

板级射频电路开发



第四讲 半集总高通滤波器设计

主讲：汪 朋

QQ: 3180564167

01

归一化LC高通滤波器设计

02

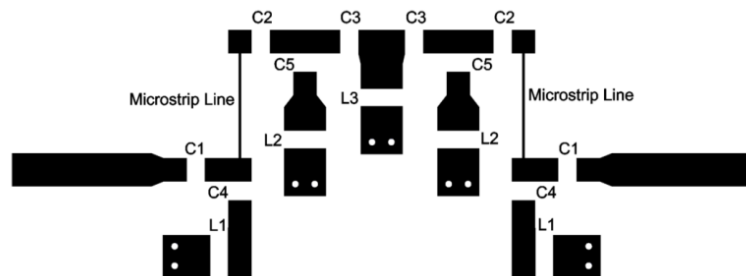
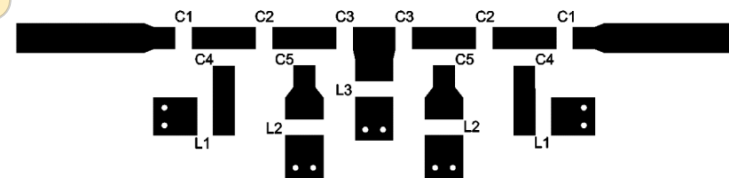
半集总高通滤波器

03

半集总微带高通滤波器

半集总LC滤波器

LC滤波器版图



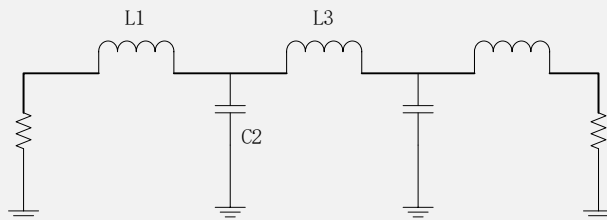
Part

1

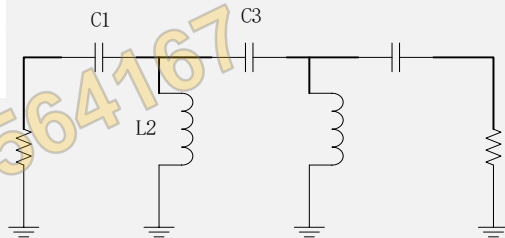
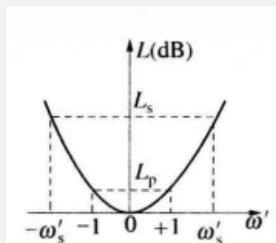
归一化LC高通滤波器

滤波器设计

低通滤波器 转高通



低通原型滤波器



高通原型滤波器

将原型低通滤波器的每一个元件用相反的元件替代，其值为原元件值的倒数，例如：

$$C1=1/L1, L2=1/C2$$

假如原型低通滤波器中有一个1.8F的电容，则高通滤波器中需要多大电感来替代？

频率变换关系：
$$\Omega = -\frac{\omega_c}{\omega}$$

实际元件值变换：

$$C = \frac{1}{Z_0 \omega_c g_L}, L = \frac{Z_0}{\omega_c g_c}$$

滤波器设计

高通LC滤波器实例

设计一个切比雪夫高通滤波器，设计要求输入输出阻抗都为50欧姆，通带频率 $\geq 2\text{GHz}$ 时，带内纹波不大于0.1dB，在频率低于1GHz时衰减不小于30dB。

设计步骤：

[1] 求解滤波器的阶数(以低通滤波器的方式求解)

$$f' = f_s / f_c = 2 / 1 = 2$$

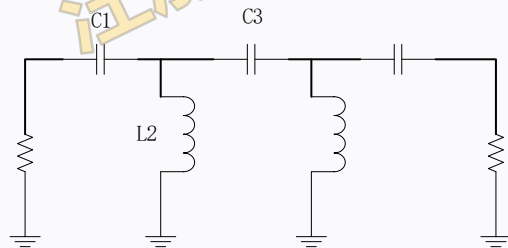
$$f = f' - 1 = 1$$

滤波器的阶数 $n = 5$

[2] 归一化元件值

$$g_1 = 1.1468 = g_5, g_2 = g_4 = 1.3712, g_3 = 1.9750$$

[3] 设定高通滤波器结构



滤波器设计

高通LC滤波器实例

设计一个切比雪夫高通滤波器，设计要求输入输出阻抗都为50欧姆，通带频率 $\geq 2\text{GHz}$ 时，带内纹波不大于0.1dB，在频率低于1GHz时衰减不小于30dB。

