

实验 5 RLC 交流电路测量实验报告

一、 实验目的

- 1、熟悉测量 R 、 L、 C 元器件的交流电压、电流。
- 2、熟悉测量 RLC 串联和并联交流电路的电压、电流。

二、 实验仪器设备和器材

1. 实验仪器

直流稳压电源型号： IT6302

台式多用表型号： UT805A

信号发生器型号： DG1022U

数字示波器型号： DSO-X 2012A(DPO 2012B)

2. 实验（箱）器材

电路实验箱

元器件：电阻（10Ω、470Ω、1k);电容(0.1);电感(10mH)

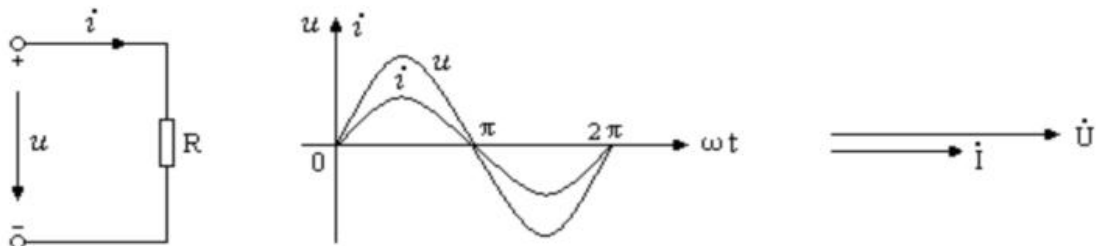
3. 实验预习的虚拟实验平台

NI Multisim

三、 实验原理

1. 电阻元件 R

线性电阻元件 R 中的电流 i 与其两端的电压 u 关系：



正弦稳态激励信号：

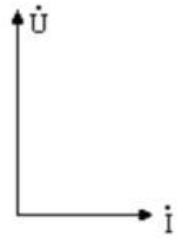
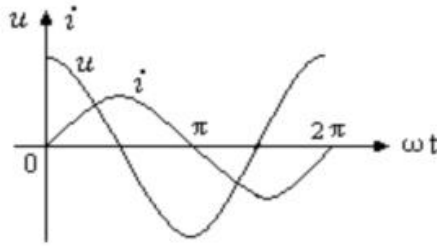
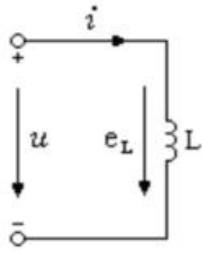
$$u = U_m \sin \omega t$$

$$i = \frac{U_m}{R} \sin \omega t$$

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{R}$$

2. 电感元件 L

电感线圈电路中通过的电流 i 与其两端的电压 u 关系：



$$u = U_m \sin \omega t$$

$$i = \frac{U_m}{X_L} \sin(\omega t - 90^\circ)$$

$$X_L = \omega L$$

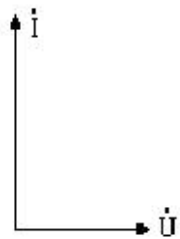
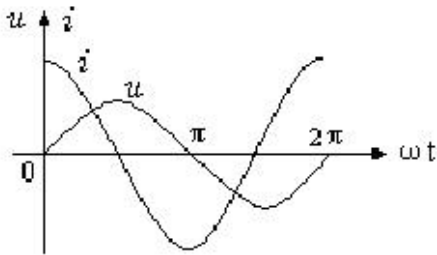
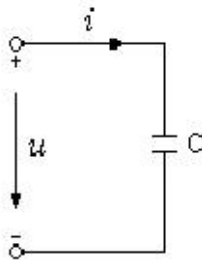
$$\phi_L = -90^\circ$$

$$\dot{i} = \frac{\dot{U}}{X_L} \quad \dot{X}_L = j\omega L$$

3. 电容元件 C

电容器电路中的电流 i 与其两端的电压 u 关系:

