

实验四：无源网络的频率特性研究

一、实验目的

- 1 . 掌握RC高、低通滤波电路特点
- 2 . 掌握电路幅频和相频特性的测试方法
3. 掌握测量谐振频率、品质因数和绘制频率特性曲线的方法。

二、实验设备

1. 函数信号发生器
2. 数字示波器
3. 元器件板

三、实验原理

1. 网络传输特性



电路输出电压与输入电压的比值称为电路的传递函数或转移函数。

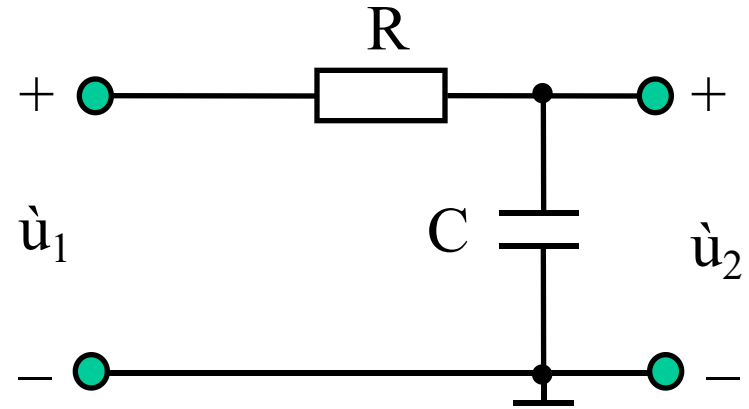
$$H(j\omega) = \frac{U_2(j\omega)}{U_1(j\omega)} = |H(j\omega)| e^{j\varphi(\omega)} = |H(j\omega)| \angle \varphi(\omega)$$

$|H(j\omega)|$ 为网络的幅频特性。

$\varphi(\omega)$ 为网络的相频特性。 $\varphi(\omega) = \varphi_{u_o} - \varphi_{u_i}$

2. RC低通电路

RC低通电路如图所示
其传递函数为：



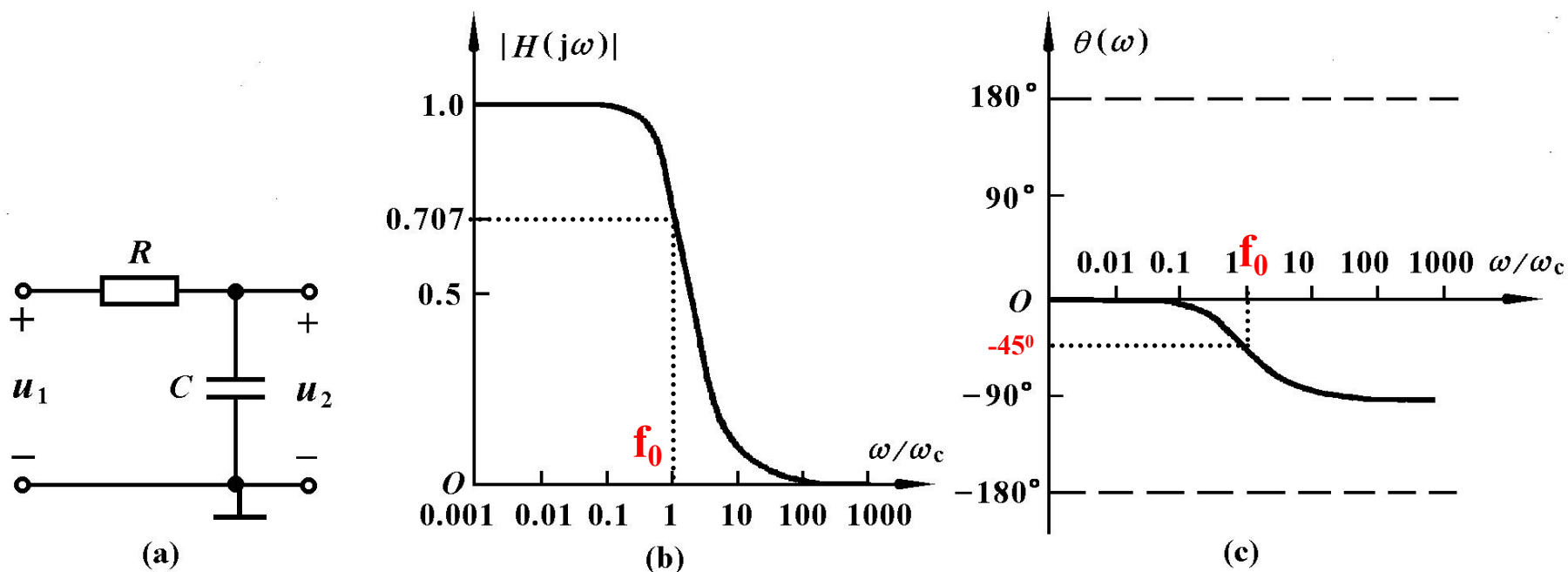
$$H(j\omega) = \frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1} = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{1}{1 + j\omega RC}$$

$$|H(j\omega)| = \frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega/\omega_0)^2}} \quad \omega_0 = \frac{1}{RC}$$

$$\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = -\arctg(\omega/\omega_0)$$

