

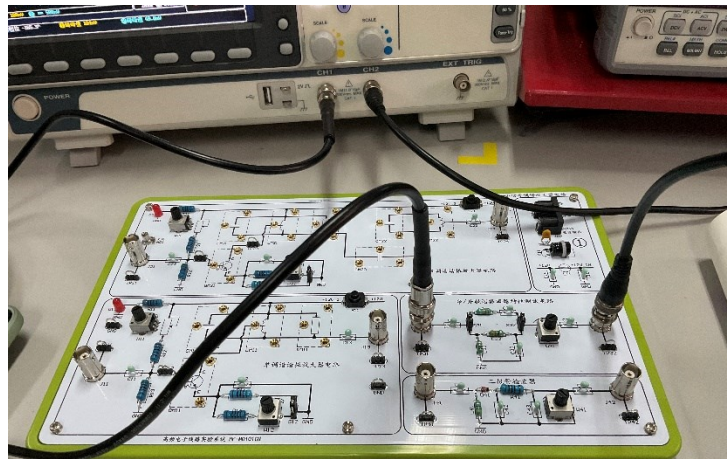
# 高频实验报告（串并联谐振回路）

## 一、实验目标

1. 测得 LC 串联、并联谐振回路的谐振频率、通频带
2. 逐点法测量并绘制 LC 串联、并联谐振回路的幅频特性曲线、记录数据表格  
(使用对数坐标, 参考模电章节)
3. 定性绘制并分析 LC 串联、并联谐振回路的相频特性曲线

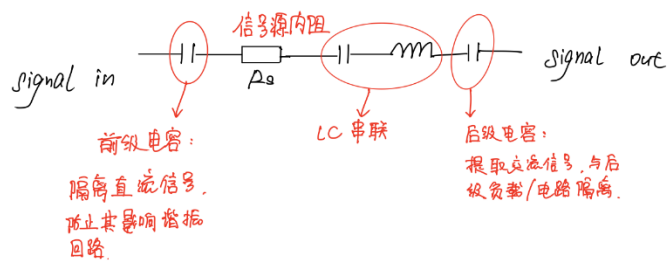
## 二、实验原理分析

### 1. 实验板原理图分析

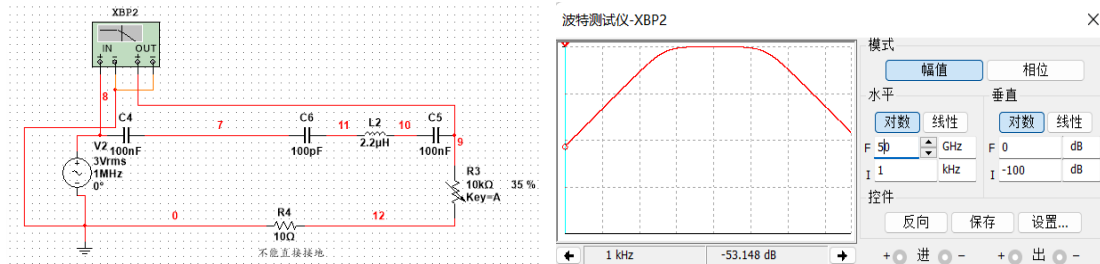
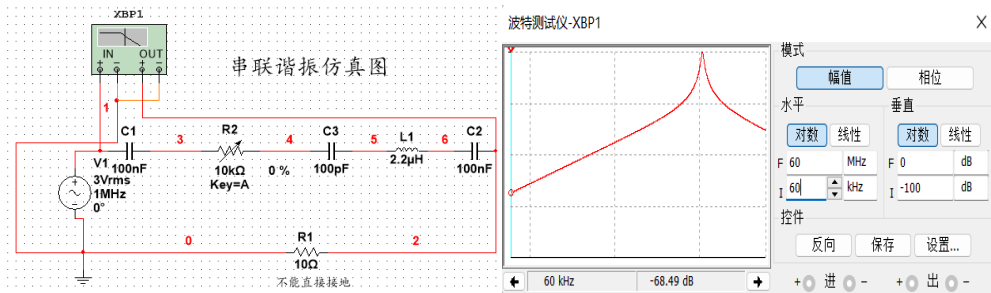


