射频电路开发培训

第四讲 谐振电路

主讲：汪　朋
QQ：3180564167

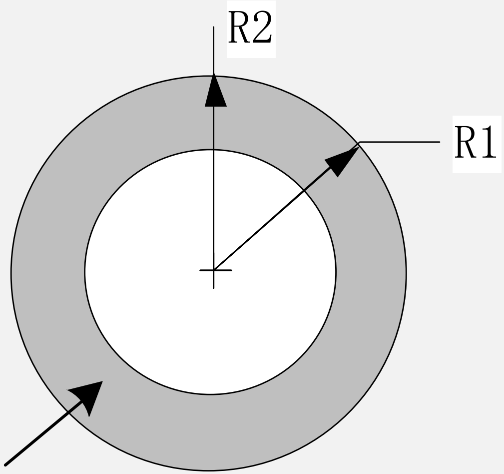
目录页

Part 1

元件系统

导体趋肤效应

高频环境下，导体边沿附近电流密度增大的现象称为趋肤效应

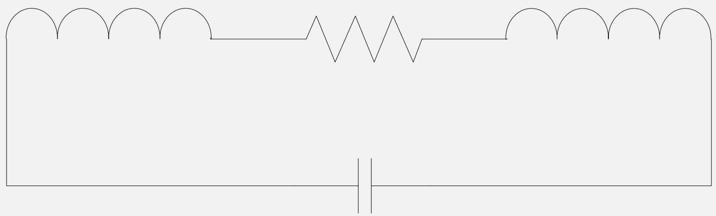


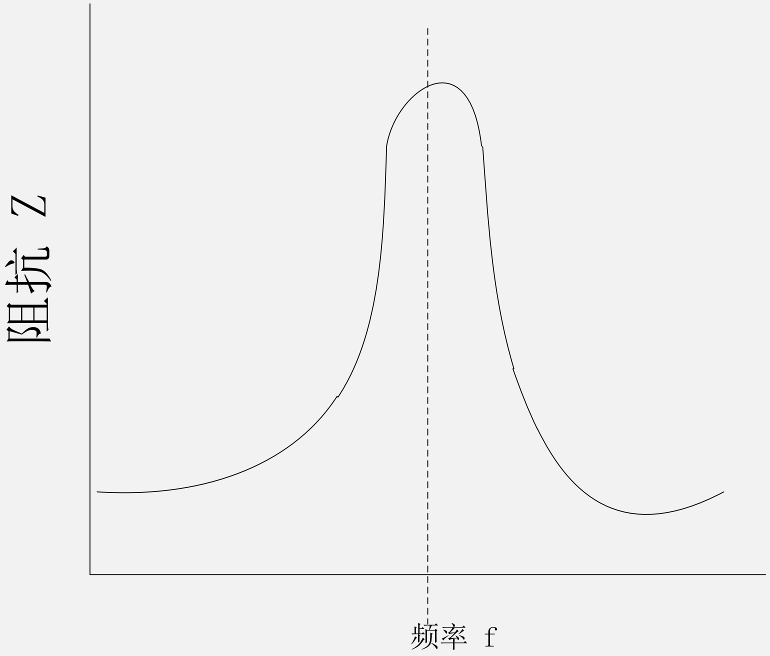
趋肤效应的研究意义？

谐振电路

电阻

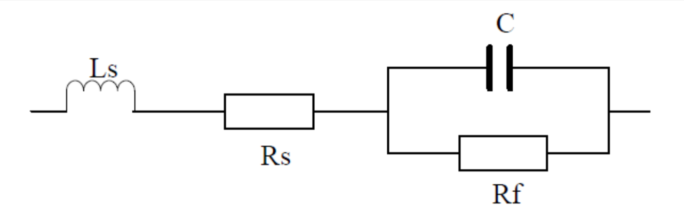
金属膜电阻

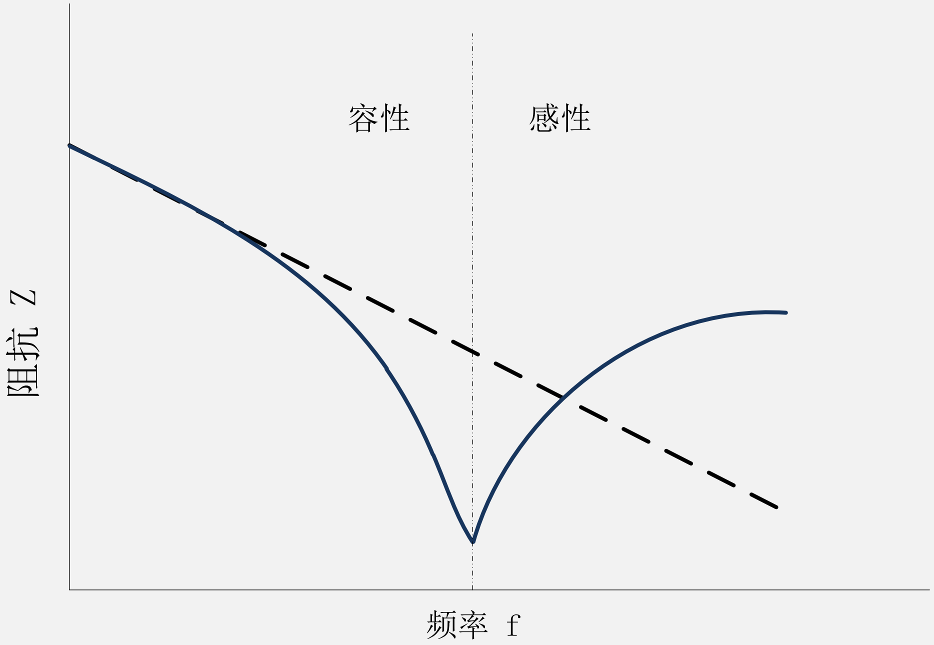




谐振电路

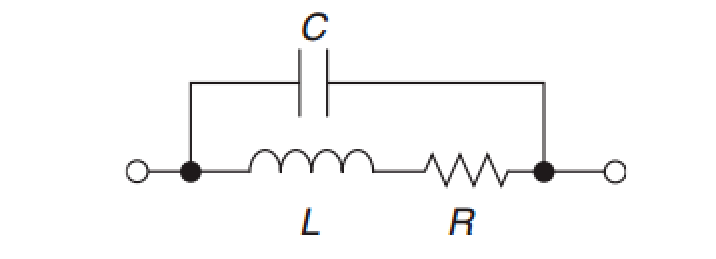
电容

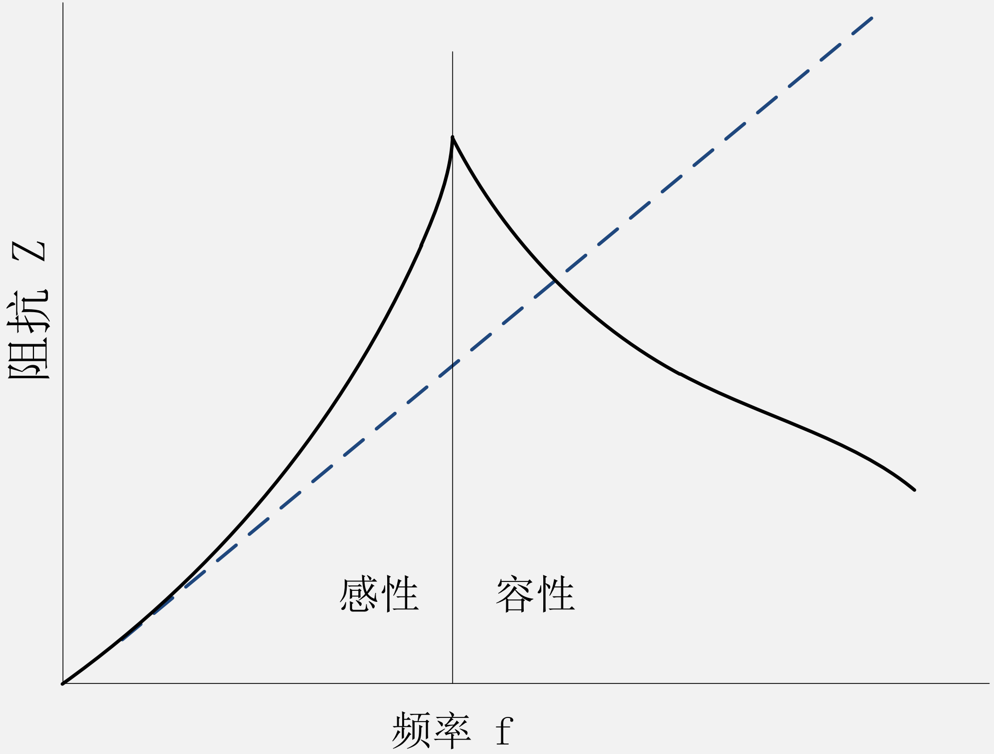




谐振电路

电感



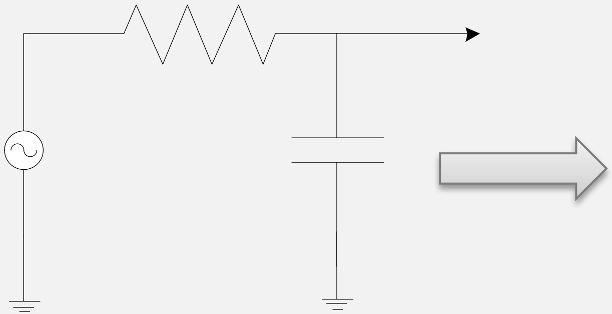


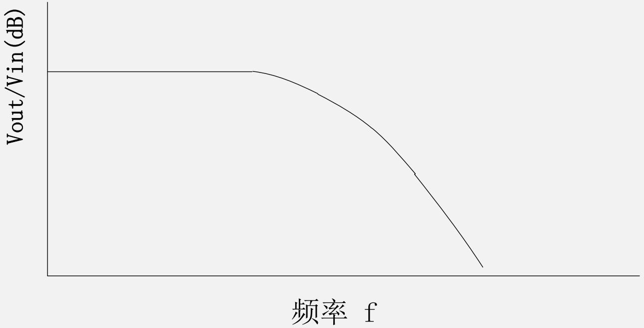
Part 2

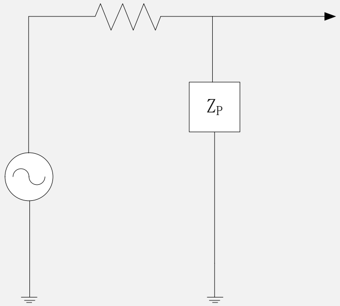