3. RC低通滤波电路频率特性

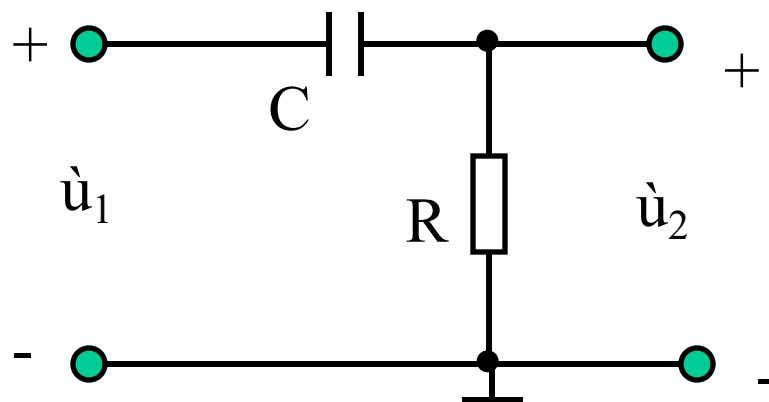
幅频特性与相频特性曲线如图所示：



f_0 称为转折/截止频率

4. RC高通电路

RC高通电路如图所示



$$H(j\omega) = \frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1} = \frac{R}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC}$$

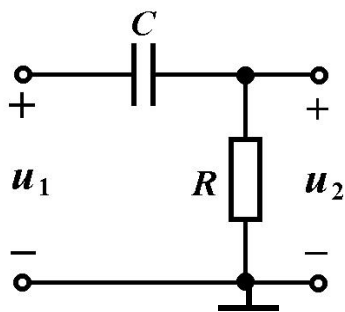
$$|H(j\omega)| = \frac{U_2}{U_1} = \frac{\omega / \omega_0}{\sqrt{1 + (\omega / \omega_0)^2}}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{RC}$$

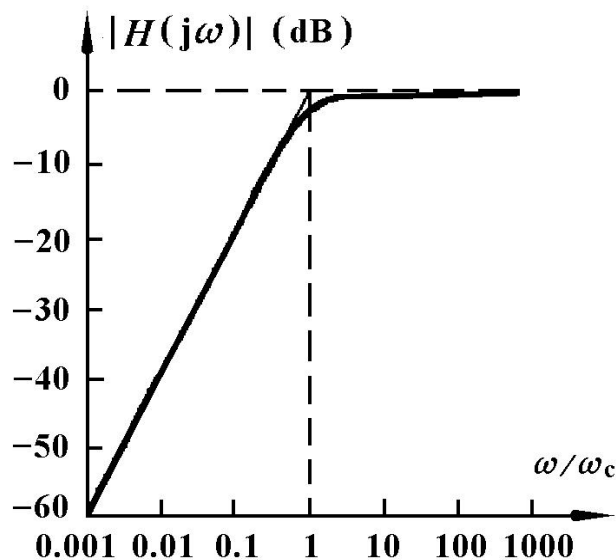
$$\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = 90^\circ - \arctg(\omega / \omega_0)$$

5. RC高通滤波电路频率特性

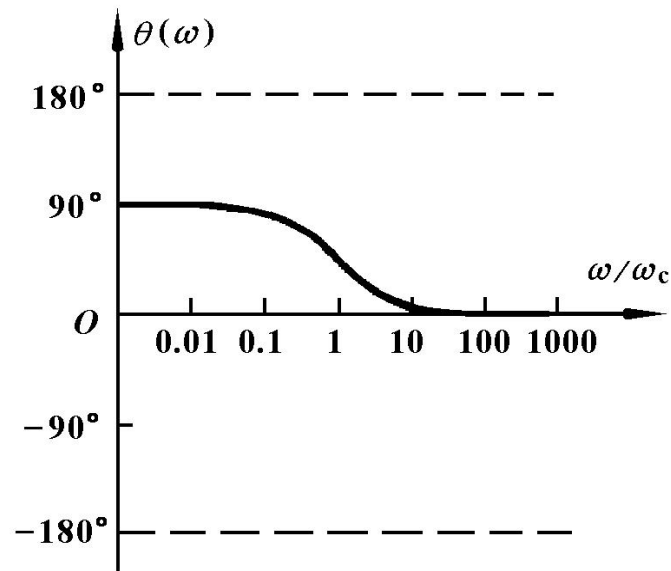
幅频特性与相频特性曲线如图所示：



(a)



(b)



(c)

6. RLC串联谐振电路

在RLC串联电路中，当电源电压与电路中的电流同相时，即为谐振。

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

1.

$$|Z| = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = R \quad I_{\max} = I_0 = \frac{U}{R}$$

2.

