的是李萨如图形来找出谐振频率

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$$

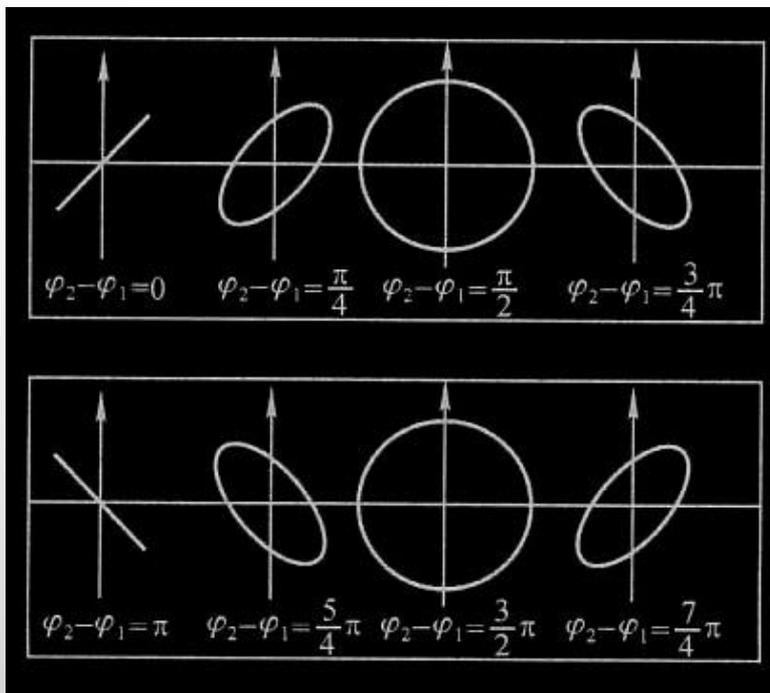
$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

$$\varphi = \arctan \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$$



谐振的条件： $\omega L = \frac{1}{\omega C}$

此时谐振频率： $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$



而此实验中我们要找出串联电路的谐振频率，正如图形上表示的，当李萨如图形是一条直线时，两个输入信号的相位差为零，此时达到谐振频率，然后读取信号发生器上所显示的频率。

李萨如图形的相位关系

# 李萨如图法

将有固定相位差的两个正弦波电压分别从示波器的 Y、X 端输入，在示波器上可得到利萨如图形。一般为椭圆图形

其解析式为

$$x = x_0 \sin(\omega t + \varphi)$$

$$y = y_0 \sin \omega t$$

式中： $x_0$ ， $y_0$  分别是两个正弦信号的振幅。

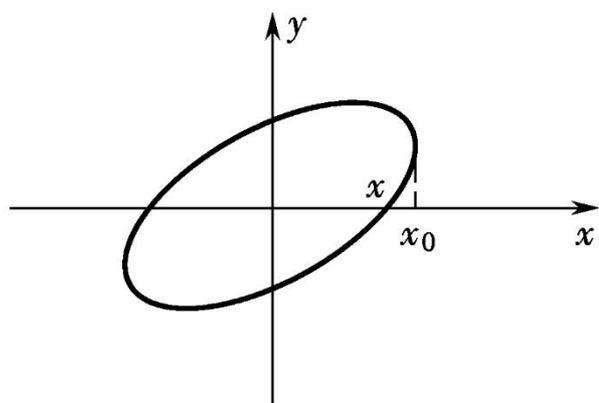
由上式，当  $y = 0$  时，有  $\omega t = \pm n\pi$ ，（ $n = 0, 1, 2, \dots$ ）