谐振电路

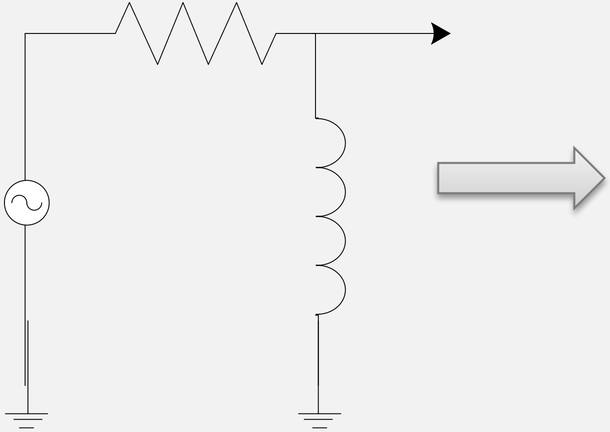
谐振电路

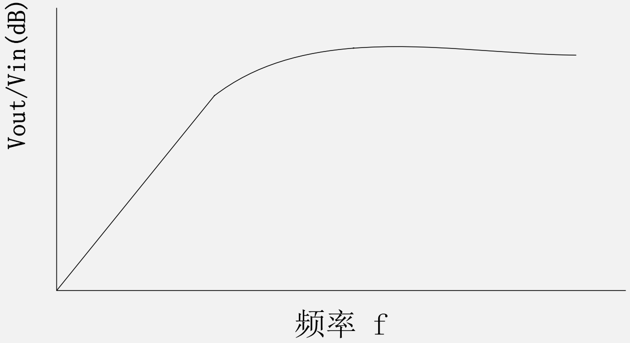
谐振电路本质





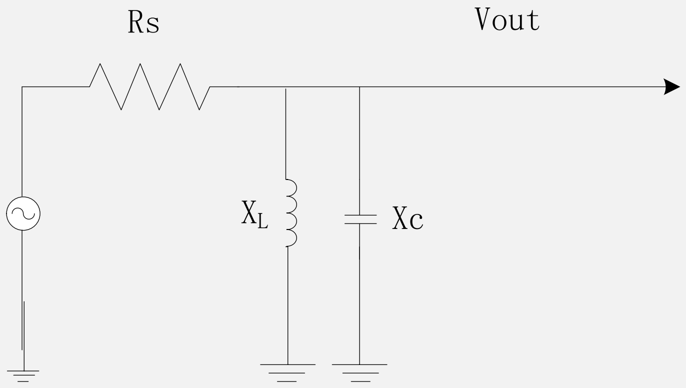


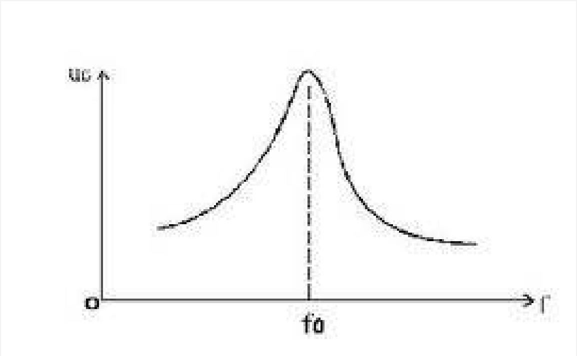




谐振电路

LC谐振电路本质





各频点上的损耗：

$$V_{out}/V_{in}(dB)=20\log_{10}|\frac{jwL}{(R_s-w^2R_sLC)+jwL}$$

LC谐振器谐振频率求解：

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

谐振电路

LC谐振电路有载Q值

谐振电路有载Q值：谐振频率与3dB带宽的比值

电感品质因数Q:电感的电抗与自身的串联电阻之比

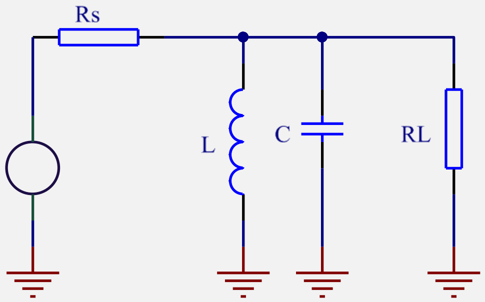
$$Q_{品质因数} = \frac{X}{R_s}$$

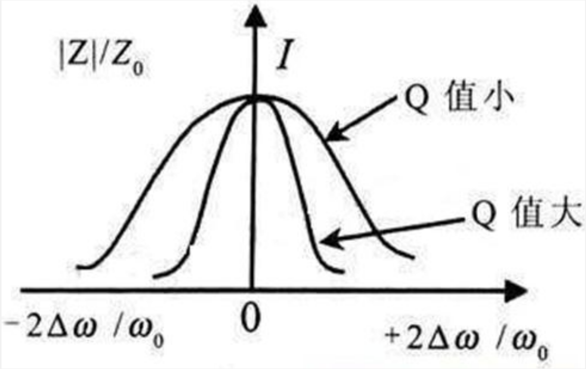
谐振电路有载Q值影响因素：