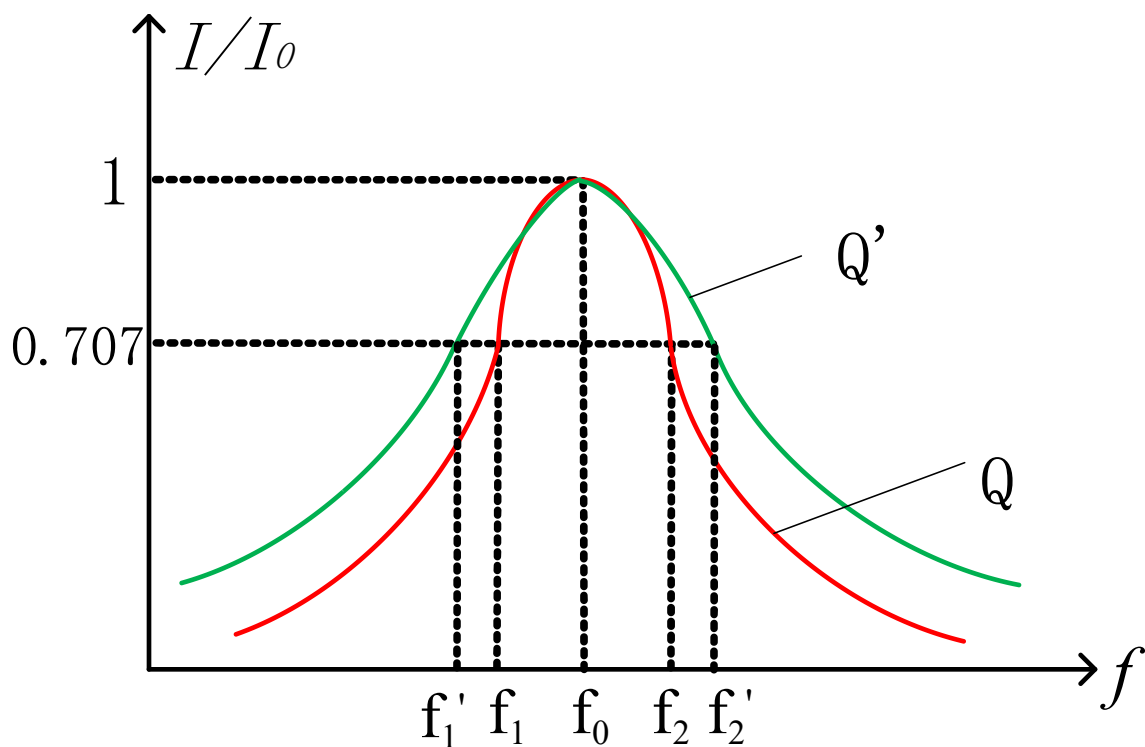
$$\dot{U}_L = -\dot{U}_C \quad \dot{U} = \dot{U}_R$$

3.

$$Q = \frac{U_C}{U} = \frac{U_L}{U} = \frac{1}{\omega_0 CR} = \frac{\omega_0 L}{R} \quad \omega_0 = 2\pi f_0$$

4.