于是有  $x = \pm x_0 \sin \varphi$

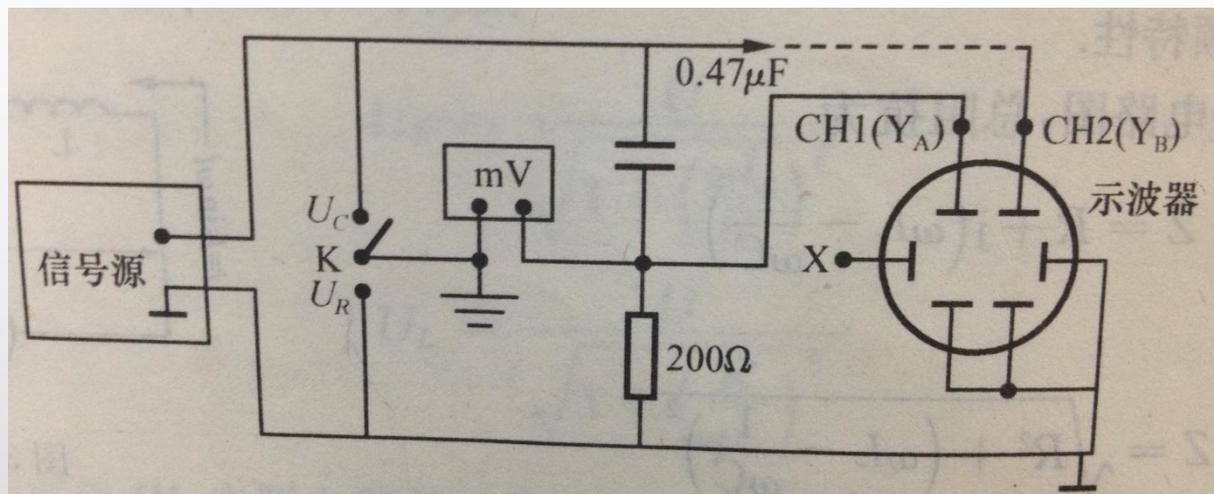
所以两正弦波的相位差

$$\varphi = \arcsin(x / x_0)$$

式中： $x$  为椭圆与  $x$  轴交点的坐标值； $x_0$  为椭圆上的  $x$  坐标最大点到  $y$  轴的距离。



# 实验操作步骤简介



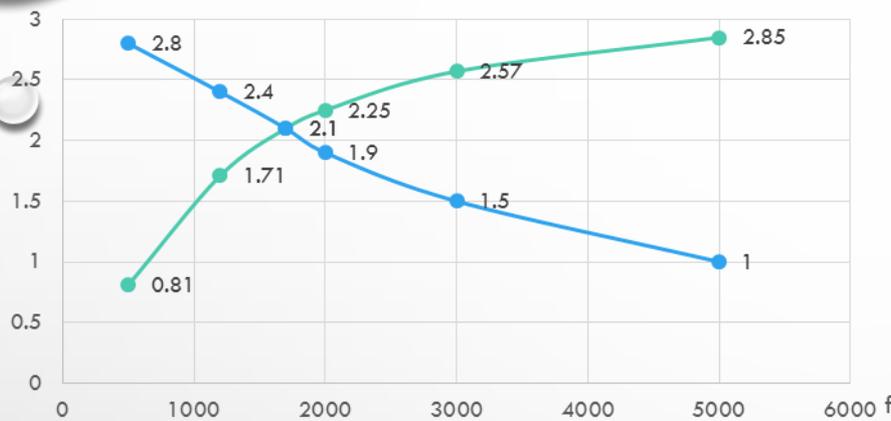