(1) 源内阻(Rs)

(2) 负载电阻(R_L)

(3) 元件Q值





谐振电路

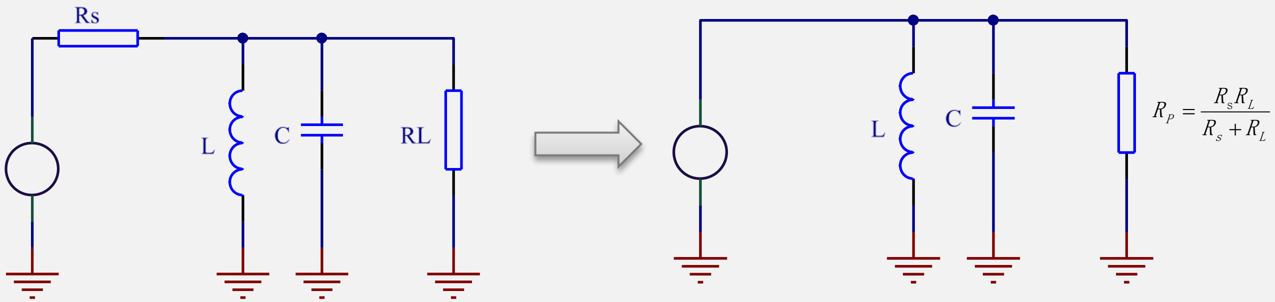
LC谐振电路有载Q值设计

谐振电路有载Q值选择：

(1) 最优源和负载电阻

(2) 选择合理的L和C元件值

$$Q = \frac{R_p}{X_p}$$



谐振电路

$$L=50nH, C=25pF, Q=\frac{R_p}{X_p}=\frac{50}{jwL}=\frac{50}{6.28*142.8*10^6*50*10^{-9}}=\frac{1}{6.28*0.1428}=1.1, BW(3dB)=\frac{142.8}{1.1}=129.8$$

$$L=2.5nH, C=500pF, Q=22.4, BW(3dB)=\frac{142.8}{22.4}=6.4$$

元件Q值如何影响有载Q值？

思考……

Part 3

耦合谐振电路

谐振电路

耦合谐振电路

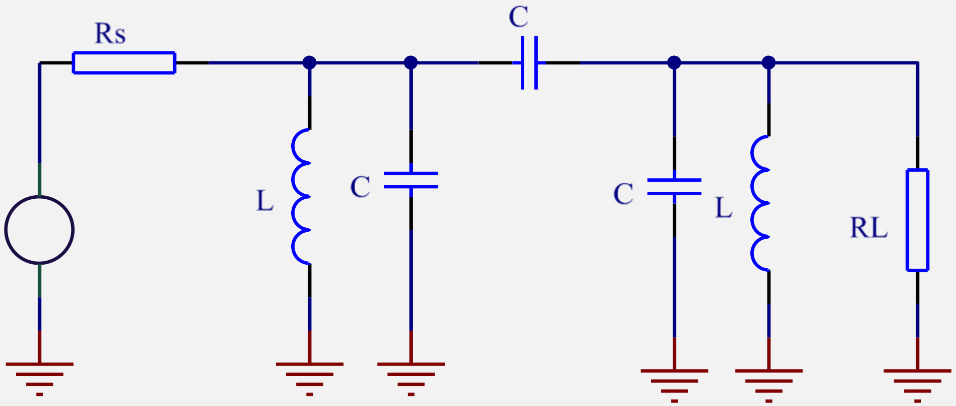
耦合谐振电路

概念：将多个单谐振电路互相耦合在一起使用

优点：可以获得陡峭的通带边缘和小的形状因子

耦合形式：

容性耦合、感性耦合、变压器耦合、有源耦合(晶体管)