$$U_L = U_C = QU = QU_R$$



$$Q > Q'$$

$$\Delta f = f_2 - f_1$$

$$Q = \frac{f_0}{\Delta f}$$

Q值越大，通频带宽度越小，选择性越强。

四、实验内容

1. 幅频相频特性测试

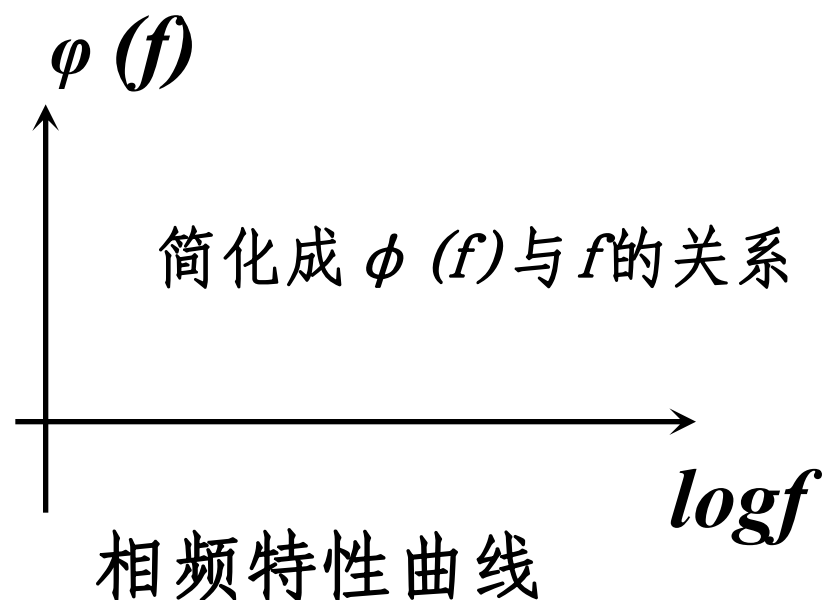
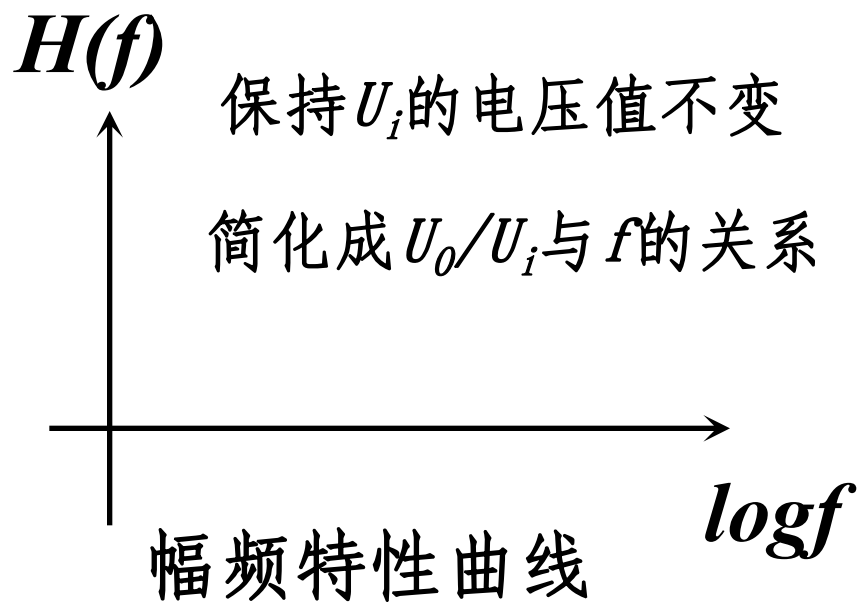
信号通过电路以后，不但输出信号的幅度会发生变化，而且其相对输入信号的相位也会发生变化，随着输入信号频率的不同，相位的变化也不同。这种输出信号相对于输入信号的相移随频率而变化的关系称为相频特性。

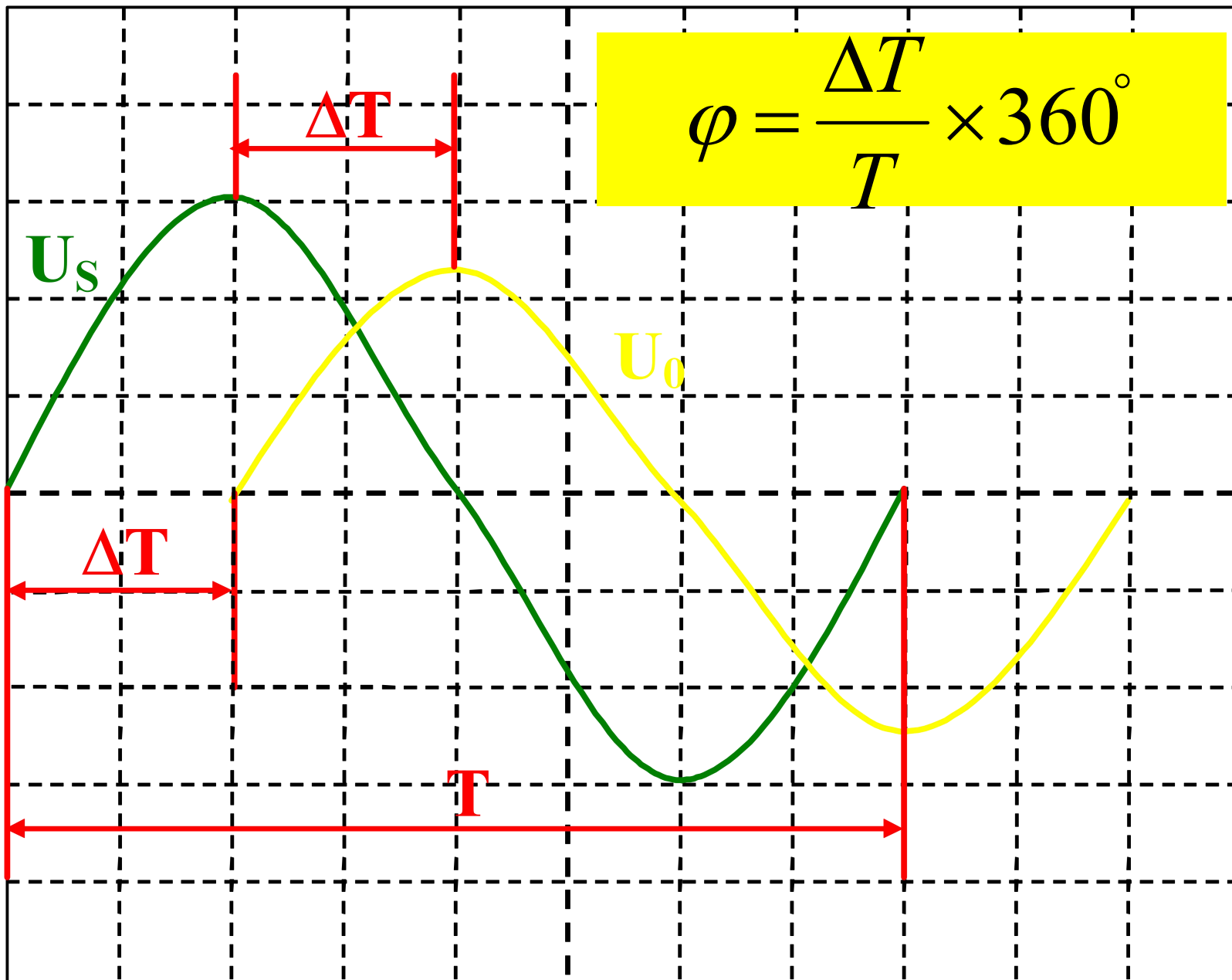
$$\text{若 } u_1 = u_{1m} \sin \omega t \quad \text{则 } u_2 = u_{2m} \sin (\omega t + \phi)$$