实验电路图

- 1、连接电路，把各项数值调整到所需的数值
- 2、改变单变量后测量数值，并记录数据
- 3、根据数据绘图，并与理论曲线进行比较

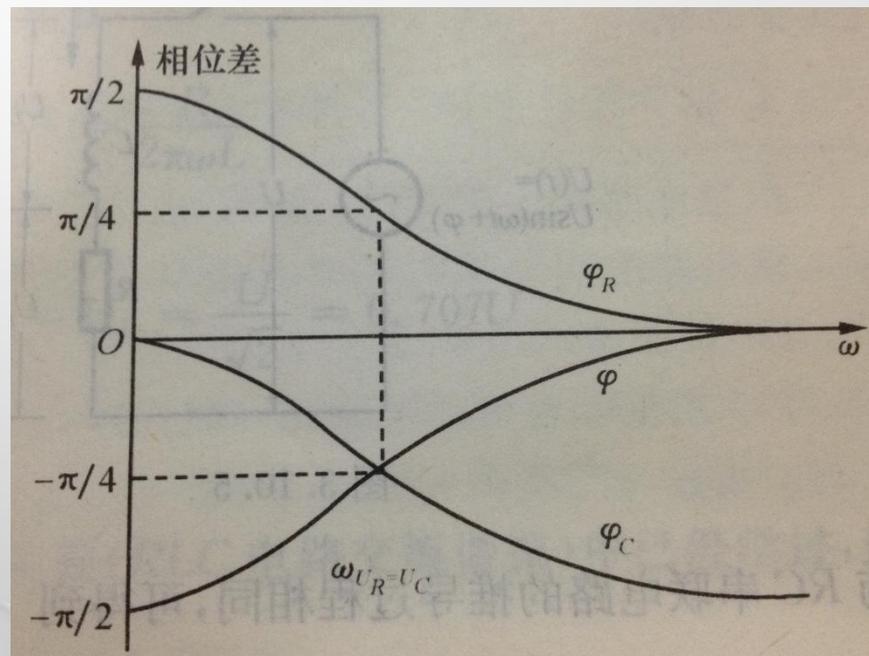
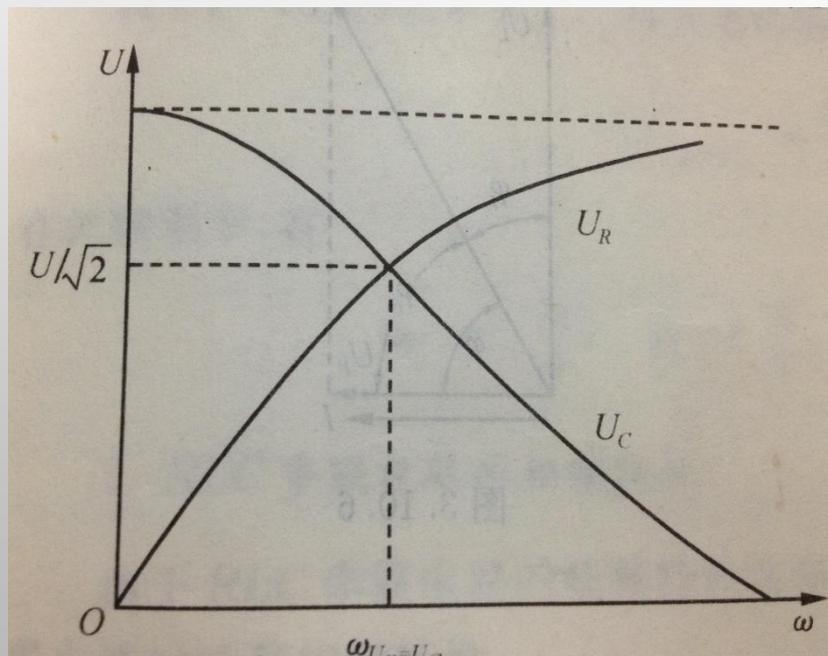
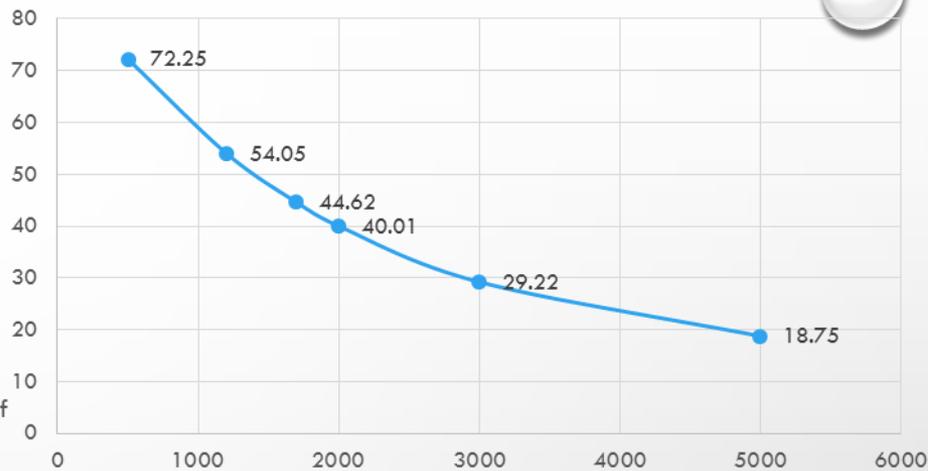
# 以下是组内一位同学的实验数据

