板级射频电路开发

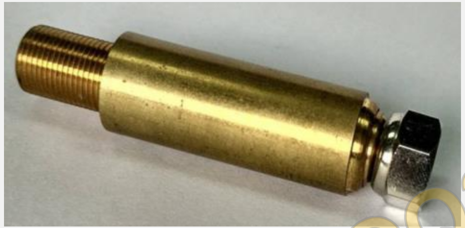
第五讲 半集总带通滤波器设计

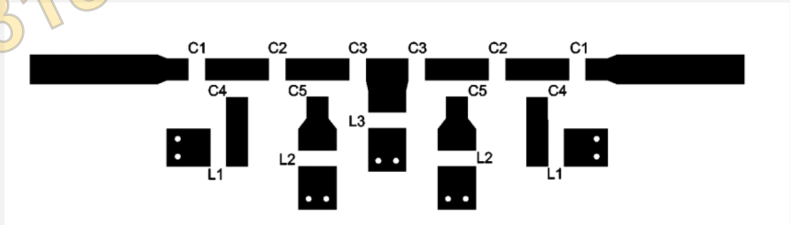
主讲：汪　朋
QQ：3180564167

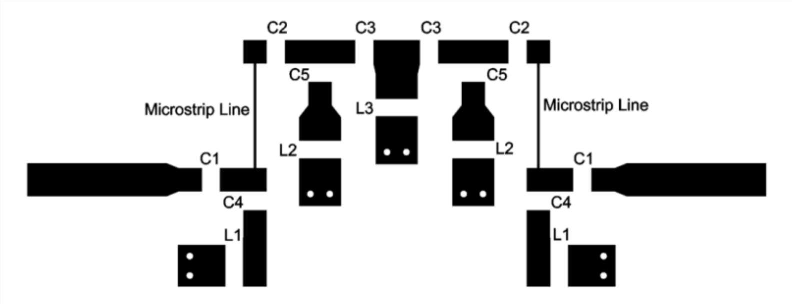
目录页

半集总LC滤波器

LC滤波器版图





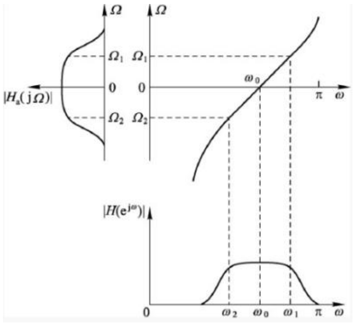


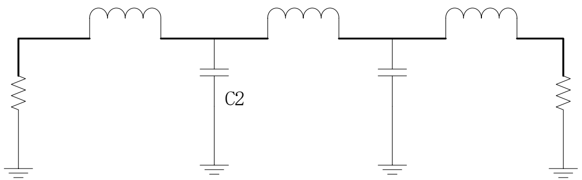
Part 1

归一化LC带通滤波器

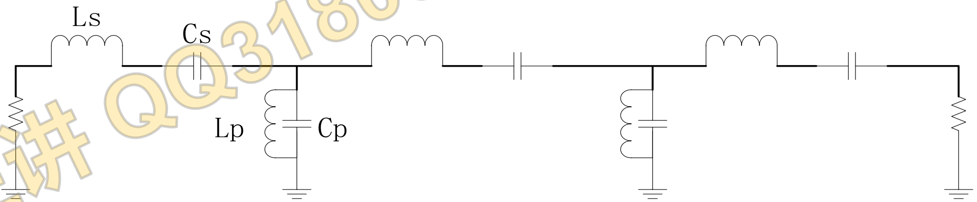
半集总LC滤波器

带通滤波器设计





低通原型滤波器



带通原型滤波器

频率变换公式：

$$\Omega = \frac{1}{BW}\left(\frac{w}{w_0} - \frac{w_0}{w}\right)$$

$$BW = \frac{w_{c2} - w_{c1}}{w_0}$$

$$Ls = \frac{Z_0 g_L}{BWw_0}, Cs = \frac{BW}{Z_0 w_0 g_L}$$

$$Lp = \frac{Z_0 BW}{w_0 g_c}, Cp = \frac{g_c}{BWw_0 Z_0}$$

半集总LC滤波器

带通滤波器设计

设计实例：带通滤波器设计：源端和终端阻抗为50欧姆，中心频率为5GHz，带宽400MHz，通带纹波0.5dB，阻带要求:5.4GHz衰减大于30dB

设计步骤：

[1] 求解滤波器的阶数

$$\Omega=\frac{1}{BW}\left(\frac{w_1}{w_0}-\frac{w_0}{w_2}\right)$$

滤波器带宽为400MHz，即该滤波器的通带范围为f1=4.8GHz-f2=5.2GHz

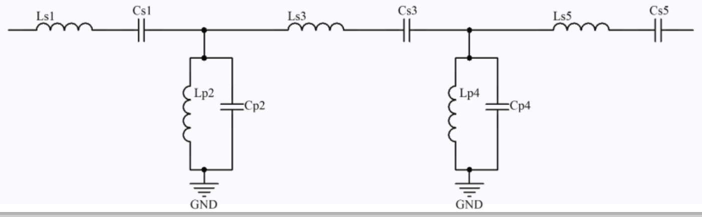
$$\Omega=\frac{1}{BW}\left(\frac{w_s}{w_0}-\frac{w_0}{w_s}\right)$$

$$BW=\frac{w_2-w_1}{w_0}=\frac{f_2-f_1}{f_0}=\frac{5.2-4.8}{5}=0.08$$

$$\Omega=\frac{1}{BW}\left(\frac{w_s}{w_0}-\frac{w_0}{w_s}\right)=\Omega=\frac{1}{0.08}\left(\frac{f_s}{f_0}-\frac{f_0}{f_s}\right)=\frac{1}{0.08}\left(\frac{5.4}{5}-\frac{5}{5.4}\right)=1.93$$