系:



$$u = U_m \sin \omega t$$

$$i = \frac{U_m}{X_C} \sin(\omega t + 90^\circ)$$

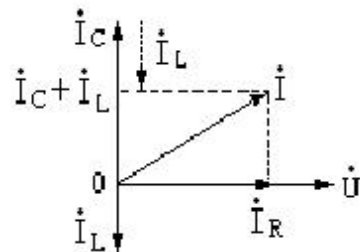
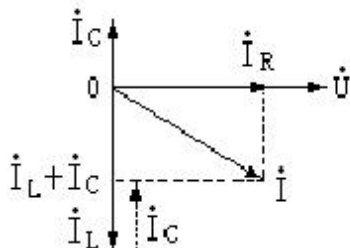
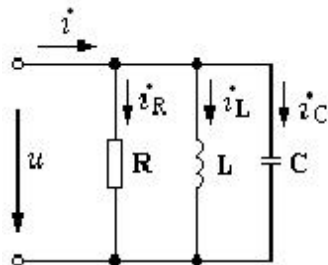
$$X_C = \frac{U_m}{\omega C}$$

$$\phi_C = 90^\circ$$

$$\dot{i} = \frac{\dot{U}}{X_C} \quad \dot{X}_C = \frac{1}{j\omega C}$$

4. RLC 并联交流电路

电路中通过的电流 i 与其两端的电压 u 关系:



$$u = U_m \sin(\omega t + \phi)$$

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

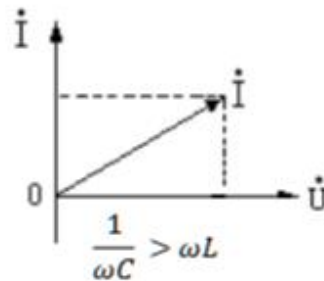
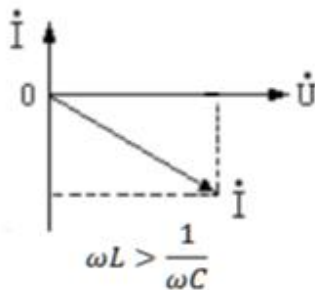
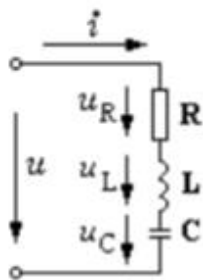
$$\varphi = \text{tg}^{-1} \frac{\omega C - \frac{1}{\omega L}}{R}$$

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{X_Z}$$

$$\dot{X}_Z = \frac{1}{\frac{1}{R} + j\omega C - j\frac{1}{\omega L}}$$

5. RLC 串联交流电路

电路中通过的电流 i 与其两端的电压 u 关系：



$$u = U_m \sin \omega t$$

$$i = \frac{U_m}{X_Z} \sin (\omega t$$

+ ϕ)

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

$$\varphi = \text{tg}^{-1} \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$$

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{X_Z}$$

$$\dot{X}_Z = R + j \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)$$

四、

五、 实验内容和步骤

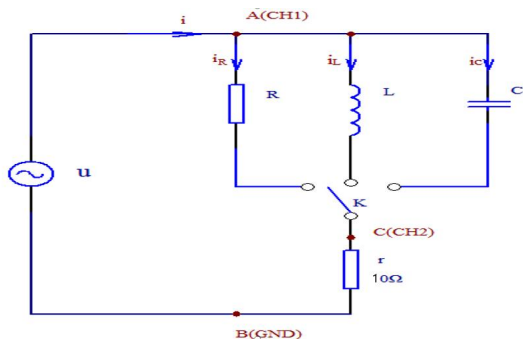
1. 分别观测电阻 R 、电感 L 、电容 C 正弦交流响应，测量电压与电流波形、幅值、频率、相位差 φ 。分析：比较直流交流响应的特点；元器件的阻抗与交流频率的关系，不同元器件的阻抗及阻抗角。
2. 测量 R L C 并联和串联交流电路的电压与电流波形、幅值、相位差 φ 。分析：交流线性电路的电压电流及阻抗关系与直流电路相同，只是这些参数应用向量表示，电压（电流）之和是矢量之和。
3. （选）测量计算功率因数 $\cos \varphi$ ，分析：功率因数的意义及测量方法。

1. 测量电阻电感电容交流响应

将信号发生器输出的正弦信号接至电路，作为激励源 u ，在正弦稳态信号 $u(5V$ 或 $3V$ $4kHz$) 激励下,分别测量 $R(470\Omega$ 或 $1k)$ 、 $L(10mH)$ 、 $C(0.1\mu f)$ 元件端电压与电流波形及参数：峰峰值 U_{p-p} (u_{p-p})，频率 $f(T)$ 和相位差 φ 。同时改变信号频率，观测波形及参数的变化（ $r(10\Omega)$ 是提供测量回路电流用的取样电阻，电流测量值 $i=u_r/r$ ）。