RC幅频、相频曲线							
U=3.0V_RMS=8.5V_(p-p) R=200Ω C=0.47μF							
f/Hz	500	1200	1700	2000	3000	5000	
U_R	0.81	1.71	2.1	2.25	2.57	2.85	
U_C	2.8	2.4	2.1	1.9	1.5	1	
xo/cm	8	6.8	5.9	5.4	4.1	2.7	
2X/cm	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	
φ/(°)	72.25	54.05	44.62	40.01	29.22	18.75	
RL幅频、相频曲线							
U=3.0V_RMS=8.5V_(p-p) R=1000Ω L=0.1H							
f/Hz	500	1200	1700	2000	3000	5000	
U_R	2.7	2.3	2	1.82	1.4	0.91	
U_C	0.88	1.78	2.17	2.33	2.65	2.93	
xo/cm	2.4	5	6.1	6.6	7.4	8	
2X/cm	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	
φ/(°)	16.6	36.53	46.57	51.79	61.76	72.25	
	-16.6	-36.53	-46.57	-51.79	-61.76	-72.25	

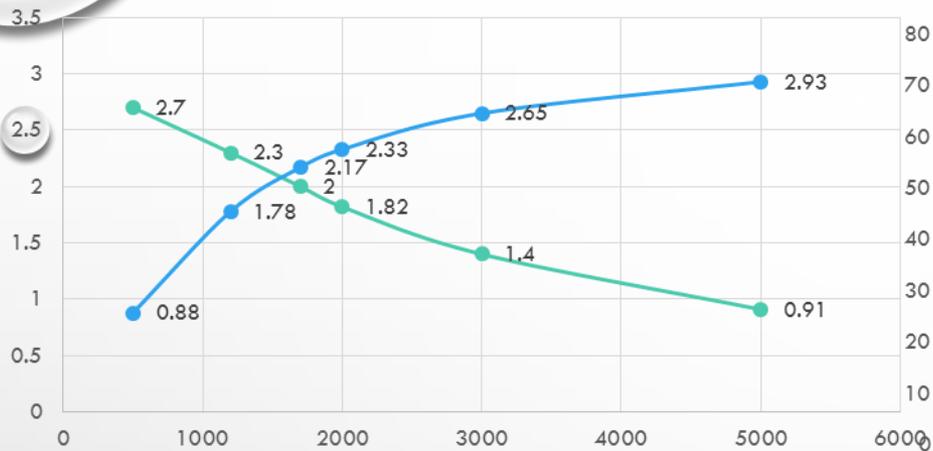
RC幅频特性曲线



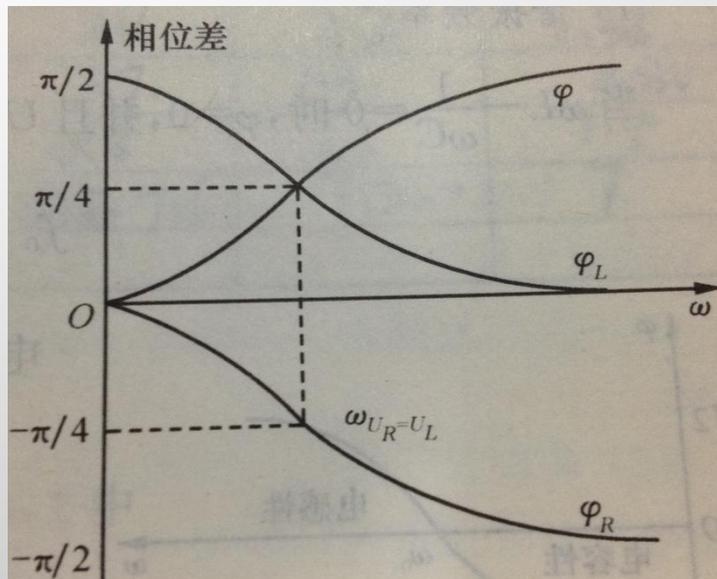
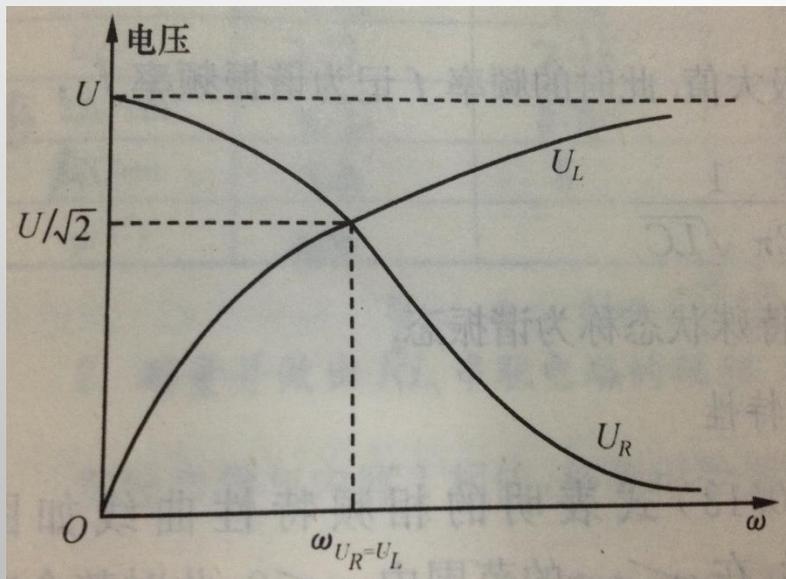
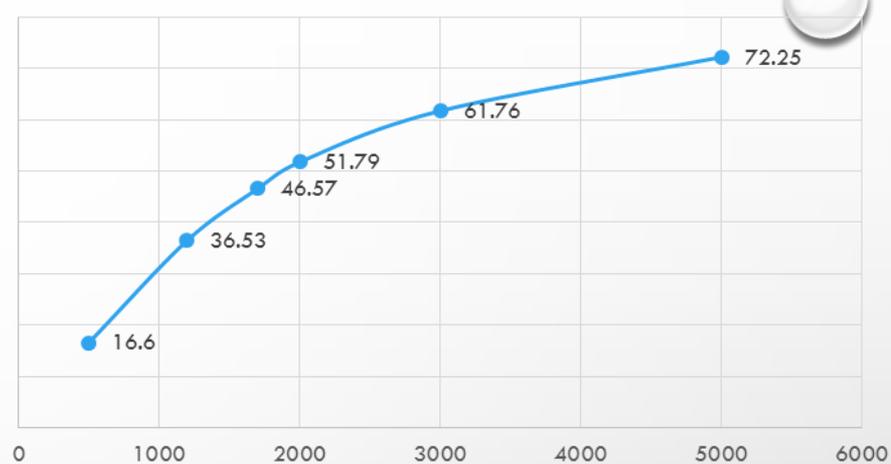
RC相频特性曲线