阶数选择 n=5

对应低通滤波器的归一化元件值为：g1=g5=1.7058,g2=g4=1.2296,g3=2.5408

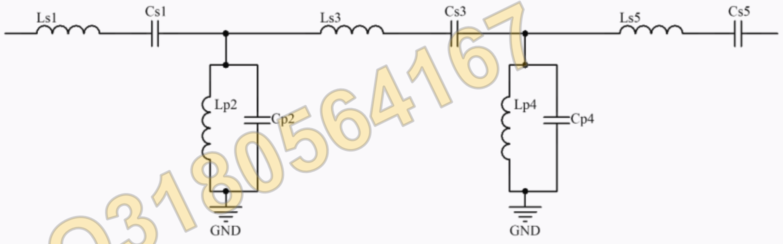


半集总LC滤波器

带通滤波器设计

设计实例：带通滤波器设计：源端和终端阻抗为50欧姆，中心频率为5GHz，带宽400MHz，通带纹波0.5dB，阻带要求:5.4GHz衰减大于30dB

设计步骤：



[2] 求解滤波器的实际元件值

g1=g5=1.7058,g2=g4=1.2296,g3=2.5408

$$Ls=\frac{Z_0 g_L}{BWw_0}, Cs=\frac{BW}{Z_0 w_0 g_L}$$

$$L_{s1}=L_{s5}=\frac{Z_0 g_1}{BW\times 2\pi f_0}=\frac{50\times 1.7058}{0.08\times 6.28\times 5\times 10^9}=\frac{50\times 1.7058}{2.512\times 10^9}=34\times 10^{-9}=34nH$$

$$L_{s3}=\frac{Z_0 g_3}{BW\times 2\pi f_0}=\frac{50\times 2.5408}{2.512\times 10^9}=50.6nH$$

$$C_{s1}=C_{s5}=\frac{BW}{Z_0 w_0 g1}=\frac{0.08}{50\times 6.28\times 5\times 10^9\times 1.7058}=2.99\times 10^{-14}=0.03pF$$

$$C_{s3}=\frac{BW}{Z_0 w_0 g3}=\frac{0.08}{50\times 6.28\times 5\times 10^9\times 2.5408}=2\times 10^{-14}=0.02pF$$

$$L_p=\frac{Z_0 BW}{w_0 g_c}, C_p=\frac{g_c}{BWw_0 Z_0}$$

$$L_{p2}=L_{p4}=\frac{Z_0 BW}{w_0 g_2}=\frac{50\times 0.08}{6.28\times 5\times 10^9\times 1.2294}=0.103\times 10^{-9}=0.1nH$$

$$C_{p2}=C_{p4}=\frac{g_2}{BWw_0 Z_0}=\frac{1.2296}{0.08\times 6.28\times 5\times 10^9\times 50}=9.8\times 10^{-12}=9.8pF$$