### ☑ 串联谐振

原理图元件解析 - 串联谐振

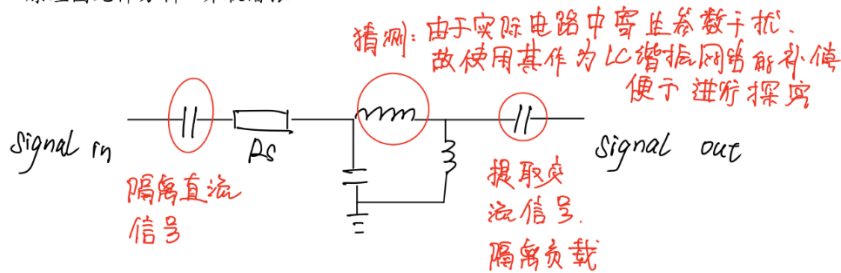


- **分析:** 前后级较大容值的电容, 主要起到隔离直流信号与提取交流信号的作用; 等效信号源  $R_p$  (等效信号源电阻与连线电阻, 寄生参数等), 可通过改变其数值来控制电路的  $Q$  值, 我们从公式  $Q = \frac{\sqrt{L/C}}{R_p}$  可以看出, 如果  $R_p$  增大, 则谐振网络的  $Q$  值也相应减小。我在后期 Multisim 中也进一步进行仿真验证, 如果  $R_p$  过大, 实际上电路就变为通频带非常大(几十 M)的带通滤波器。