ϕ 为频率的函数

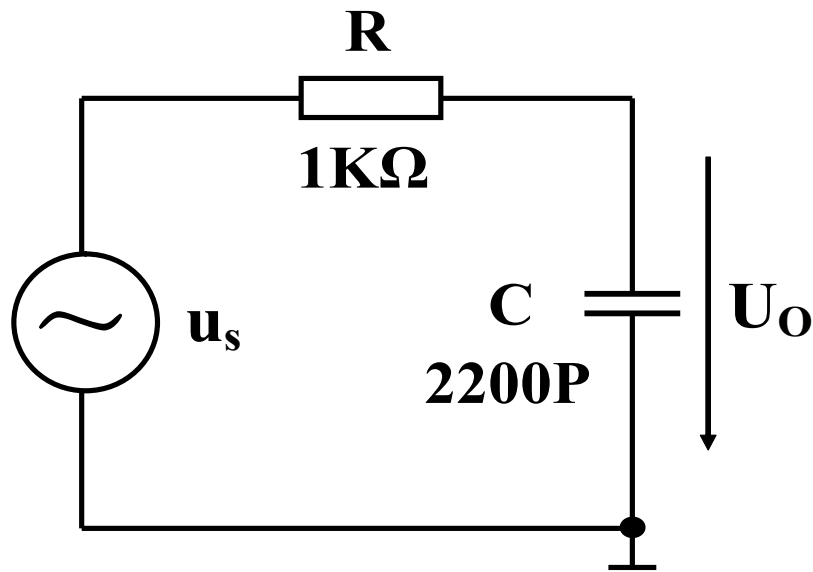
幅频相频特性逐点测试法(点频法):

双踪示波器逐点测量法：保持输入电压不变，通过改变输入信号的频率，逐点测出输出信号与输入信号的幅值(电路增益)和相位差，然后逐点描绘增益和相位差对应频率的曲线。





2、RC低通特性测试:



测试电路如上图所示，电路输入正弦信号，幅值保持2V（有效值）不变，逐点改变信号源的频率（自行取值，10KHz-300KHz之间，测量电路的幅频和相频特性曲线，并将测量结果填入下表中。

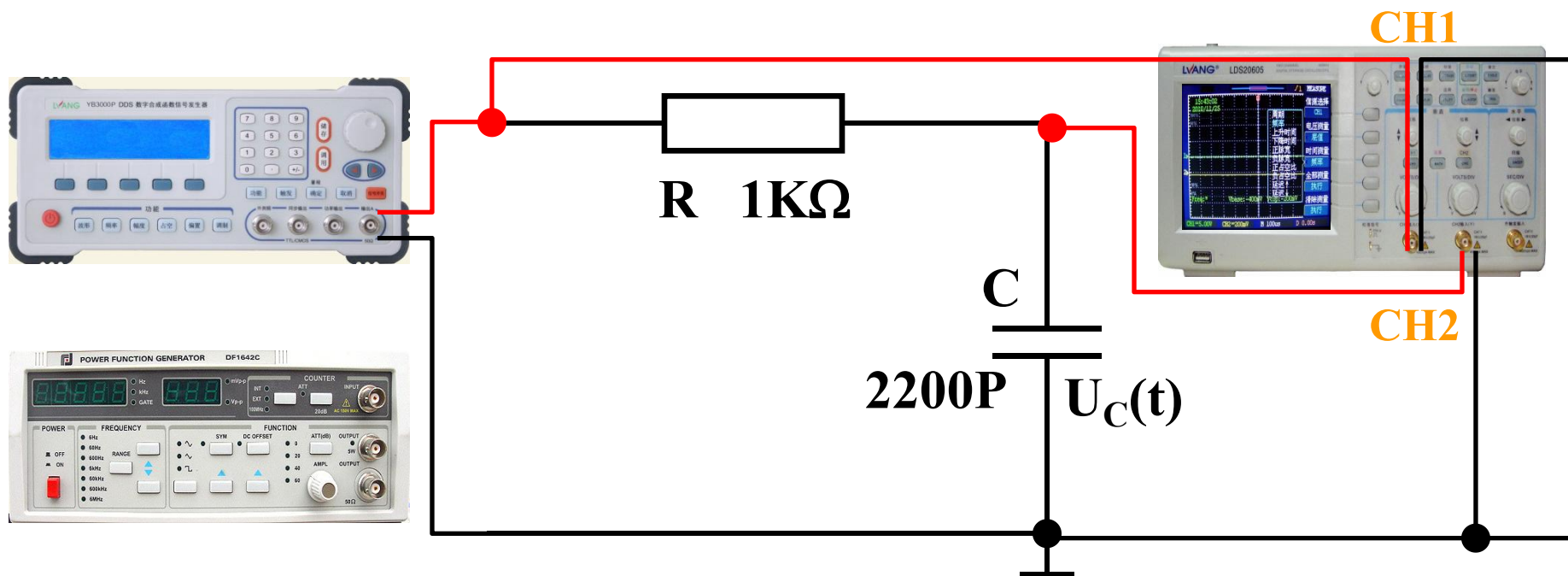
$f(\text{kHz})$									
$U_o(\text{V})$ (有效值)					1.4				
Φ									