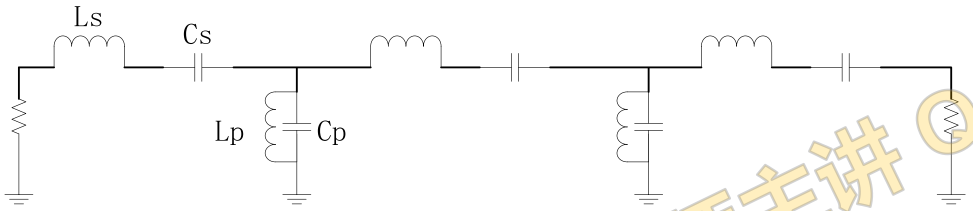
Part 2

半集总带通滤波器

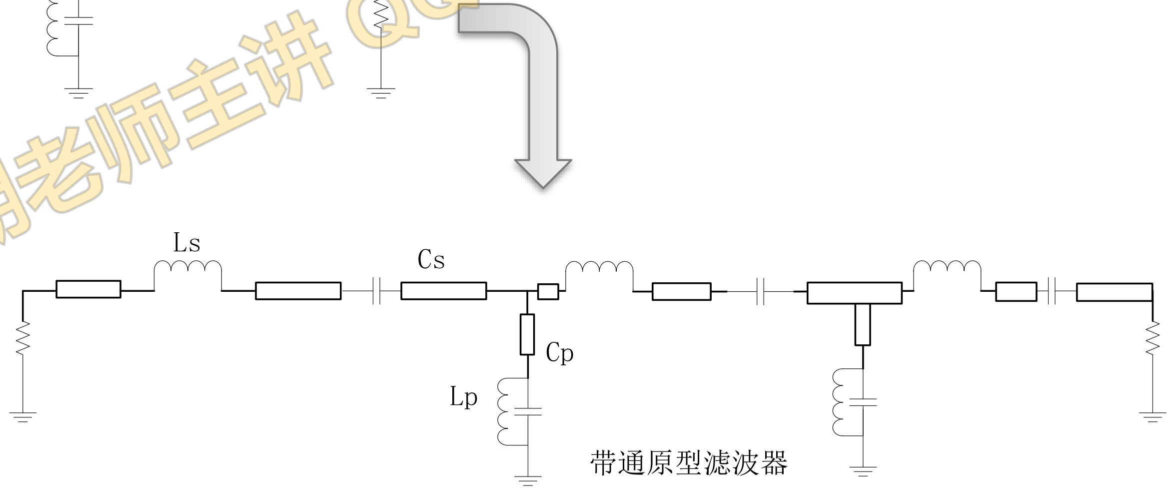
半集总LC滤波器

半集总带通滤波器

<u>采用50欧姆微带线连接集总元件</u>



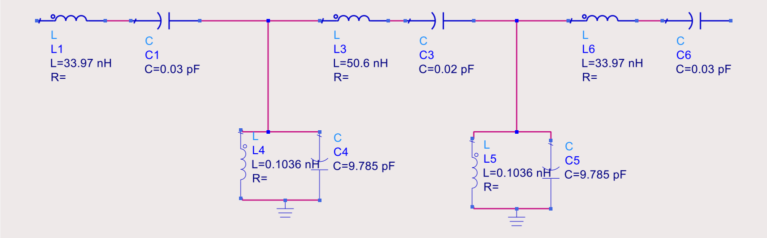
带通原型滤波器

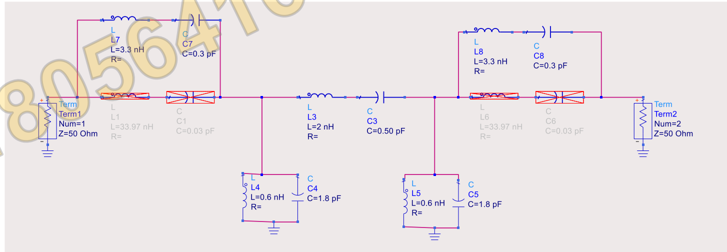


带通原型滤波器

半集总LC滤波器

半集总带通滤波器





谐振电路

主要保证LC乘积的值不变，那么L和C的值可以任意组合，但是不同的组合会有不同的Q值，所以表现出来的带宽不一样；

传统的LC原型带通滤波器的设计本质就是LC谐振电路Q值的设计和求解，所以可以设计出符合预期带宽

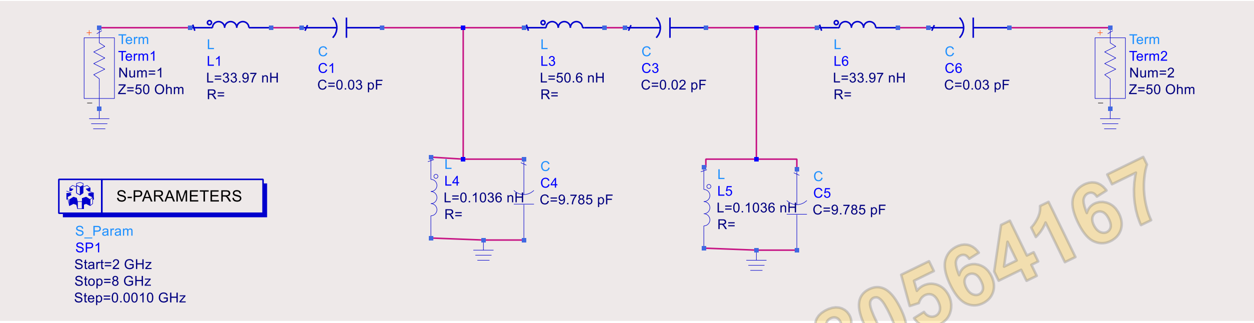
对于不规则的L和C的值，可以通过谐振电路原理进行设计，但是缺点是 带宽会偏离预期指标