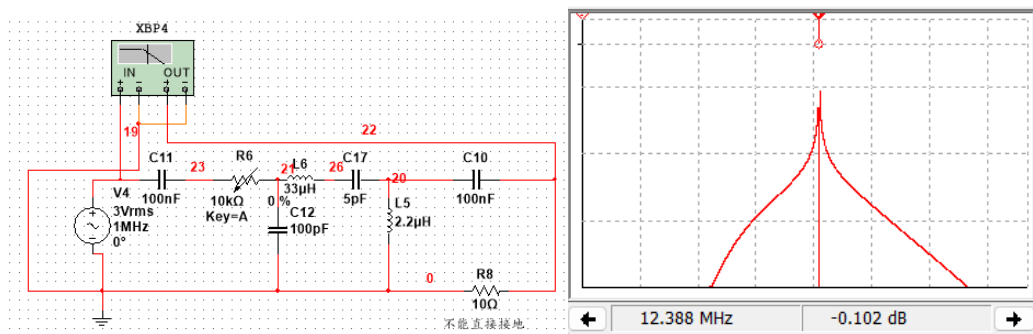


### ☑ 并联谐振

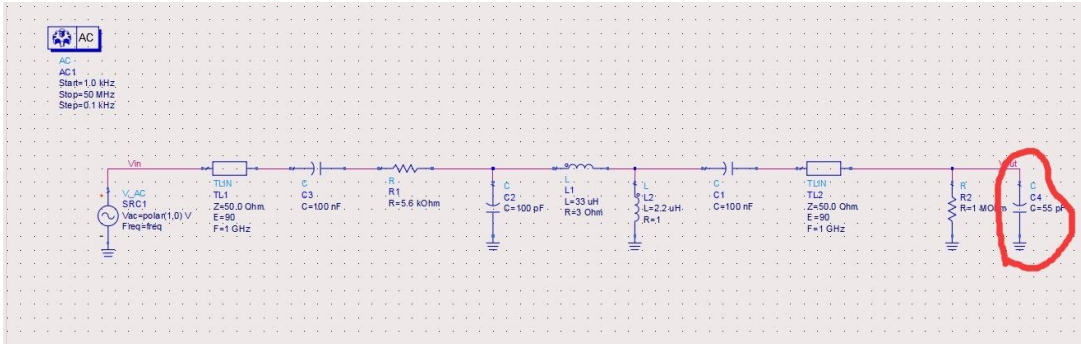
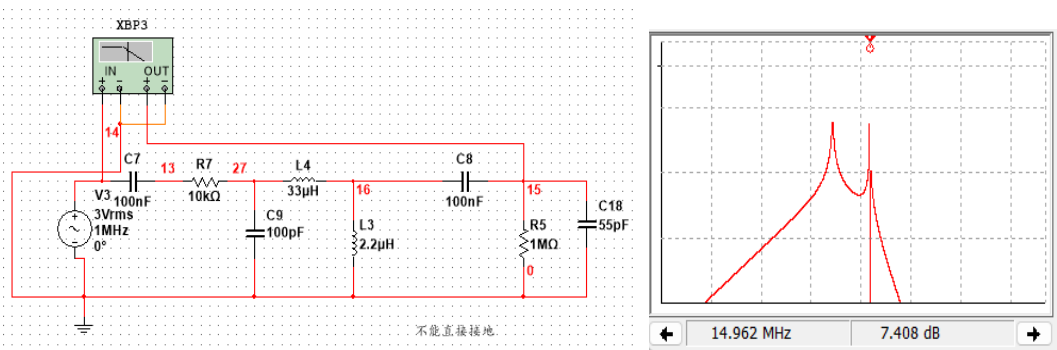
原理图元件分析 - 并联谐振



- **分析:** 前后级的电容和串联谐振网络的作用相同, 起到耦合的作用。回路等效损耗电阻  $R_W$ , 可以通过其调整整体谐振电路的  $Q$  值,  $Q = \frac{R_p}{\sqrt{L/C}}$ , 重点是什么并联谐振网络中需要多出上面那个较大的电感 (感值 33uH), 通过仿真分析后得知应该是因为实际电路中存在寄生参数的原因, 使得整体电路没有特别好的谐振特性, 加入其主要起到补偿的作用, 便于实验探究。同时考虑其引入的 ESC (寄生电容...), 我们也发现得到的仿真中心频率接近于实验的中心频率