谐振电路

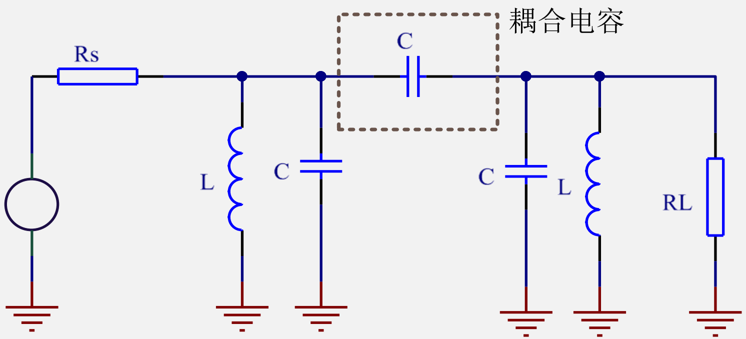
电容耦合谐振电路

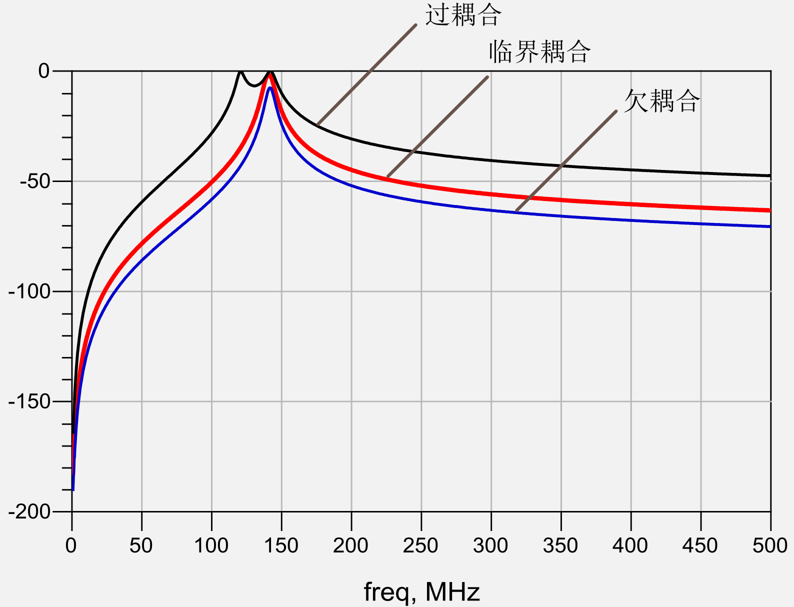
电容耦合谐振电路

耦合电容选择要求：

C过大，耦合太强，通带中会产生谐振峰

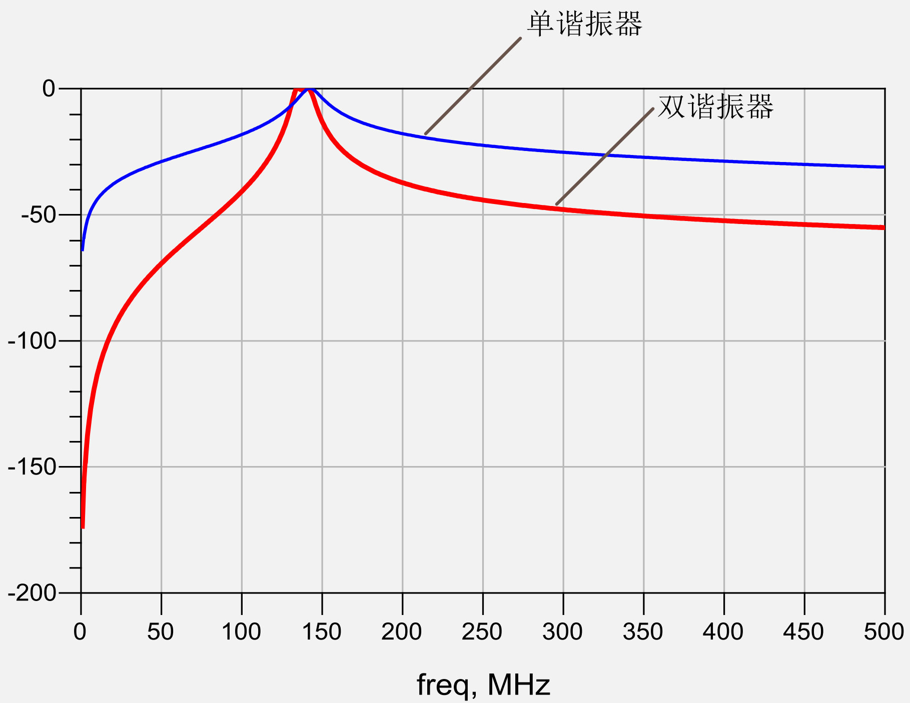
C太小，耦合不足，会增加插入损耗





谐振电路

电容耦合谐振电路



电容耦合谐振电路

双谐振器Q值为单谐振器的0.707倍；

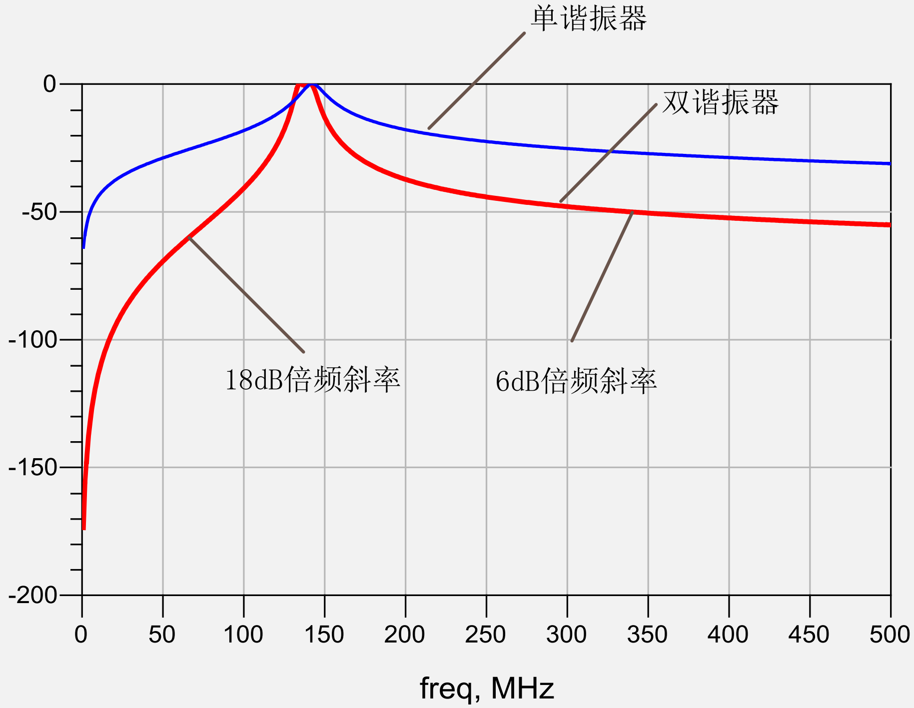
耦合电容计算：

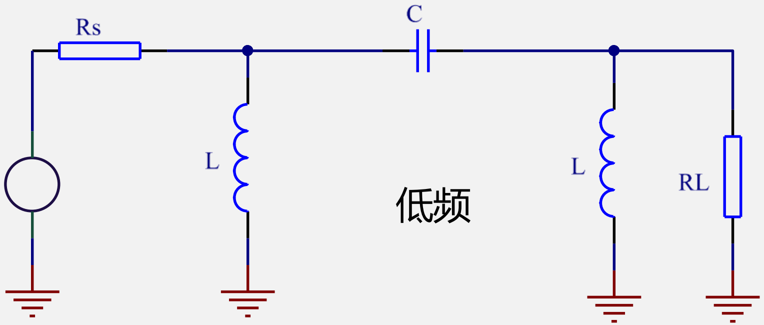
$$C_{耦合} = \frac{C}{Q}$$