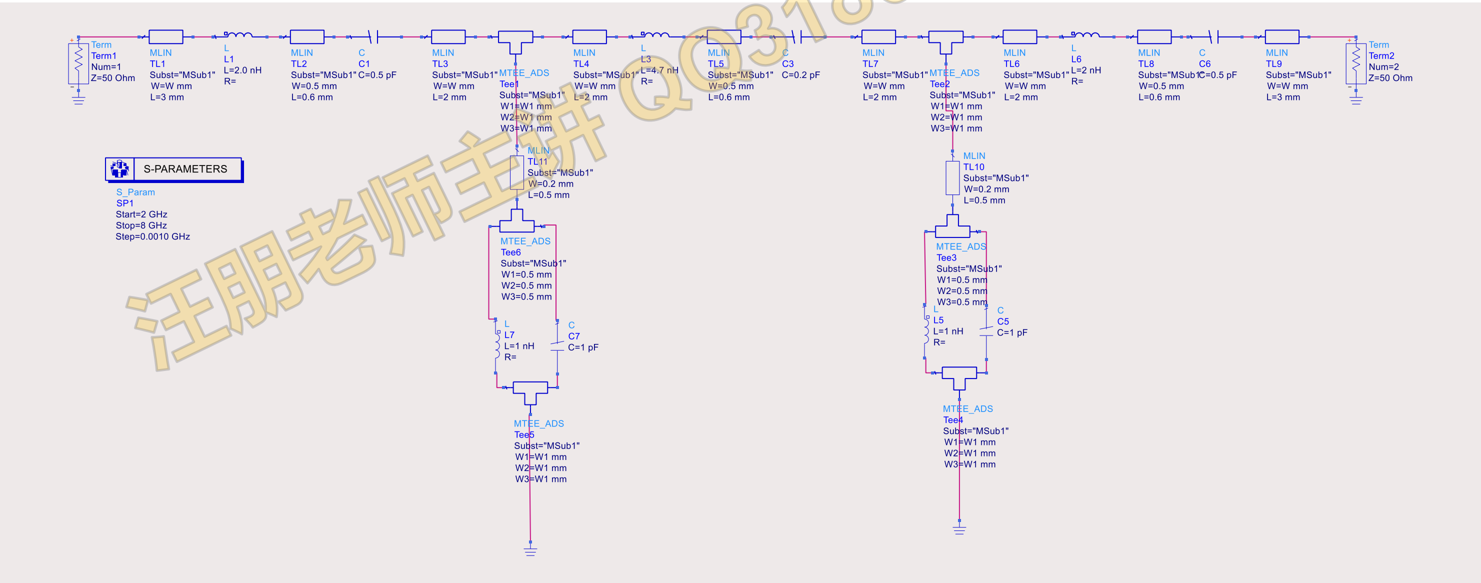
例如：L=33.97nH和C=0.03pF的谐振电路的组合，可以调整为 3.397nH和C=0.3pF的组合，但是Q值变大，所以表现出的带宽减低；