分别将开关拨到 R 、 L 、 C 进行测量，并记录 u ， u_r 波形。

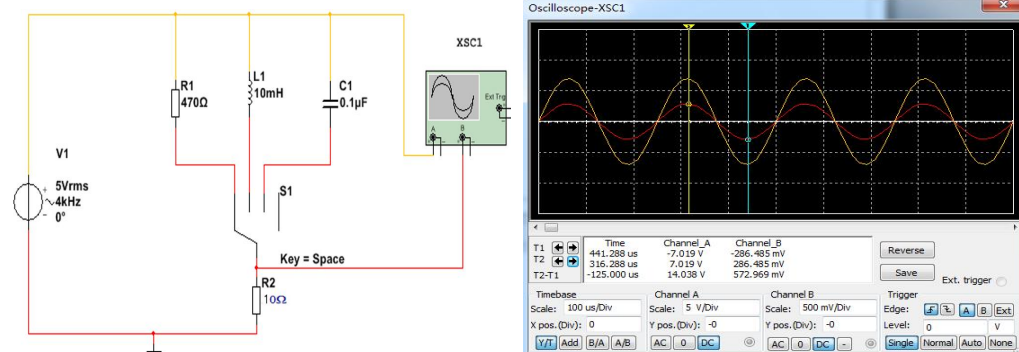
（可不要开关，将取样电阻直接改接到被测器件测量）



注：示波器可测量交流信号波形及其峰峰值频率和相位差；万用表可测量正弦信号有效值，精度高。

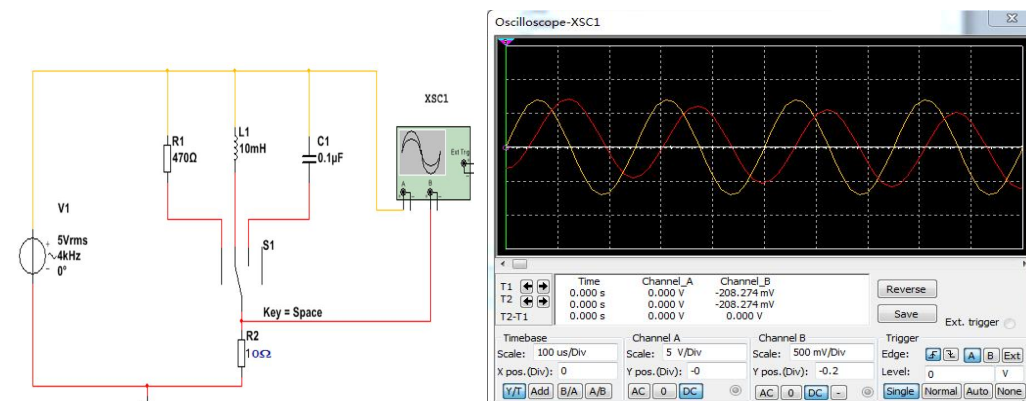
a.电阻 R

- 电流与端电压相位相同
- 与阻值成反比
- 与频率无关



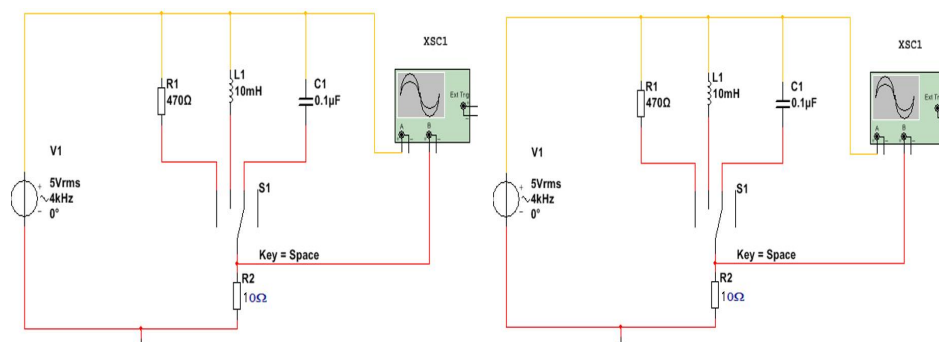
b.电感 L

- 电流落后端电压 90°
- 与电感值成反比
- 与频率成反比



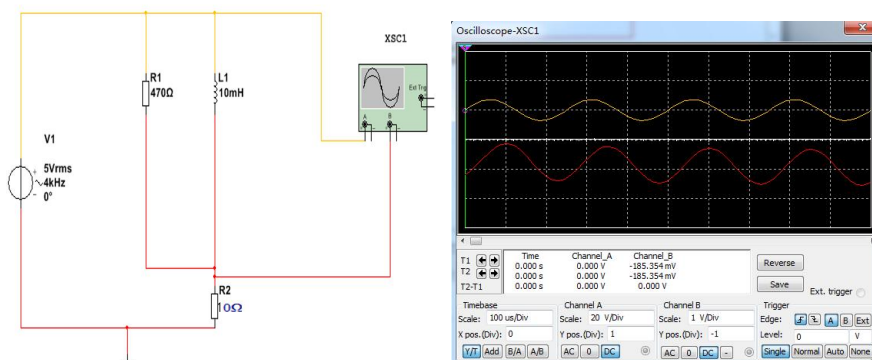