### RL幅频特性曲线



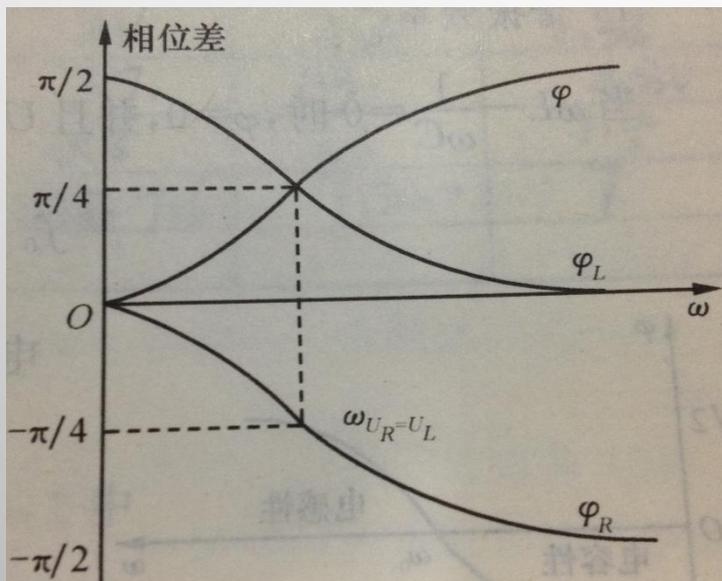
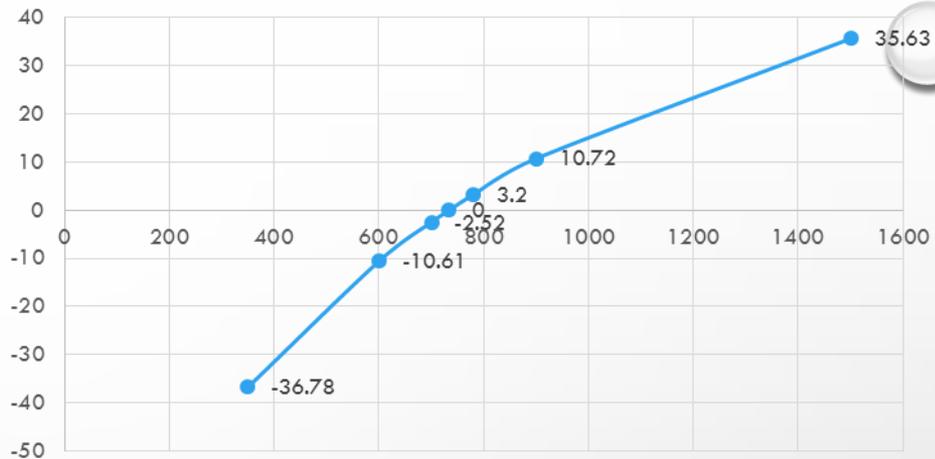
### RL相频特性曲线



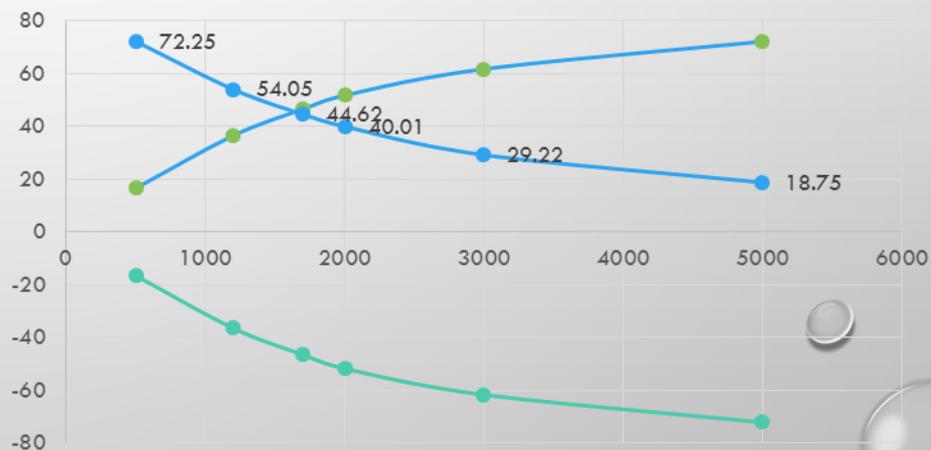
### RCL相频特性曲线



### RCL相频理想曲线



### RL相频特性曲线



# 实验中出现的問題

- 信号发生器出现频率不稳定的情况
- 由李萨如图法测出的电压值与用实际的毫伏表直接测出的电压值不相符

# 实验中的误差分析

- 信号存在干扰，比如说话声音等，与实验中的频率较为接近，产生干扰，造成成像的波动
- 数字的示波器的分辨率有限，每一个像素点有一个最小线度，导致读数有误差
- 接触电阻的存在
- 给定的R、L、C标定的值与实际值不一定相符
- 其他系统误差
- 偶然误差

# 实验的改进

- 提高数字示波器的显示分辨率
- 数字信号发生器有稳定的输出频率，并有强的抗干扰能力
- 用交流电桥测量L、C的损耗电阻，再在电路中接入一个电流表，计算出损耗电阻和C、L的电压，再在修正过的基础，再绘出相频幅频曲线

**谢谢！**