对于串联谐振：降低电感，Q值变大；对并联接地端并联谐振，降低电感，Q值变低；

半集总LC滤波器

半集总带通滤波器





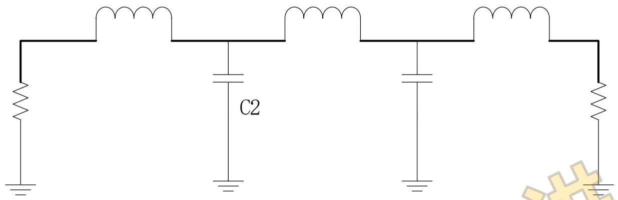
Part 3

微带耦合带通滤波器

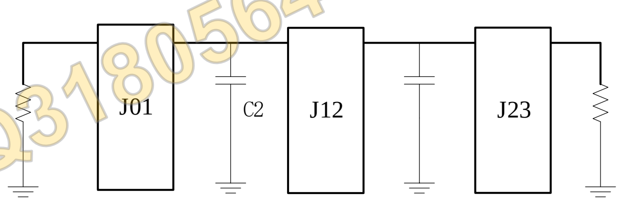
半集总LC滤波器

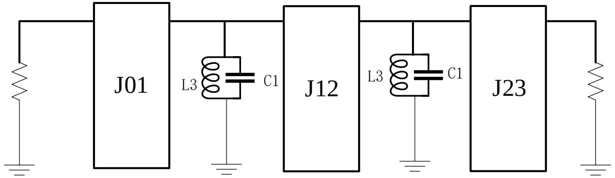
微带带通耦合滤波器

平行耦合滤波器的本质是由原型低通滤波器基于JK倒置变换而来的一种滤波器形态



低通原型滤波器

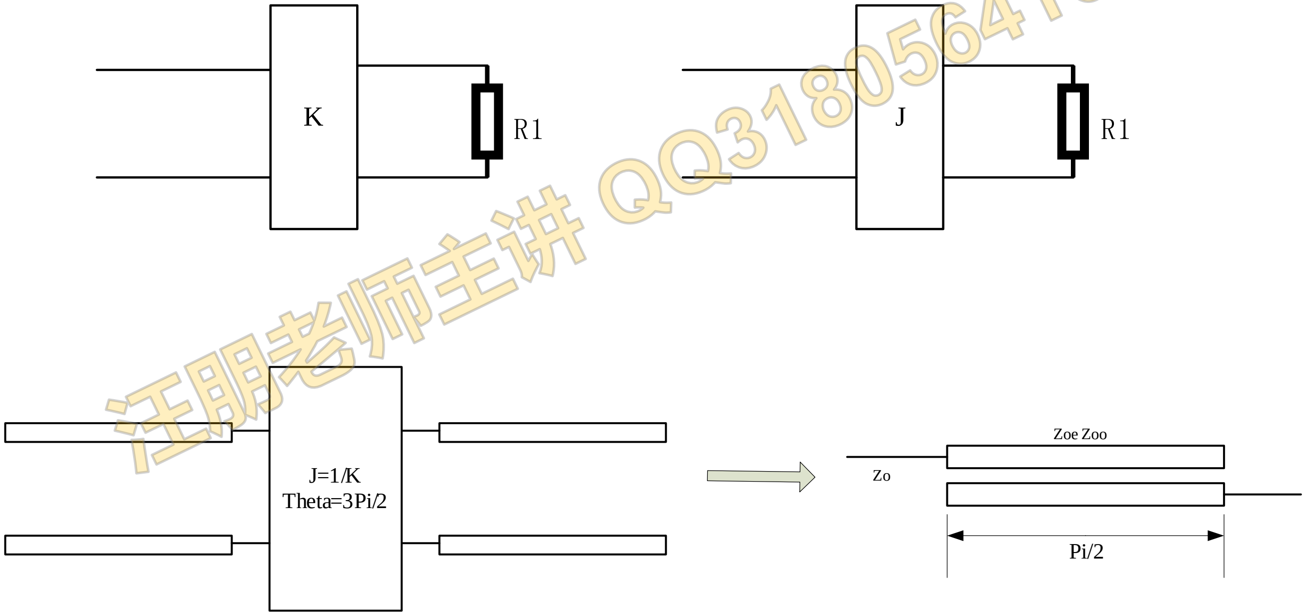




半集总LC滤波器

微带带通耦合滤波器

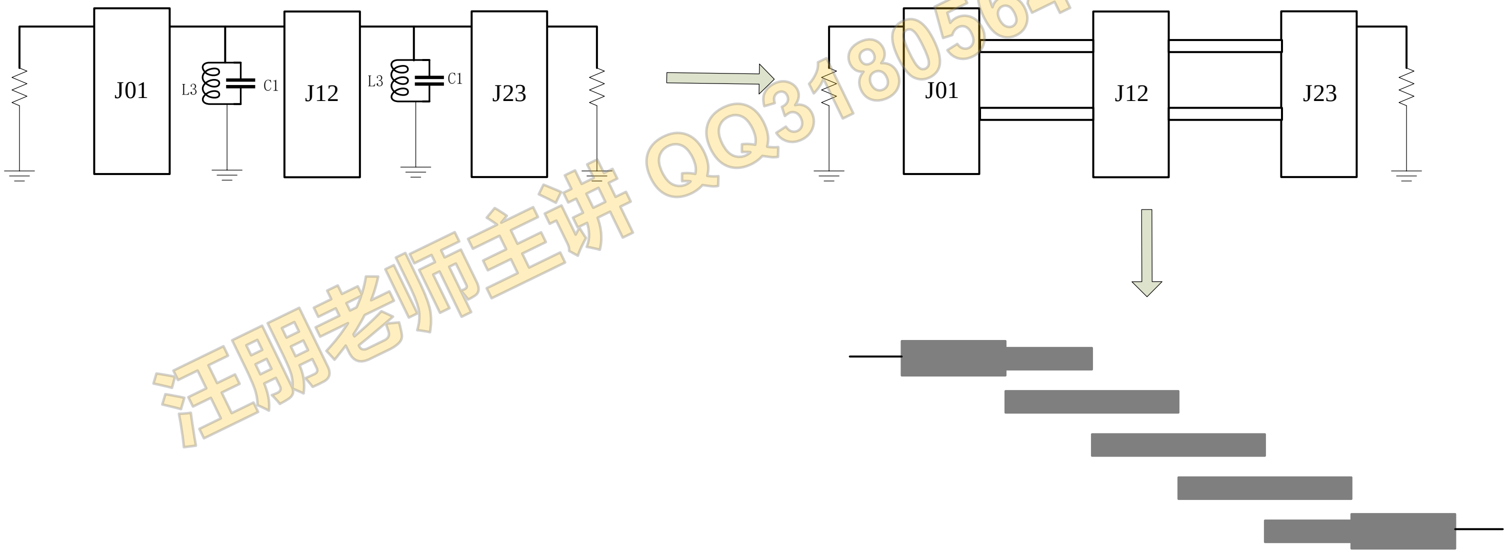
JK倒置器的实现形式



半集总LC滤波器

微带带通耦合滤波器

平行耦合滤波器形态演进



半集总LC滤波器

微带带通耦合滤波器

平行耦合带通滤波器设计步骤

[1] 确定低通原型滤波器

[2]计算n阶滤波器倒置变换器的特性导纳

$$J_{01}=Y_o\times\sqrt{\frac{\pi W}{2g_0g_1}}$$

$$J_{k,k+1}=Y_o\times\frac{\pi W}{2\sqrt{g_kg_{k+1}}},\quad (k=1,2,\ \ldots\ldots\ ,n-1)$$

$$J_{n,n+1}=Y_o\times\sqrt{\frac{\pi W}{2g_ng_{n+1}}}$$

[3] 基于特性导纳计算耦合线奇偶模

$$(Z_{oe})_{k,k+1}=Z_o\times[1+Z_o\times J_{k,k+1}+(Z_o\times J_{k,k+1})^2]$$