除此解释之外，还有另外一种解释：考虑示波器的输入电容，其数值也会影响谐振的中心频率



三、 实际实验数据与分析

(1) 串联谐振

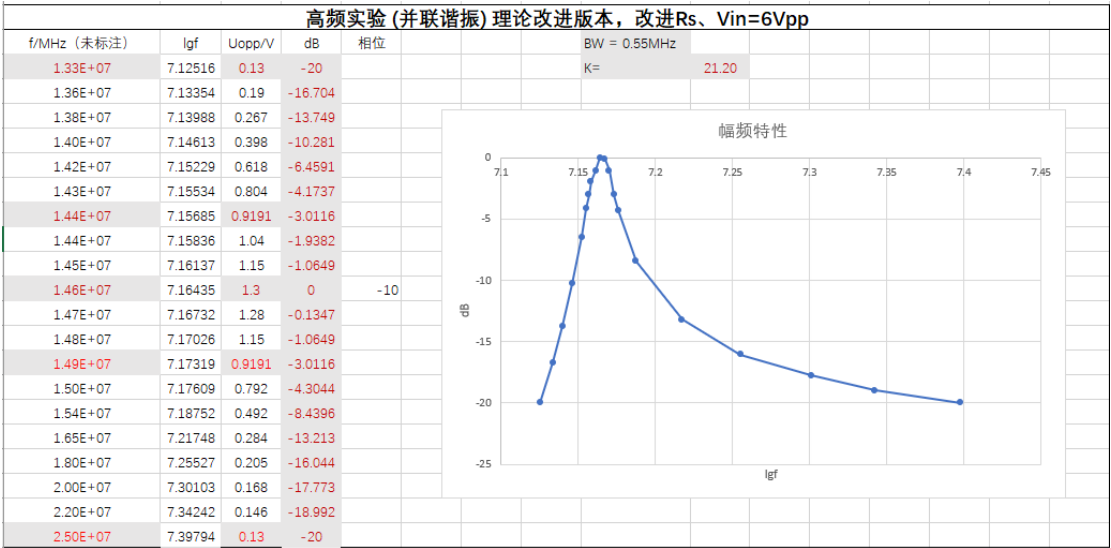


— 观察实际实验数据可以得出，串联谐振的中心频率为 12M，而我们通过实际算得的 10.7M 有一定偏差，结合理论课提到的示波器输入电容，我们通

过仿真发现视示波器输入电容为 55pF，仿真得到的中心频率为 11.8M，故实际测量误差可以通过此来解释。

- 观察串联谐振的幅频特性曲线，可以看出其并不是与理论课一样的完全对称曲线，其在低频段滚降较慢，高频段衰减较快。这个现象可以这样解释：电容、电感相对数值不对等的原因，我们通过谐振中心频率的计算公式  $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  可以看出电容电感数值同时改变，中心频率可能不会变，但电感。电容的取值显然会影响谐振特性；而电路原理图中的电感为 2.2uH 可以说是较大的电感，而串联谐振网络在高频段是感性，而电路呈现的感性较强，故高频段衰减较快

(2) 并联谐振

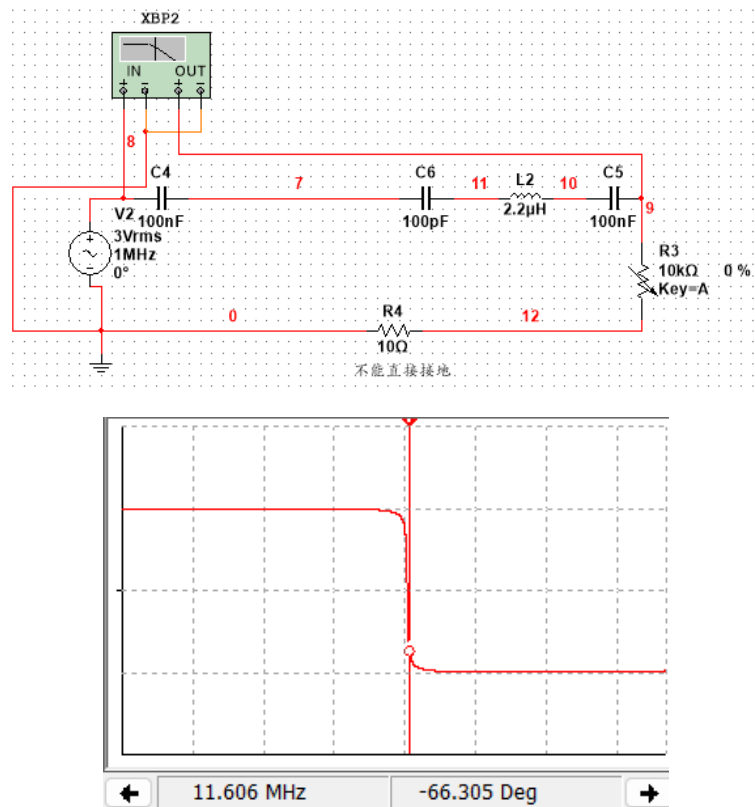


- 测量并联谐振幅频特性的过程中，我们并没有直接设计好很好的测量参数，由于我们刚开始设置的 RW、Vopp 不合适，同时信号发生器不能产生 30M 以上的信号，所以我们无法测量其 BW0.1，也就不无法计算矩形系数，所以我们对 RW、Vopp 进行一定的数值调整，并重新进行实验，得到上述的结果。
- 观察并联谐振的幅频特性曲线，可以看出其并不是与理论课一样的完全对称曲线，其在低频段滚降比较快，高频段衰减较慢。这个实验现象可以用两个角度来解释：①实验图像可以看作是对称的幅频特性曲线，加了 HPF（可以从电路原理图等效出高通滤波器），从而使得呈现低频衰减较快的图像②电容、电感相对数值不对等的原因，我们通过谐振中心频率的计算