电容 C

- 电流超前端电压 90°
- 与电容值成正比
- 与频率成正比



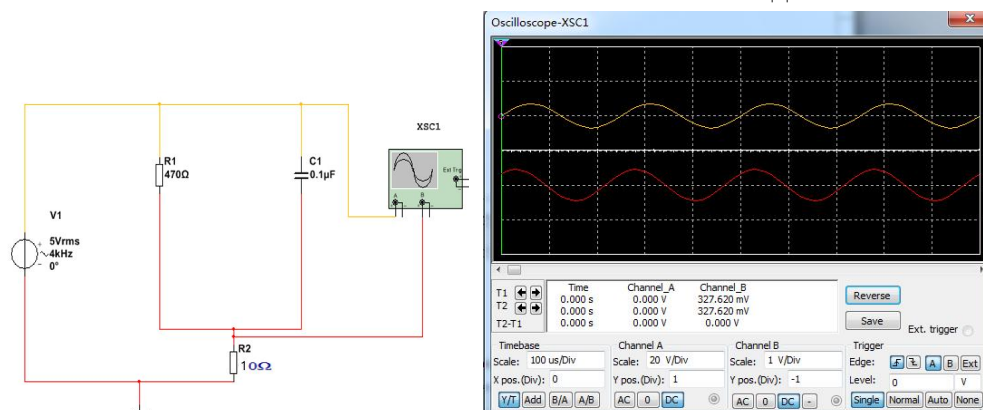
2. RLC 并联电路测量

a. 将元件 R、L 并联相接，测量电压和电流的波形及参数： u_{R-p} ，相位差 φ 。



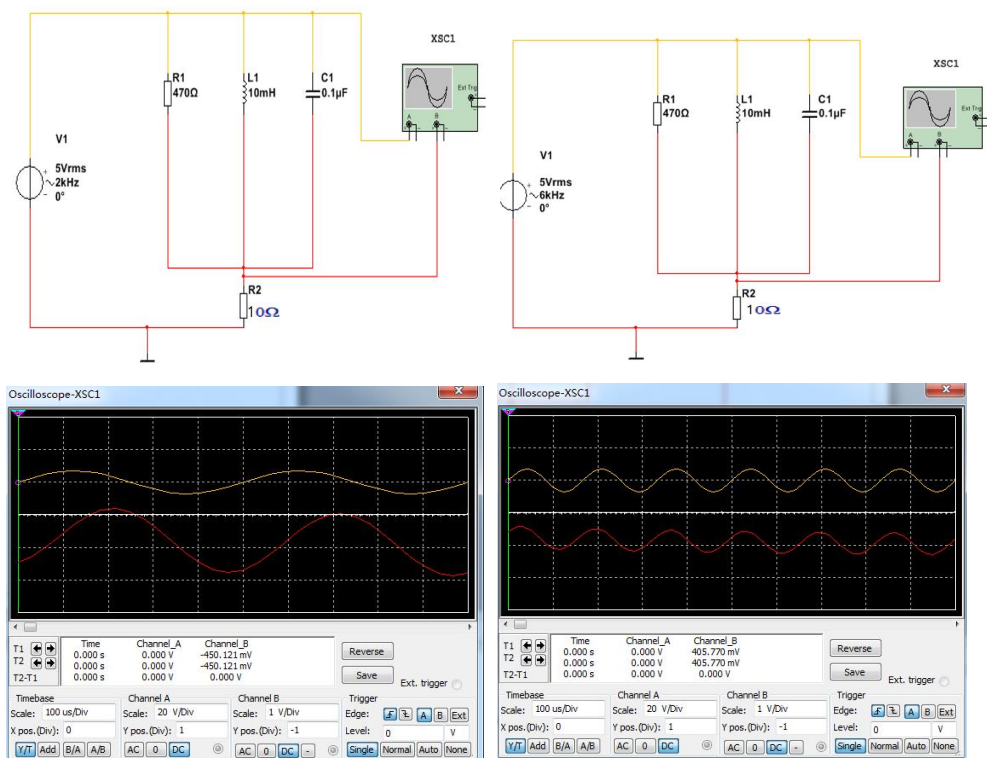
- 分别测量元件 R 和 L 的电流。

b. 将元件 R、C 并联相接，测量电压和电流的波形及参数： u_{R-p} ，相位差 φ 。



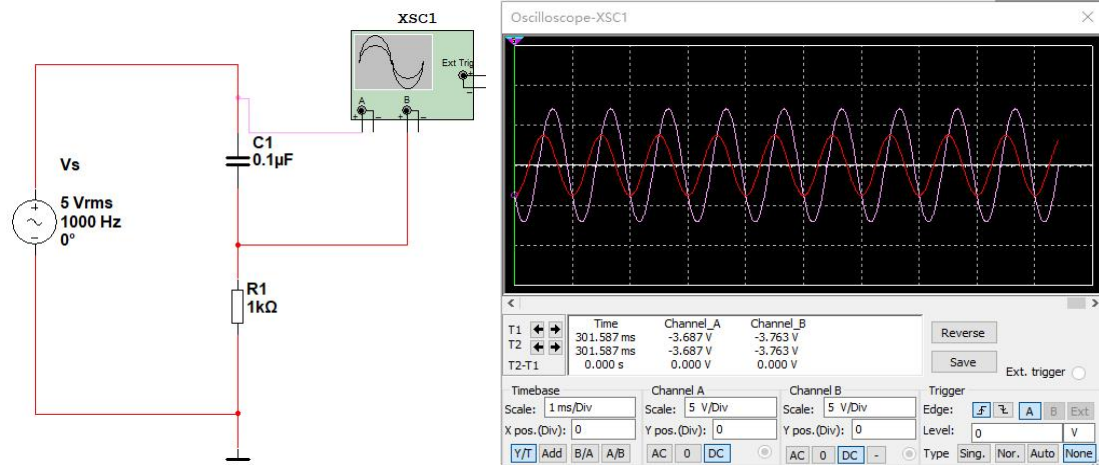
- 分别测量元件 R 和 C 的电流。

c. (选) 将元件 R、L、C 并联相接，测量电压和电流的波形参数： u_{R-p} ，相位差 φ 。根据电压、电流的相位差可判断电路是感性还是容性负载。



3. RLC 串联电路测量

a. 将元件 R 、 C 串联相接，测量电压和电流的波形及参数： $i = u_R / R$ ，相位差 φ 。记录 4kHz 的参数。



分别测量元件 R 和 C 的电压， $u_C = u(CH1) - u(CH2)$

b. 自行设计电路进行 R 、 L 串联电路测量

c. (选) 自行设计电路：将元件 R 、 L 、 C 串联相接，改变输入信号的频率(1kHz-10kHz) (u 幅度不变)，观察电压 u_R 、 u_C 、 u_L 、电流 $i(u_R/R)$ 的波形及参数的变化。