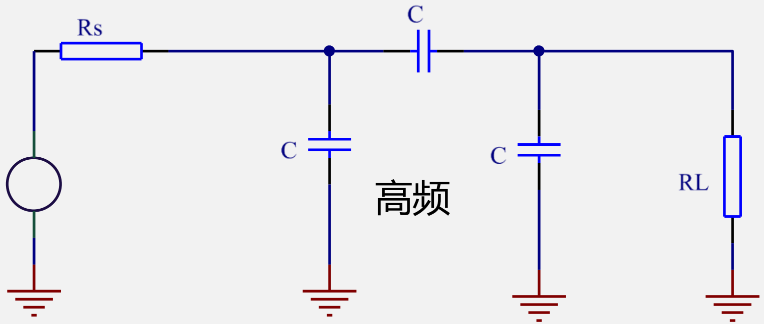
C为谐振电路电容，Q为单个谐振器的有载Q值

谐振电路

电容耦合谐振电路







谐振电路

电感耦合谐振电路

耦合电感选择要求：

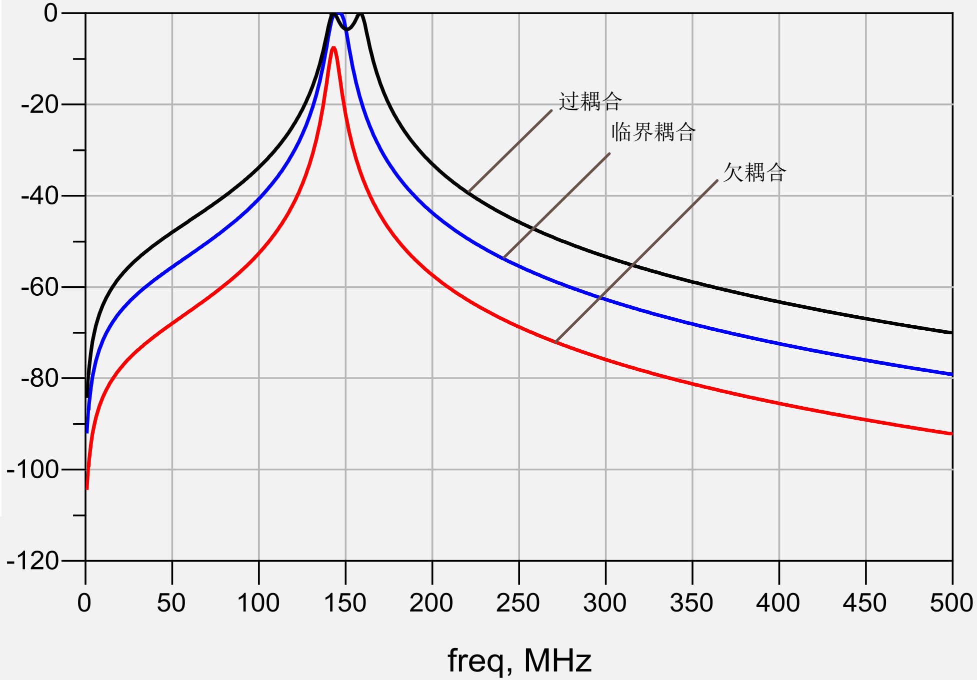
L过小，耦合太强，通带中会产生谐振峰

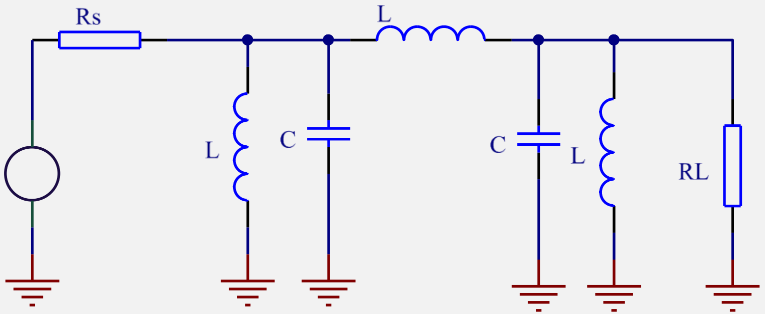
L太大，耦合不足，会增加插入损耗

耦合电感计算：

$$L_{耦合} = QL$$

L为谐振电路电感，Q为单个谐振器的有载Q值

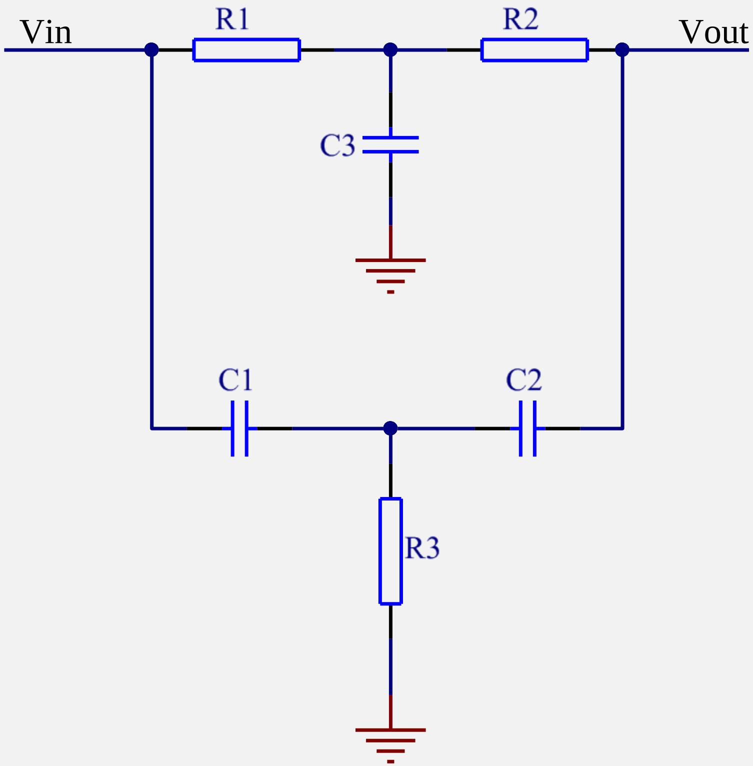




Part **4** 音频陷波器电路示例

谐振电路

双T型音频陷波器