$$(Z_{oe})_{k,k+1}=Z_o\times[1-Z_o\times J_{k,k+1}+(Z_o\times J_{k,k+1})^2]$$

[4] 基于奇偶模计算微带线尺寸

半集总LC滤波器

微带带通耦合滤波器实例设计

设计工作于1.22GHz的微带带通平行耦合滤波器，带内纹波系数为0.5dB，要求工作带宽为200MHz，1.42GHz带外衰减大于30dB。

[1] 基于低通滤波器确定阶数和归一化值

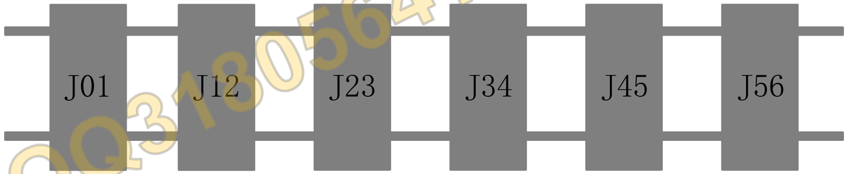
$$BW=\frac{1.32-1.12}{1.22}=0.164$$

$$\Omega=\frac{1}{0.164}\left(\frac{1.42}{1.22}-\frac{1.22}{1.42}\right)=1.86$$

根据查表：滤波器阶数n=5,

归一化阻抗值

$$g_1=g_5=1.7058, g_2=g_4=1.2296, g_3=2.5408,$$

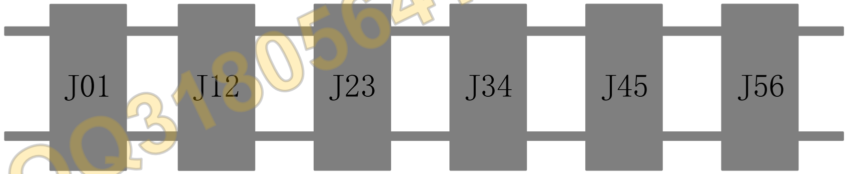


半集总LC滤波器

微带带通耦合滤波器实例设计

设计工作于1.22GHz的微带带通平行耦合滤波器，带内纹波系数为0.5dB，要求工作带宽为200MHz，1.42GHz带外衰减大于30dB。

[2]J倒置器特性导纳的计算



$$J_{01}=Y_o\times\sqrt{\frac{\pi BW}{2g_0g_1}}$$

$$J_{k,k+1}=Y_o\times\frac{\pi BW}{2\sqrt{g_kg_{k+1}}},\quad (k=1,2,\ \ldots\ldots,n-1)$$