测量电压和电流的波形参数： u 、 i 、相位差 φ ；

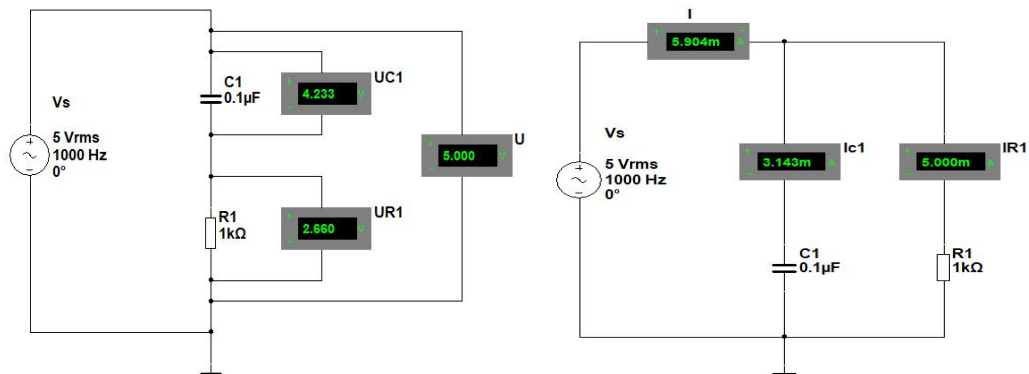
根据电压、电流的相位差判断电路是感性还是容性负载，

测量计算电路的阻抗和阻抗角（即相位差 φ ），

测量计算电路的功率因数（ $\cos \varphi$ 值）。

■ 交流信号幅值可用通用仪表测量，提高精度：

$$U = \sqrt{U_{C1}^2 + U_{R1}^2} \quad I = \sqrt{I_{C1}^2 + I_{R1}^2}$$



六、 实验数据

RLC 实验数据波形记录

激励信号频率改变时,观测测量参数的变化,记录 4kHz

时数据 (本表记录元器件及并联测量值,串联测量值自行列表记录)

u 波形	i (ur) 波形	U 不变改变 f	I 的变化	ϕ 的变化	u 4kHz		I(ur/r) mA 4kHz		ϕ ° 4kHz	阻抗 4kHz
					测量值	计算值	测量值	计算值	测量值	测量值
R	0.9us 正弦	同相	几乎不变	几乎不变	2.66	5.66	5.692	0	0	467.32
L	0.9us 正弦	落后 69.5°	频率变大, 电流变小, 反之变大	频率变大, 相位变大, 反之变小	2.74	10.92	10.526	-90	-69.5	260.31
C	0.9us 正弦	超前 81.6°	频率变大, 相位变	频率变小, 相位变	2.95	7.41	7.95	90	81.6	371.07

				大, 反之 变大	小, 反之 变小						
RL	R	0. 9us 正弦	同相	频率 变 小, 电 流 变 大。 反之 变 小	频率 变 小, 相 位 变 小, 反 之 变 大	2. 49	5. 298	5. 456	0	0	456. 38
	落后 63°		9. 92				9. 445	-90	-63	263. 63	
	落后 44°							11. 296	-90-0	-44	220. 43
RC	R	0. 9us 正弦	同相	频率 变 大, 电 流 变 大。 反之 变 小	频率 变 大, 相 位 变 小。 反 之 变 大	2. 65	5. 638	5. 481	0	0	483. 49
	超前 83°		6. 658				6. 922	90	83	382. 84	
	超前 49°							9. 044	0-90	49	293. 01

七、 实验结论

1. 电阻电流与电压同相, 电感电流落后其电压 90°, 电容电流超前其电压 90°, 并联交流电路总电流等于各支路电流之和, 串联交流电路总电压等于各元件电压之和。
2. 测量 R 、 L 、 C 各个元件的电压电流 (阻抗角) 时, 为什么要串联一个小电阻? 对电阻有何要求。

原因是电流不容易测量, 采取串联小电阻的方法先测出电阻上的电压, 再计算出电流值。要

求是电阻要较小。

3. 怎样判断 RLC 并联（串联）电路为感性或容性电路，跟哪些参数有关？

先设电容的电容值为 C ，电感的电感值为 L ，在并联的情况下，由于电容和电感并联，电路的复阻抗 Z 表达式为 $1/Z = j\omega C + 1/j\omega L$ ， $Z = j * (\omega L / (1 - \omega^2 LC))$ ，因此当 $\omega L / (1 - \omega^2 LC)$ 大于 0 时，该电路为感性；当 $\omega L / (1 - \omega^2 LC)$ 小于 0 时，该电路为容性。