双T型滤波电路，能够针对特定的音频频率点产生很高的衰减度，可以作为音频失真仪使用。例如未经双T型滤波电路的电表读数为0 dBm, 经过双T型滤波电路后为 -40 dBm, 则失真率为 1 %。

谐振电路

双T型音频滤波器

陷波器的频率点为：$f = 1 / 2\pi RC$

数值设定为：

$R1 = R2 = R$,

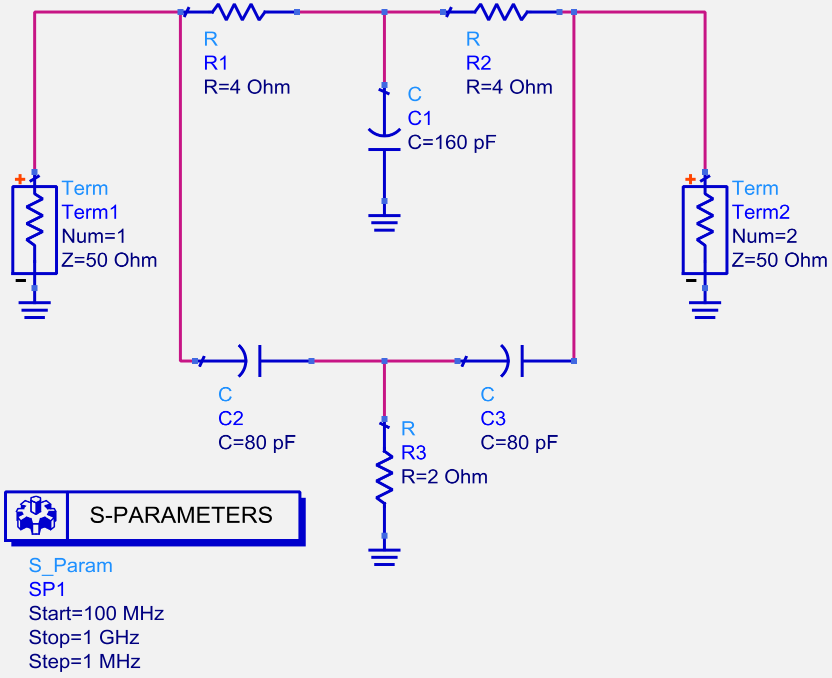
$C1 = C2 = C$,

$C3 = 2C$,

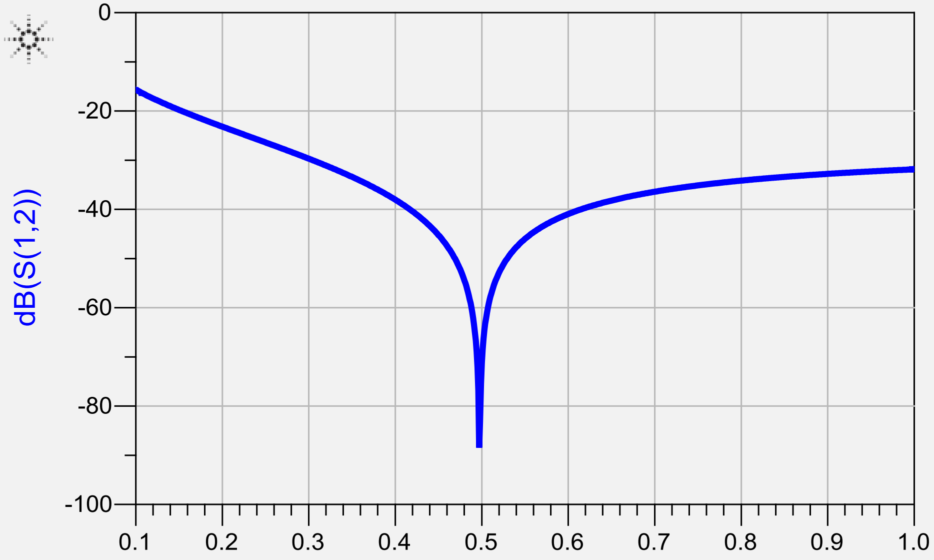
$R3 = R/2$

理论上如果RC数值搭配准确时，可达到60 dB的衰减度。但是如此Q值太高，会使滤波的有效频宽太窄，容易产生频率偏差。一般建议故意将数值偏差，使Q值降低到40-46 dB的衰减度, 比较有实用价值。