$$J_{n,n+1}=Y_o\times\sqrt{\frac{\pi BW}{2g_ng_{n+1}}}$$

$$\frac{J_{01}}{Y_O}=\frac{J_{56}}{Y_O}=\sqrt{\frac{\pi BW}{2g_0g_1}}=\sqrt{\frac{3.1415\times0.164}{2\times1\times1.7058}}=0.3886$$

$$J_{12}=J_{45}=Y_o\times\frac{\pi BW}{2\sqrt{g_1g_2}}\Rightarrow\frac{J_{12}}{Y_O}=\frac{J_{45}}{Y_O}=\frac{3.1415\times0.164}{2\sqrt{1.7058\times1.2296}}=0.178$$

$$\frac{J_{23}}{Y_O}=\frac{J_{34}}{Y_O}=\frac{\pi BW}{2\sqrt{g_2g_3}}=\frac{3.1415\times0.164}{2\sqrt{2.5408\times1.2296}}=0.146$$

半集总LC滤波器

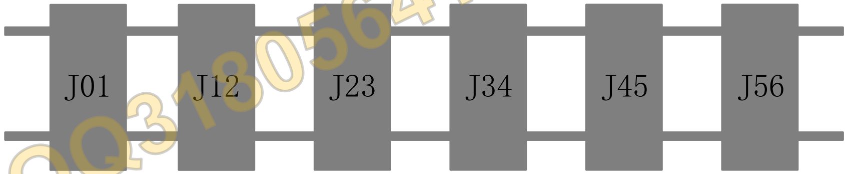
微带带通耦合滤波器实例设计

设计工作于1.22GHz的微带带通平行耦合滤波器，带内纹波系数为0.5dB，要求工作带宽为200MHz，1.42GHz带外衰减大于30dB。

[3]平行耦合线奇偶模特性阻抗计算

$$(Z_{oe})_{k,k+1}=Z_o\times[1+Z_o\times J_{k,k+1}+(Z_o\times J_{k,k+1})^2]$$

$$(Z_{oe})_{k,k+1}=Z_o\times[1-Z_o\times J_{k,k+1}+(Z_o\times J_{k,k+1})^2]$$



特性导纳和特性阻抗的关系

$$Z_o=\frac{1}{Y_O}$$

$$(Z_{oe})_1=(Z_{oe})_5=Z_o\times[1+Z_o\times J_{01}+(Z_o\times J_{01})^2]=50\times[1+0.3886+(0.3886)^2]=76.98$$

$$(Z_{oo})_1=(Z_{oo})_5=Z_o\times[1-Z_o\times J_{01}+(Z_o\times J_{01})^2]=50\times[1-0.3886+(0.3886)^2]=38.12$$

$$(Z_{oe})_2=(Z_{oe})_4=Z_o\times[1+Z_o\times J_{12}+(Z_o\times J_{12})^2]=50\times[1+0.178+(0.178)^2]=60.484$$

$$(Z_{oo})_2=(Z_{oo})_4=Z_o\times[1+Z_o\times J_{12}+(Z_o\times J_{12})^2]=50\times[1-0.178+(0.178)^2]=42.684$$

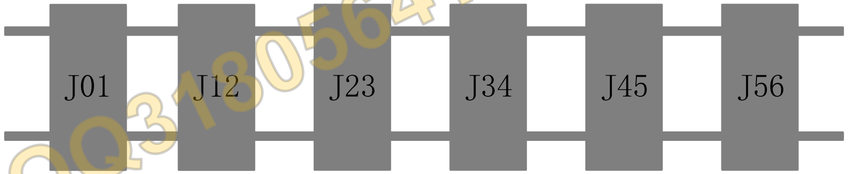
$$(Z_{oe})_3=Z_o\times[1+Z_o\times J_{23}+(Z_o\times J_{23})^2]=50\times[1+0.146+(0.146)^2]=58.366$$