注：1. f_0 附近因幅频、相频变化较快，选点应较密，其它点可稀疏一些。

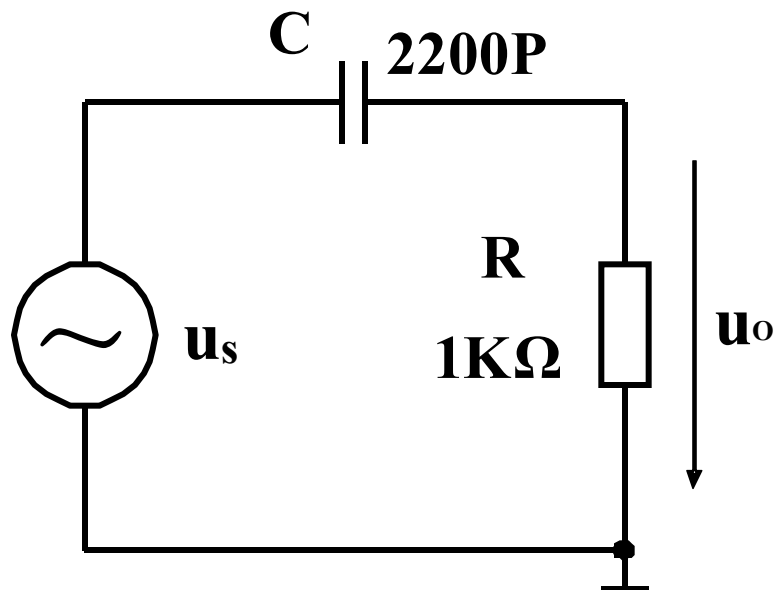
2. 判断 Φ 的正、负。

数值统一取小数点后两位！

实验电路仪器连接图



3、RC高通特性测试:



测试电路如上图所示，电路输入正弦信号，幅值保持 $2V$ （有效值）不变，逐点改变信号源的频率（自行取值， $10KHz-300KHz$ 之间），测量电路的幅频和相频特性曲线，并将测量结果填入下表中。

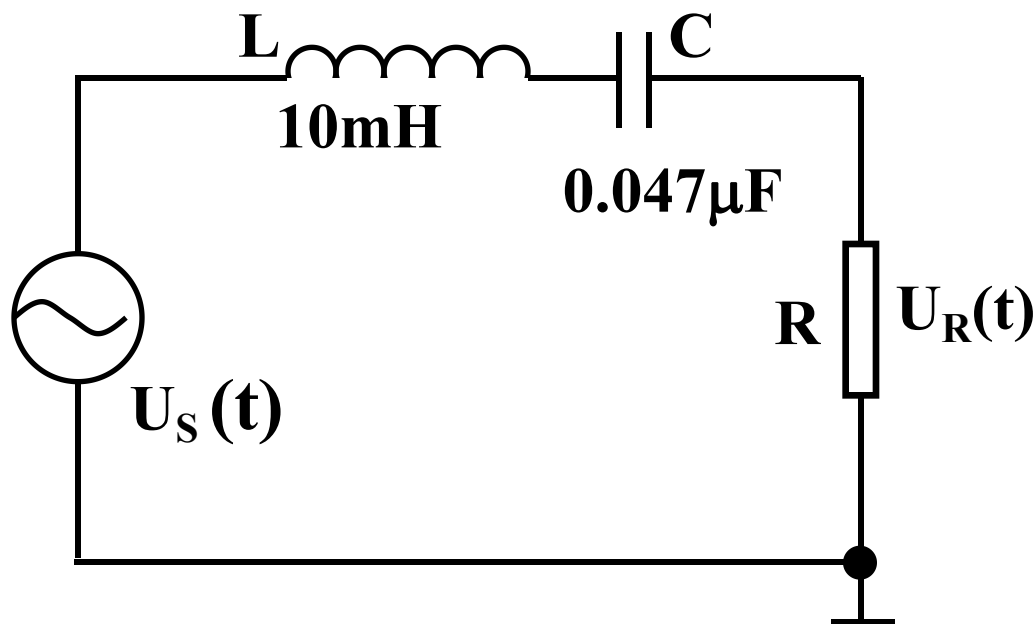
f(KHz)									
U_o(V) (有效值)					1.4				
Φ									