设计步骤：

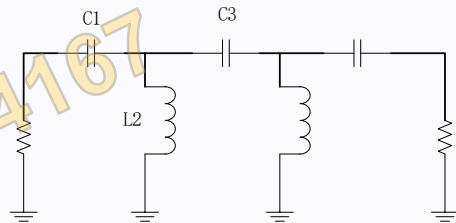
[4] 求解高通滤波器的元件值

$$C = \frac{1}{Z_0 \omega_c g_L}, L = \frac{Z_0}{\omega_c g_c}$$

$$C_1 = C_5 = \frac{1}{Z_0 2\pi f_c g_L} = \frac{1}{50 \times 2 \times 3.14 \times 2 \times 10^9 \times 1.1468} = 1.39 \times 10^{-12} = 1.39 \text{ pF}$$

$$L_2 = L_4 = \frac{Z_0}{2\pi f_c g_c} = \frac{50}{2 \times 3.14 \times 2 \times 10^9 \times 1.3712} = 2.9 \times 10^{-9} = 2.9 \text{ nH}$$

$$C_3 = \frac{1}{Z_0 2\pi f_c g_L} = \frac{1}{50 \times 2 \times 3.14 \times 2 \times 10^9 \times 1.9750} = 8 \times 10^{-13} = 0.8 \text{ pF}$$