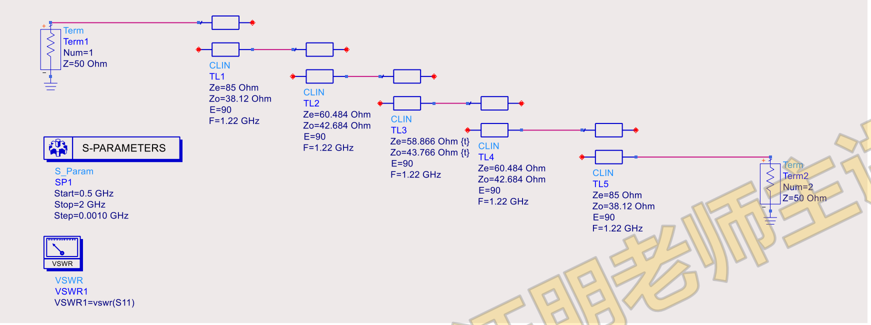
$$(Z_{oo})_3=Z_o\times[1+Z_o\times J_{23}+(Z_o\times J_{23})^2]=50\times[1-0.146+(0.146)^2]=43.766$$

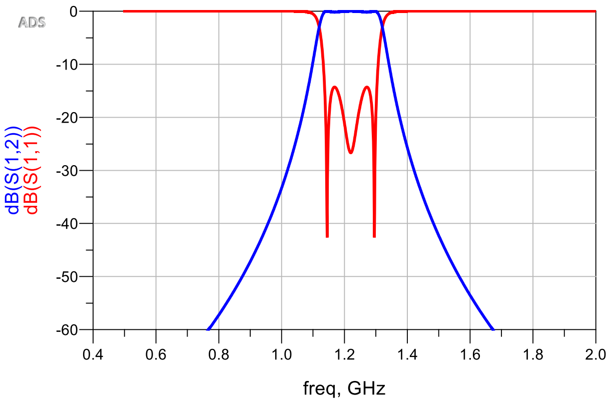
半集总LC滤波器

微带带通耦合滤波器实例设计

设计工作于1.22GHz的微带带通平行耦合滤波器，带内纹波系数为0.5dB，要求工作带宽为200MHz，1.42GHz带外衰减大于30dB。







Part **4**

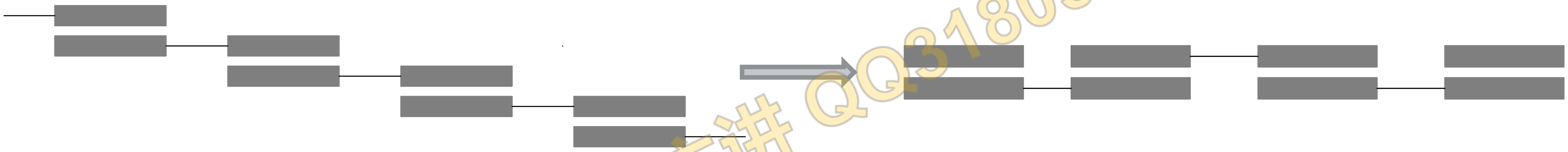
微带耦合滤波器小型化设计

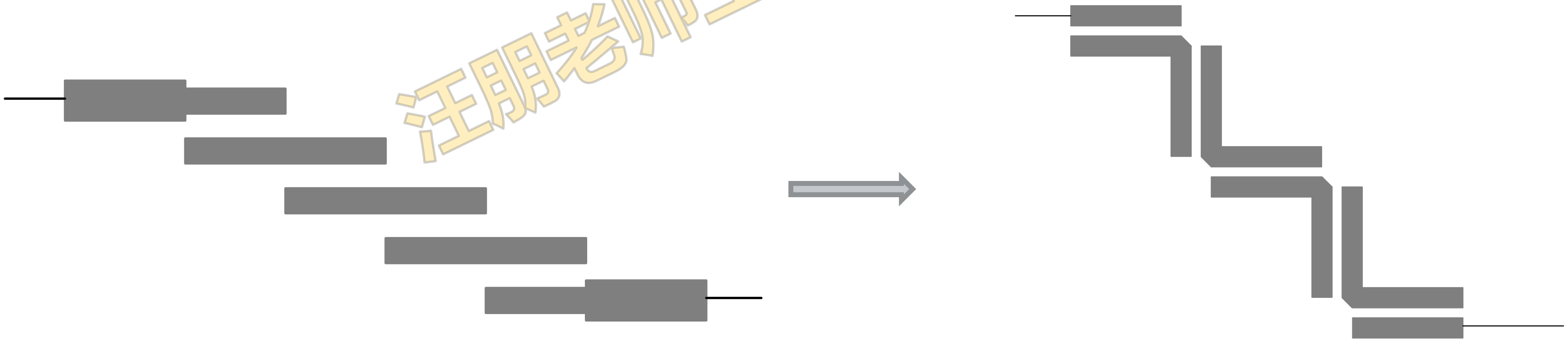
半集总LC滤波器

微带带通耦合滤波器

平行耦合结构形态改造

原则：能够满足耦合线在网络中的传输模态即可进行耦合线的形态设计





THANK YOU !!