注： 1. f_0 附近因幅频、相频变化较快，选点应较密，其它点可稀疏一些。

2. 判断 Φ 的正、负。

4. 谐振频率和品质因数的测量:

按图所示连接电路。信号源为电压恒定的正弦信号，频率在**500Hz—140KHz**之间变化（注意用示波器监视 U_s 的大小）。



- (1) $R=510\Omega$ ，调节函数信号发生器，输出电压恒定为3V(有效值)，改变频率，观测电阻两端电压 U_R ，当其最大时，所对应的频率即为 f_0 ，同时测试半功率点频率 f_1 和 f_2 (如何测量)？，将结果记录于表中，并计算 Δf 、 Q 、 U_C ，对结果进行分析。
- (2) $R=51\Omega$ ，重复上述步骤，并将结果记录于表中。

量值 R	测量值				计算值			理论值	
	U_R	f_0	f_1	f_2	Δf	Q	U_C	f_0	Q
510 Ω									
51 Ω									

$$Q=f_0/ \Delta f$$

$$U_C= UQ$$

5. 频率特性曲线的测量:

测量电路同上, 信号源电压恒定为3V, 按表中要求测量R分别为 510Ω 和 51Ω 时的 U_R 值, 并同时用示波器观察f改变时, $U_S(t)$ 和 $U_R(t)$ 的相位差变化情况, 判断电路的性质(容性还是感性)。

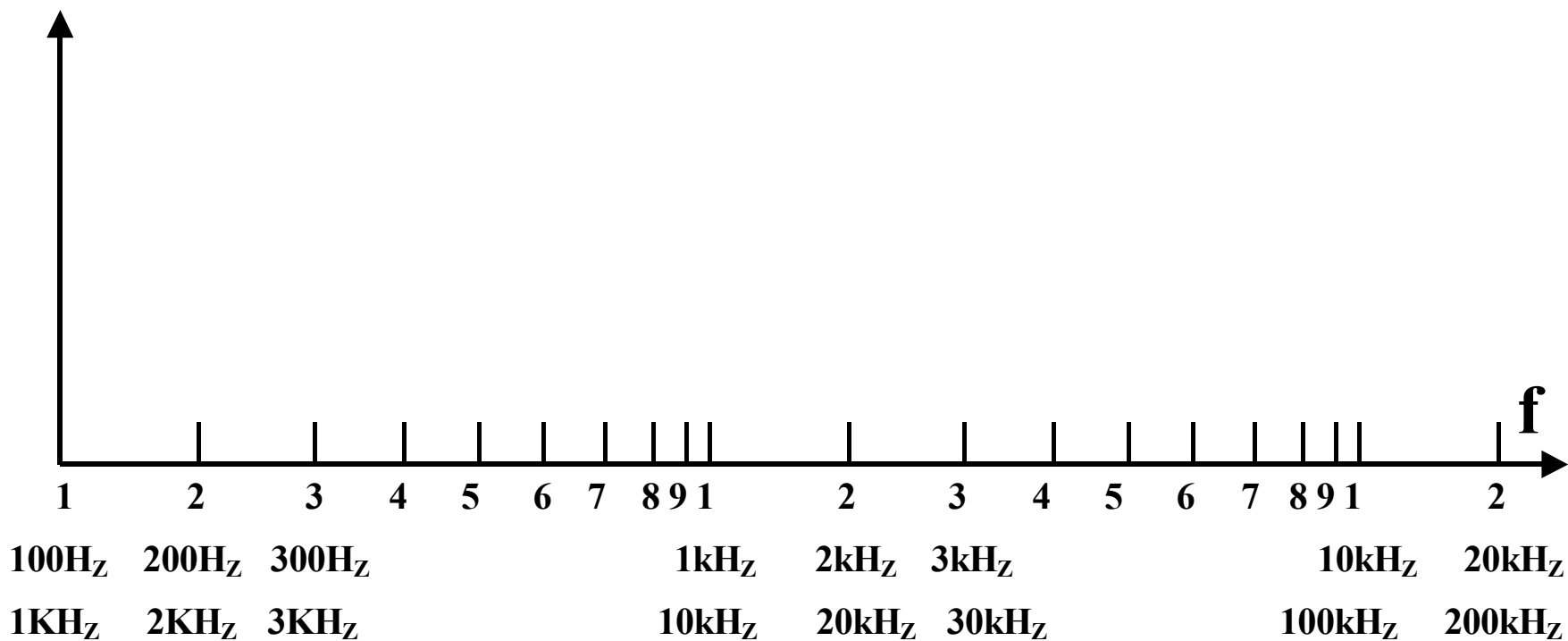
R=510 Ω											
f(Hz)						f ₀					
						?					
U _R (V)											
I= U _R /R											
电路性质											