Part

2

半集总高通滤波器

汪朋老师主讲 180564167

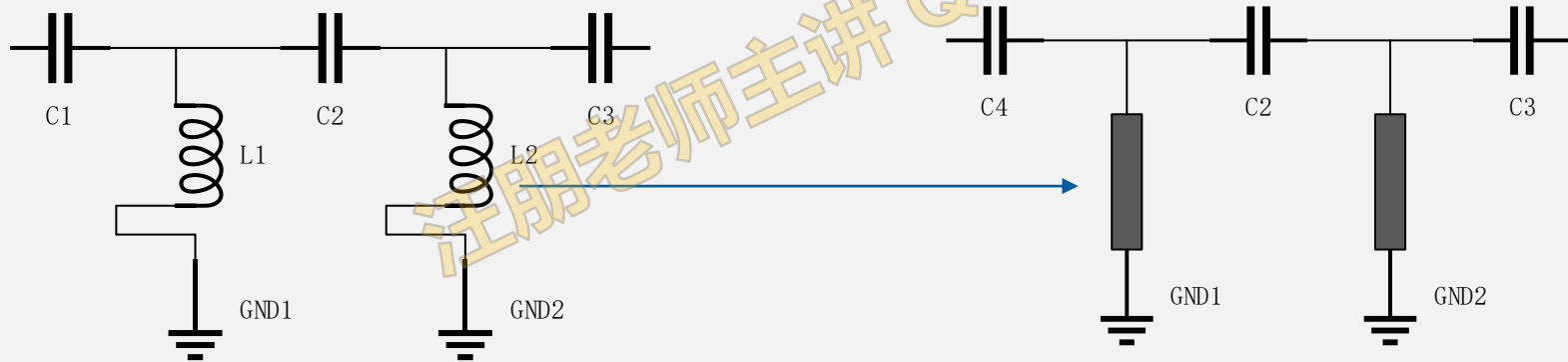
滤波器设计

半集总高通滤波器

半集总高通滤波器的设计思想与低通类似，通过微带线替代LC元件
设计思想：

- [1] 采用耦合线替代串联电容；
- [2] 采用高阻短路短截线替代电感。

$$Z_{0l} > (g_l Z_0) / (\pi/4);$$



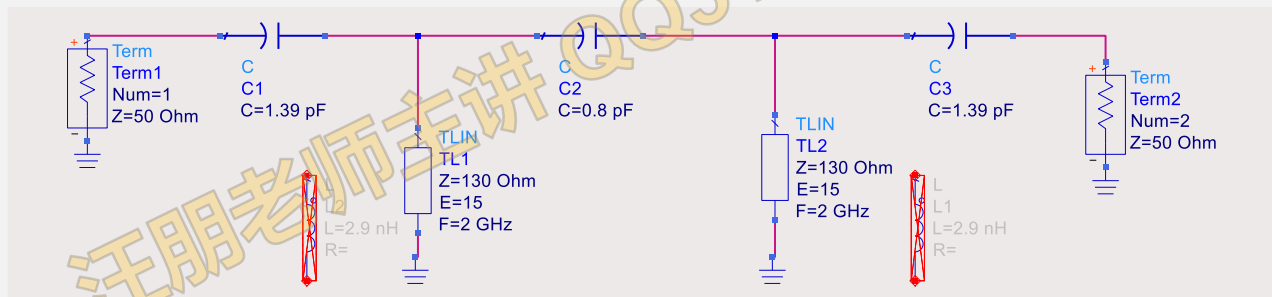
滤波器设计

半集总高通滤波器

半集总高通滤波器的设计思想与低通类似，通过微带线替代LC元件
设计思想：

- [1] 采用耦合线替代串联电容；
- [2] 采用高阻短路短截线替代电感。

$$Z_0 > (g l Z_0) / (\pi/4);$$



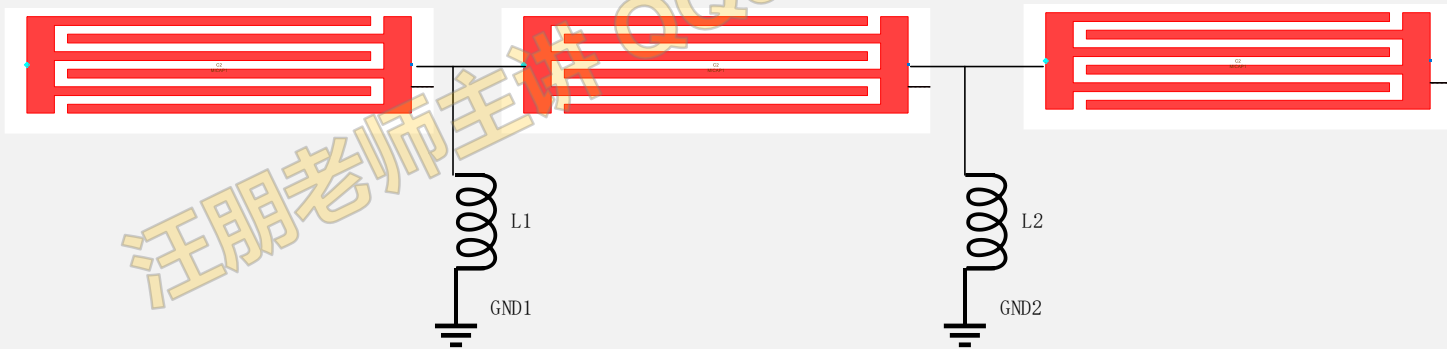
滤波器设计

高通滤波器
总集半

采用交指电容替代串联电容

容值分析方法：

构建双端口交指微带电容网络，采用容抗分析法间接计算交指电容的等效容值。



滤波器设计

微带电容 参数分析

微带缝隙电容

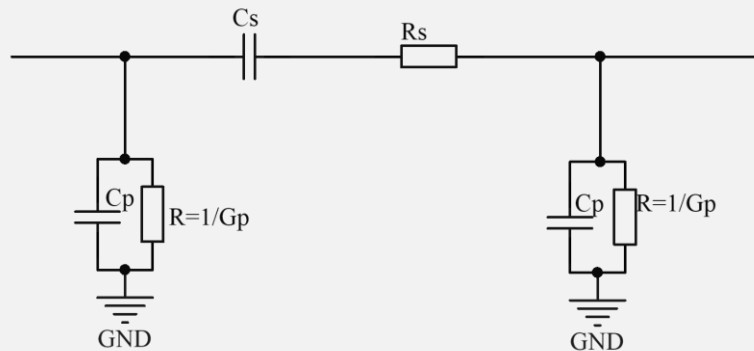
$$R_s = R_e \left(-\frac{1}{Y_{12}} \right)$$

$$G_p = R_e (Y_{11} + Y_{12})$$

$$C_p = \frac{\text{imag}(Y_{11} + Y_{12})}{j\omega}$$

$$C_s = \frac{1}{j\omega} \left(-\frac{1}{Y_{12}} - R_s \right)^{-1}$$

汪朋老师主讲 QQ3180564167



滤波器设计

微带电容 参数分析

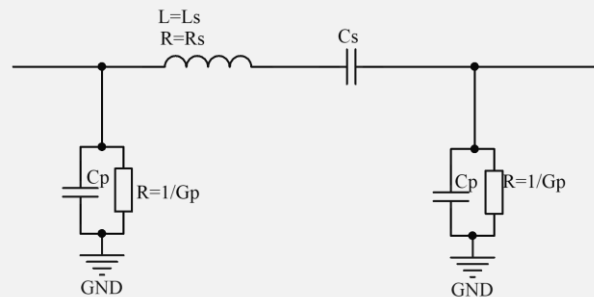
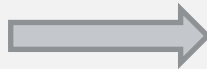
微带交指电容

$$R_s = R_e \left(-\frac{1}{Y_{12}} \right), G_p = R_e (Y_{11} + Y_{12})$$

$$C_p = \frac{\text{imag}(Y_{11} + Y_{12})}{j\omega}$$

$$L_s = \frac{1}{j2\omega} \left[\omega \frac{dY_{12}}{d\omega} \frac{1}{Y_{12}^2} - \frac{1}{Y_{12}} - R_s \right]$$

$$C_p = \frac{2}{j\omega} \left[-\omega \frac{dY_{12}}{d\omega} \frac{1}{Y_{12}^2} - \frac{1}{Y_{12}} - R_s \right]$$



