

基于 ADS 仿真设计的微带带通滤波器

■ 西南交通大学理学院 韩持宗 朱静

摘要: 本文介绍了一种借助 ADS2005a 仿真软件设计微带带通滤波器的方法, 并仿真设计出了一个平行耦合线带通滤波器。仿真结果表明: 这种方法是简单可行的, 并且能满足工程设计要求。

关键词: ADS2005a; 仿真; 平行耦合线; 带通滤波器

引言

在射频通信系统中, 无论是发射机还是接收机, 都需要选择特定频率的信号进行处理, 滤除其他频率的干扰信号, 这就需要使用滤波电路来分离有用信号和干扰信号。因此, 高性能的滤波器对设计一个好的射频通信系统具有重要意义。微带电路由于体积小、重量轻、频带宽、易于与射频电路匹配等优点, 近年来在滤波电路中得到了广泛的应用。

本文借助 ADS2005a (Advanced

Design System) 仿真软件, 设计出了一条边缘耦合的平行耦合线带通滤波器。

基本原理

边缘耦合的平行耦合线由两条相互平行且靠近的微带线构成。根据传输线理论, 每条单独的微带线都等价于小段串联电感和小段并联电容, 平行耦合线还需要考虑耦合电容和电感。

每条微带线的特征阻抗为 Z_0 , 相互耦合的部分长度为 L , 微带线

的宽度为 W , 微带之间的距离为 S , 偶模特征阻抗为 Z_e , 奇模特征阻抗为 Z_o 。使用单个单元电路不能获得良好的频率特性, 可以采用如图 1

所示的对称级联的方法获得良好的频率特性。

级联微带带通滤波电路的主要设计步骤如下:

1. 确定滤波器的参数: 根据要求的截止频率 ω_H 和 ω_L , 确定归一化

$$\text{带宽 } BW = \frac{\omega_H - \omega_L}{\omega_0} \quad (\omega_0 = \frac{\omega_H + \omega_L}{2})$$

$$\text{和归一化频率 } \Omega = \frac{f_0}{f_H - f_L} (\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f})$$

选择归一化低通滤波电路的原型, 得到归一化设计参数 $g_1, g_2, \dots, g_N, g_{N+1}$ 。

2. 使用 $g_1, g_2, \dots, g_N, g_{N+1}$ 和 BW 可以确定带通滤波器电路中的设计参数耦合传输线的奇模和偶模的特征阻抗:

$$Z_{O,i,i+1} = Z_0 [1 - Z_0 J_{i,i+1} + (Z_0 J_{i,i+1})^2];$$

$$Z_{E,i,i+1} = Z_0 [1 + Z_0 J_{i,i+1} + (Z_0 J_{i,i+1})^2]$$

$$(\text{其中 } J_{0,1} = \frac{1}{Z_0} \sqrt{\frac{\pi BW}{2g_0\delta_1}}; J_{i,i+1} =$$

$$\frac{1}{Z_0} \sqrt{\frac{\pi BW}{2\delta_i\delta_{i+1}}}; J_{N,N+1} = \frac{1}{Z_0} \sqrt{\frac{\pi BW}{2g_N\delta_{N+1}}})$$

3. 根据微带线的偶模和奇模阻抗, 按照给定的微带线路板的参数, 使用 ADS 中的微带线计算器 LineCalc 计算得到微带线的几何尺寸 W 、 S 、 L 。

4. 连接好电路, 将计算出的 W 、 S 、 L 输入, 扫描参数为 $S_{1,1}$ 、 $S_{1,2}$, 进行仿真。

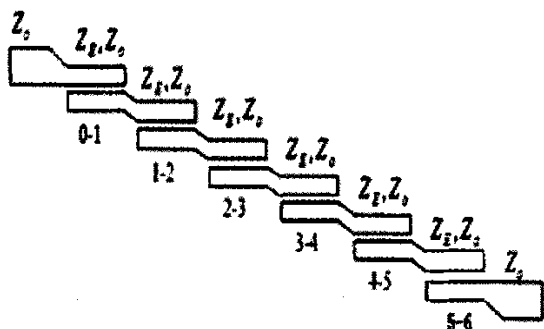


图 1 5 阶带通滤波电路

5. 一般来说,理论值的仿真结果和实际结果都有很大出入,需要进行优化。可以使用 Tune 工具进行优化,或者采用 Optim 工具。

6. 观察最终的优化结果,直到达到设计要求。

设计过程

设计要求

中心频率为 5GHz, 带宽为 8%, 通带内的纹波为 3dB, 要求在 5.3GHz 处具有不小于 30dB 的衰减。

微带电路板参数如下: 厚度 1.27mm, 介质相对介电常数为 $\epsilon_r=9.8$, 相对磁导率为 $\mu_r=1$, 金属电导率 $\text{Cond}=(\text{S/m})$, 金属层厚度 $T=0.03\text{mm}$, 损耗正切角 $\tan\delta=0$, 表面粗糙度 $\text{Rough}=0\text{mm}$ 。