谐振电路

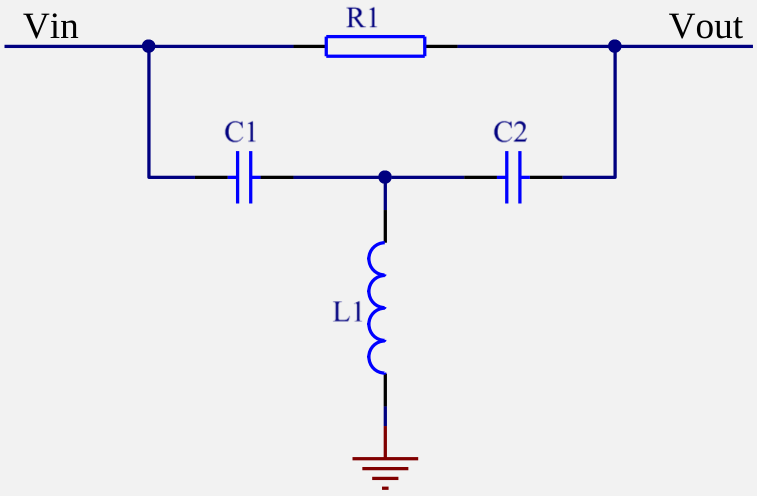


双T型音频滤波器



谐振电路

高衰减度的射频陷波器

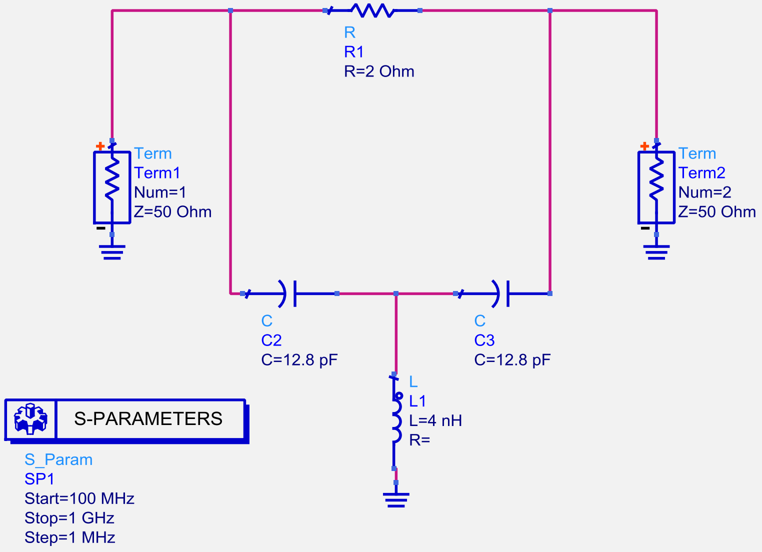


应用拓扑结构如下，输入及输出端的串接小电阻器，与两侧的电容器所形成的Delta网路，转换成Y网路时，会产生＂负＂电阻值的效应，让电感器的内阻减少，Q值变高，因而使LC串联陷波器能够有高衰减度及低频宽的作用。由于这个电路能够在低阻抗的射频回路上，有高Q值的功能。

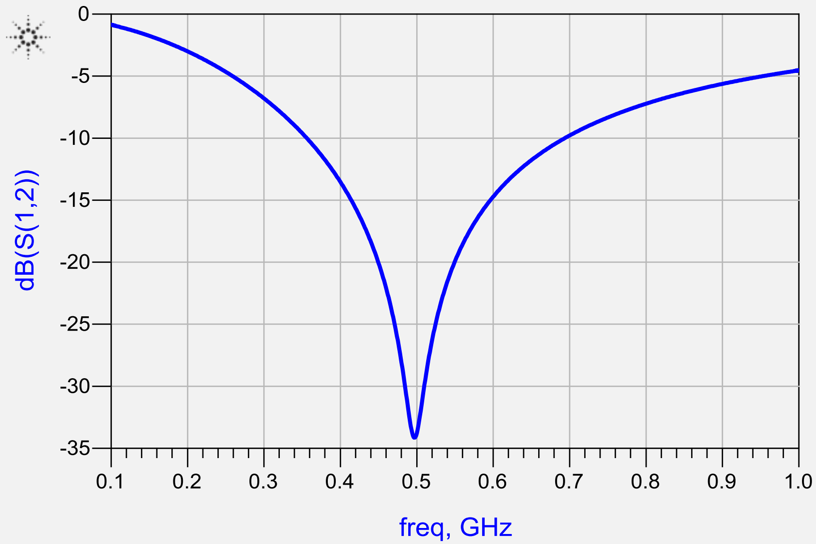
陷波器的频率点为：$f = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{L(C_1 + C_2)}}$

R1的数值要搭配L1的Q值，约在2 – 8.2 Ohm，（越小Q值越高）

谐振电路

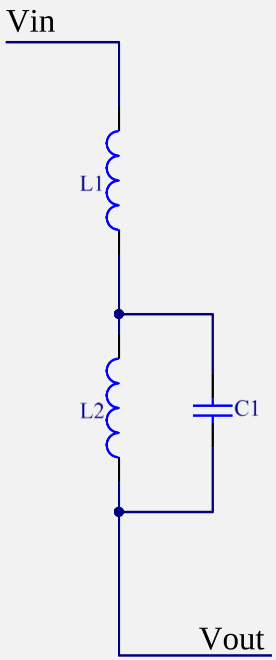


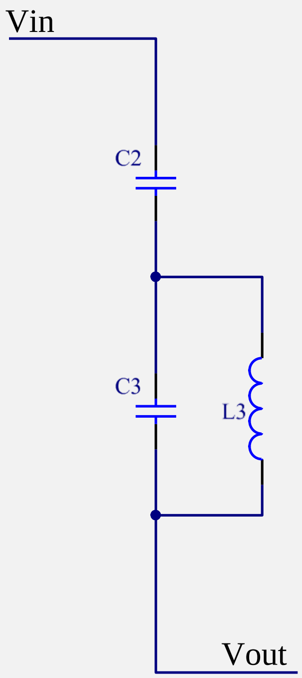
高衰减度的射频陷波器



谐振电路

LC滤波兼补强谐振电路





此谐振电路一方面针对某一频率产生衰减，但是同时也会对它某个邻近的频率，产生提升补强作用，以避免过度的衰减影响。

谐振电路

LC滤波兼补强谐振电路

元件L2与C1为并联谐振，产生陷波频率。元件L1与L2与C1并联谐振，产生通频频率。也就是，对低频阻隔，使高频通过。（因L1与L2并联电感值变低，谐振频率变高。）

L1电感值远大于L2时，可使两个频率接近，

阻隔频率点为：$f_{trap} = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{L_2 \times C_1}}$，通过频率点为：$f_{pass} = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{(L_1 \parallel L2) \times C_1}}$