R=51Ω											
f(H_Z)						f₀					
U_R (V)											
I= U_R/R											
电路性质											

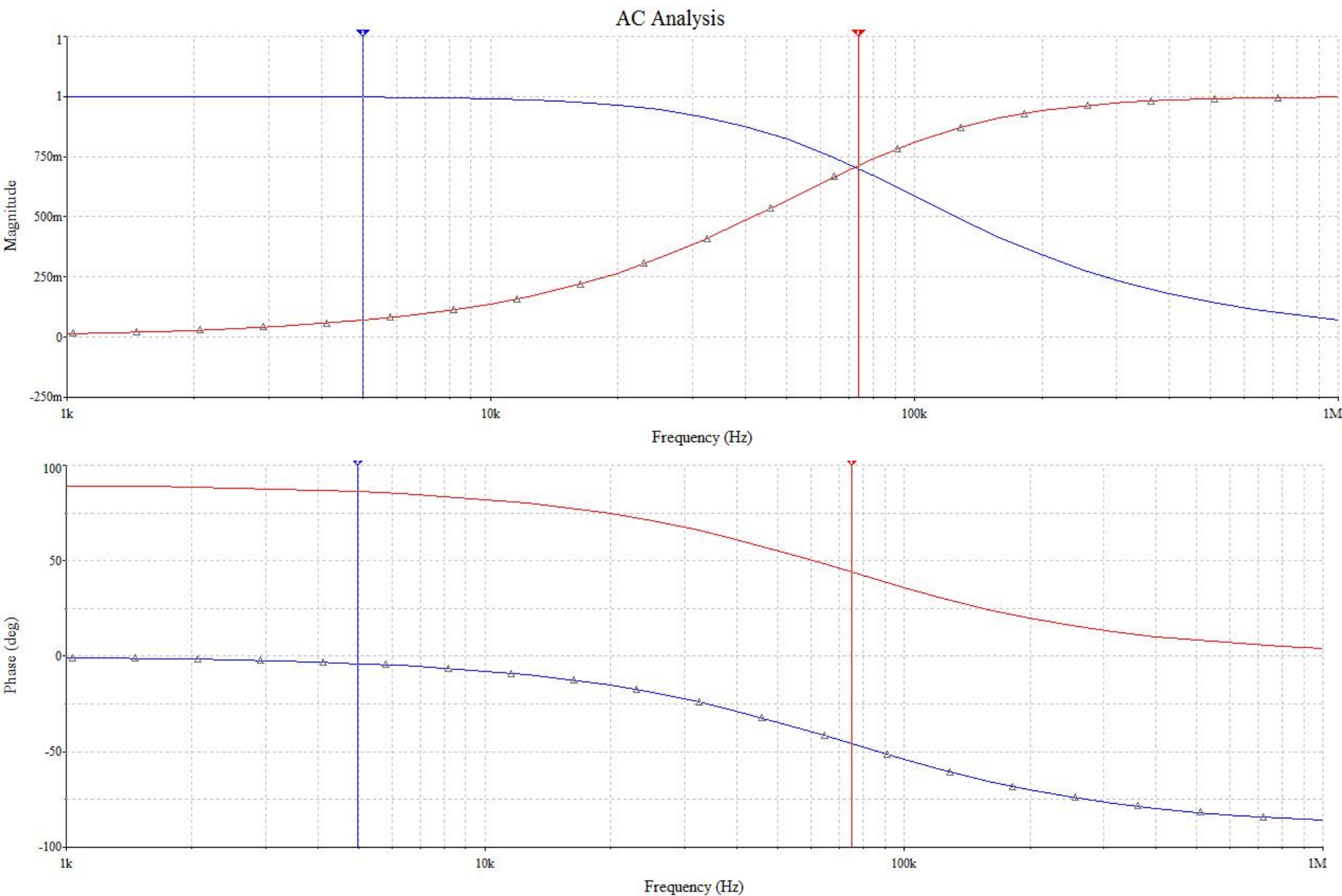
注： 在f₀附近应多取一些值。

五、实验报告:

- 1、用半对数坐标纸画出低通和高通电路的幅频和相频特性曲线，并标出 f_0 值，与理论值进行比较。实验数据要有相关的数据处理表格，表中应注明测试条件及相关参量的值。
2. 整理串联谐振电路的实验数据，记录于相应的表中。根据实验数据绘制 I - f 曲线图(标出 f_0 、 I_0)。
3. 讨论比较谐振频率 f_0 、 Q 值的理论计算值与实验测试值，进行结果、误差分析



半对数坐标纸画出幅频和相频特性曲线理想



半对数坐标纸画出幅频和相频特性曲线实际