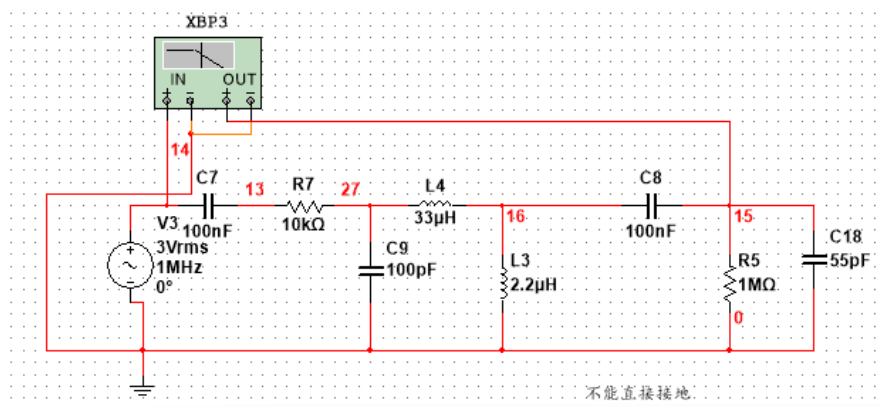
公式  $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  可以看出电容电感数值同时改变，中心频率可能不会变，而电路原理图中的电感为 2.2uH 可以说是较大的电感，而并联谐振网络在低频段是感性，而电路呈现的感性较强，故低频段衰减较快

#### 四、相频曲线分析

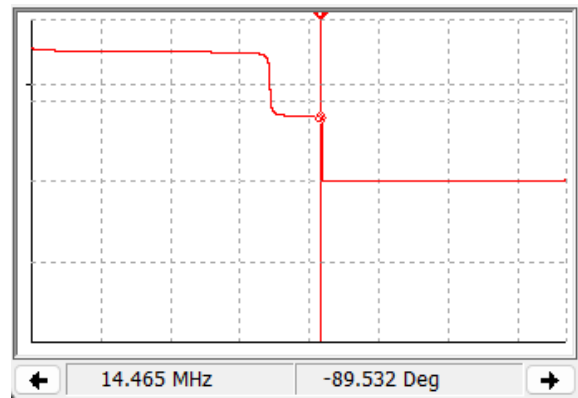
##### (1) 串联谐振 - 相频



##### (2) 并联谐振 - 相频



仿真原理图（考虑示波器的输入电阻、电容）



- 由于之前在 408 实验室，示波器无法较精确地测量相位，所以我在采取仿真的方式对其进行研究。
- 分析（为什么串联谐振的相位与并联谐振的相位图是近乎一样？）：  
从理论课教学来讲两者不应该是正好相反的吗？但是研究相频曲线首先需要设定好研究什么的相频特性（电流 or 电压），为了使得结论的归纳性更好，取串联谐振回路的相角  $\Phi$  是指回路电流  $I$  与信号源电动势  $V_s$  的相位差，当  $I$  超前与  $V_s$  时， $\Phi > 0$ ，此时回路阻抗为容性， $\omega < \omega_0$ ；并联谐振回路的相角  $\Phi$  是指回路端电压  $V$  与信号源电流  $I_s$  的相位差，当  $V$  超前于  $I_s$  时， $\Phi > 0$ ，此时回路阻抗为感性， $\omega < \omega_0$ 。从这个角度分析，实际上两者测得的相图即使一样，也不一定是错误的
- 分析（为什么考虑示波器输入电阻电容后，在中心频率后还有一个相位突变）：应该是这边可以看成接入了一个 RC 移相器或者接入了另一个谐振网络（从幅频的双峰也可以推测），使得原来稳定的相位继续发生变化。在串联谐振网络的仿真中我也发现如果  $R_w$  不为 0，则相频图会发生变化（类似于接入一级 RC 移相器，受其影响）