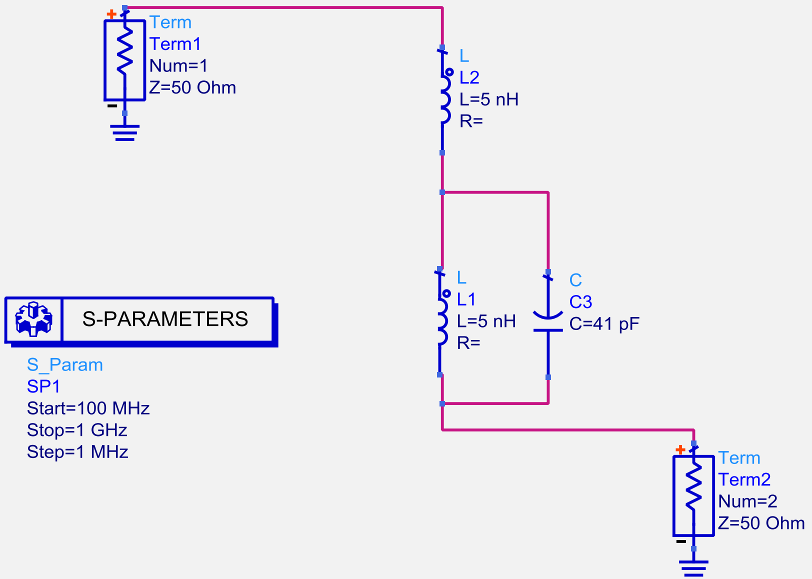
元件L3与C3为并联谐振，产生陷波频率。元件C2与L3与C3并联谐振，产生通频频率。也就是，对高频阻隔，使低频通过。（因C2与C3并联电容值变高，谐振频率变低。）

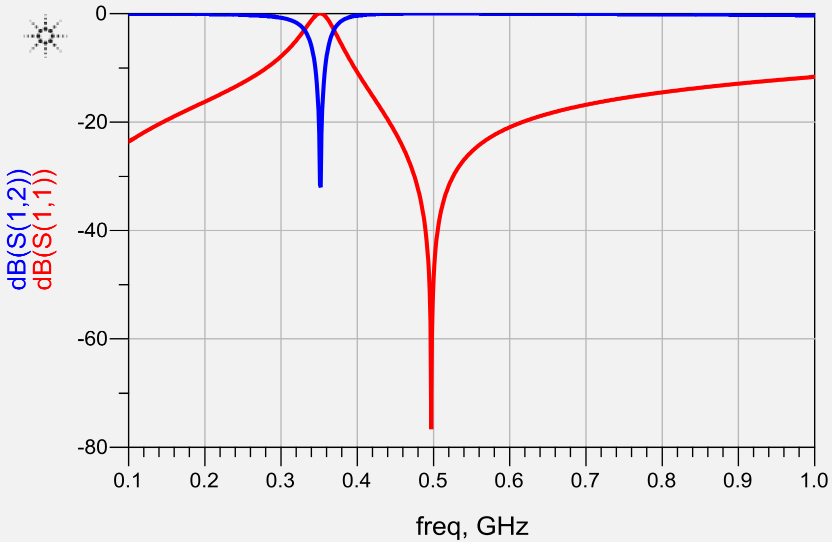
C2电容值远小于C3时，可使两个频率接近，便于应用。

阻隔频率点为：$f_{trap} = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{L_3 \times C_3}}$，通过频率点为：$f_{pass} = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{(C_2 + C_3) \times L_3}}$

谐振电路

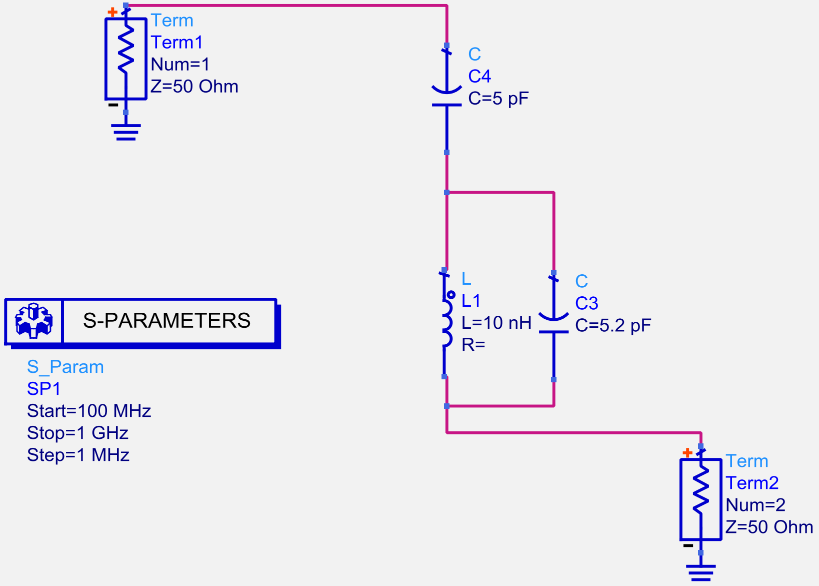
LC滤波兼补强谐振电路

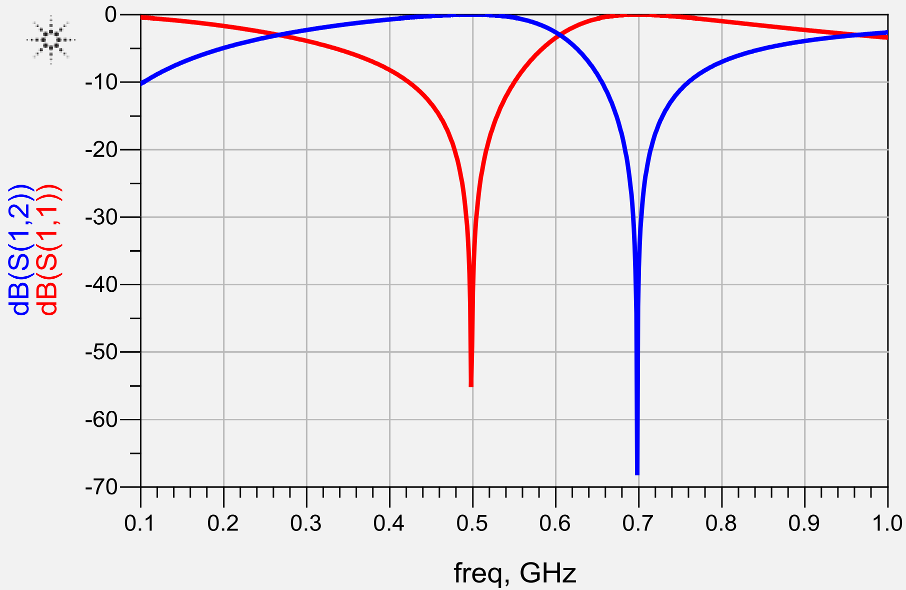




谐振电路

LC滤波兼补强谐振电路





THANK YOU !!