Part

3

半集总微带高通滤波器

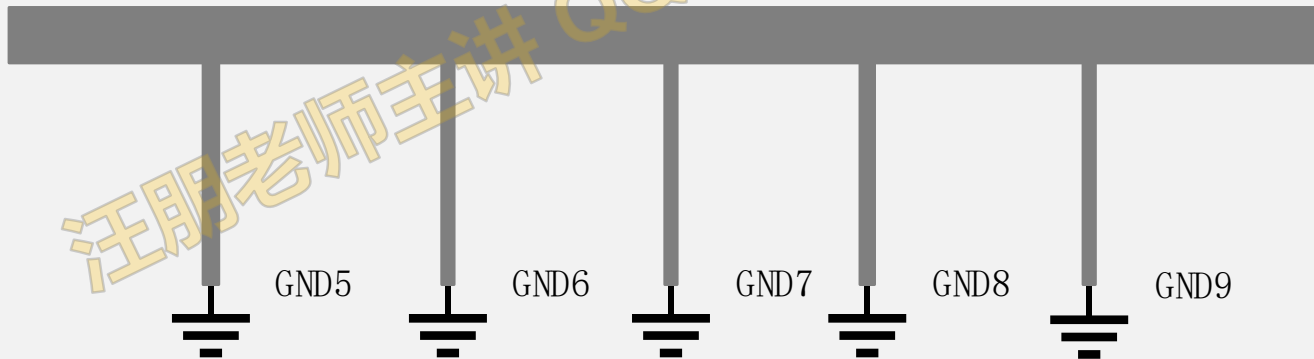
汪朋老师主讲 180564167

滤波器设计

微带高通滤波器

半集总微带高通滤波器

基于LC高通滤波器原型设计，以低阻微带线替代串联电容，以短路高阻线替代并联电感。



滤波器设计

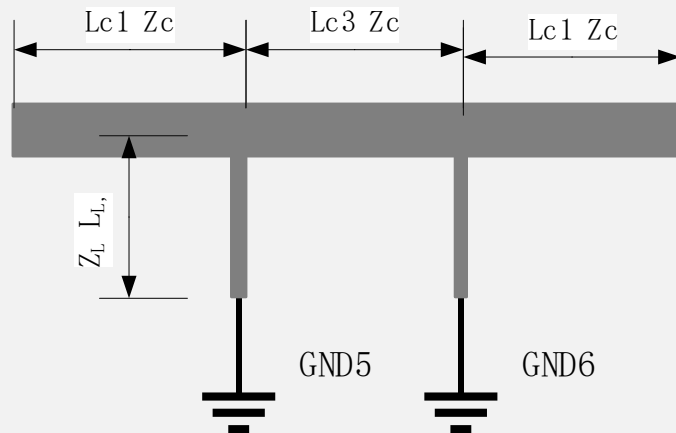
微带高通滤波器

设计原理

基于LC高通滤波器原型设计，以低阻微带线替代串联电容，以短路高阻线替代并联电感(最佳分布式滤波器原型)。

$$Z_{oL} \approx \frac{g_L Z_o}{\pi/4}, L_L < \frac{\lambda_g}{8}$$

$$Z_{oC} \approx \frac{\pi}{4} \frac{Z_o}{g_c}, L_C \approx \frac{g_c Z_c}{Z_o} * \frac{\lambda_g}{2\pi}$$



滤波器设计

高通滤波器 半集总元件 实例

设计一个切比雪夫高通滤波器，设计要求输入输出阻抗都为50欧姆，通带频率 $\geq 2\text{GHz}$ 时，带内纹波不大于0.1dB，在频率低于1GHz时衰减不小于30dB。

设计步骤：

[1] 基于高通滤波器的归一化元件值确定等效微带线的宽度值

定： $Z_{oL}=130\Omega$ ，长度 $L_1=15^\circ$ ；

$Z_{oc}=26.7$ ， $L_{c1}=L_{c5}=36^\circ$ ， $L_{c3}=60^\circ$

$$Z_{oL} \approx \frac{g_L Z_o}{\pi/4} = \frac{1.3712 \times 50}{3.14/4} = 87$$

$$Z_{oc} \approx \frac{\pi Z_o}{4 g_c} = \frac{3.14 \times 50}{4 \times 1.1468} = 26.7,$$

$$L_{c1}=L_{c5} \approx \frac{1.1468 \times Z_c}{Z_0} * \frac{\lambda_g}{2\pi} = 5.1, \quad L_{c3} \approx \frac{1.9750 \times Z_c}{Z_0} * \frac{\lambda_g}{2\pi} = 5.1,$$



THANK YOU !!