计算参数

1. 5.3GHz 的归一化频率为 $\Omega=1.476$ 。根据要求选择滤波器原型为 3dB 等纹波切比雪夫低通滤波电路, 在 $\Omega=1.476$ 处, 具有大于 30dB 的衰减, 查表可知至少需要选择 5 阶滤波电路, 本文即选择 5 阶滤波电路。对应的归一化参数为: $g_0=1.0, g_1=g_3=3.4817, g_2=g_4=0.7618, g_5=4.538, g_6=1.0$

2. 通过计算可得奇模和偶模阻抗, 如表 1 所示(单位 Ω)。

3. 根据微带电路板参数, 使用 ADS 中的微带线计算器计算得到两端 50 Ω 的微带线参数 $W=1.224760\text{mm}$, 任意选取 $L=2.5\text{mm}$ 。

4. 按照图 1 连接好电路, 将电路图中微带电路板及各耦合微带线的参数设置好, 仿真的频率扫描范围设置为 4GHz~6GHz, 扫描步长为 10MHz, 结果如图 2 所示。

从图 2 中看出, 中心频率点为

表 1

耦合段编号	0	1	2	3	4	5
偶模阻抗 Z_e	61.304	54.156	53.608	53.608	54.156	61.304
奇模阻抗 Z_o	42.306	46.440	46.849	46.849	46.440	42.306

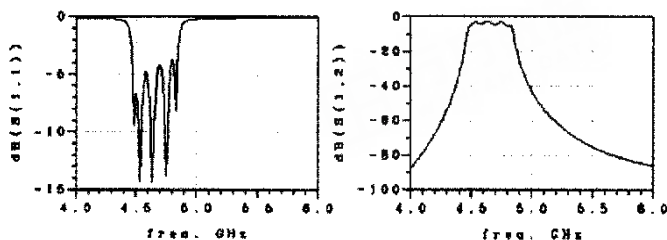


图 2 理论计算值的模拟结果

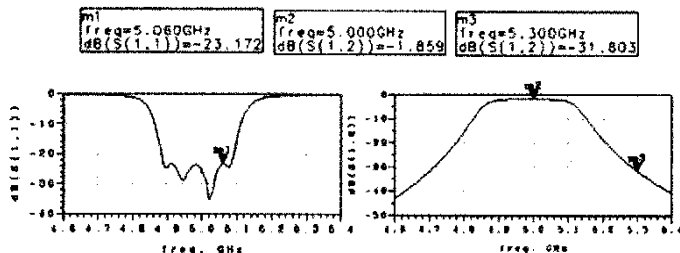


图 3 优化后的模拟结果

4.7GHz, 带宽 4.4GHz~4.9GHz, 为 10.6%。这显然不符合设计要求, 主要是中心频率点偏移太大(中心频率点为 5GHz, 带宽为 8%), 并且通带内的反射系数较大(5dB)。这些参数与设计目标差距很大, 因此需要对其进行优化。

5. 采用 Optim 进行优化, 可得到优化后各耦合微带线的参数。

频率扫描范围设置为 4.6GHz~5.4GHz, 扫描步长为 10MHz, 结果如图 3 所示(选用 Maker 读出图中各点的参数)。

6. 由图 3 可以看出, 经过优化后的滤波器中心频率为 5.0GHz, 带宽为 4.8GHz~5.2GHz, 为 8%, 通带内的反射系数小于 20dB, 5.3GHz 处的衰减达到 31.8dB, 完全达到了设

计要求。

结语

本文从边缘耦合的平行耦合线滤波器的基本原理出发, 完整地阐述了一种采用 ADS2005a 仿真设计微带带通滤波器的方法, 并通过仿真设计了一个微带带通滤波器, 从仿真结果来看, 这种方法是可行的。■

参考文献:

1. 刘长军, 黄卡玛, 阎丽萍. 射频通信电路设计[M]. 北京: 科学出版社
2. 苏建欢. 用 ADS 仿真设计制作一种高性能的微带低通滤波器[J]. 河池学院学报, Oct.2004, Vol.24 No.4: 57-60

微波滤波器设计培训——视频课程

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立, 致力和专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养, 是国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地。客户遍布中兴通讯、研通高频、国人通信等多家国内知名公司, 以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

我们推出的微波滤波器设计培训专题, 有资深工程师领衔主讲, 课程既有微波滤波器设计原理的详细解释, 也有各种仿真分析工具的实际设计应用讲解, 设计原理和设计仿真实践相结合, 向大家呈现各种结构的微波滤波器的完整设计流程。旨在帮助大家透彻地理解并实际的掌握各种微波滤波器的设计。



微波滤波器设计培训专题视频课程

高清视频, 专家授课, 中文讲解, 直观易学; 既有微波滤波器设计原理的详细解释, 也有像 ADS、CST、HFSS 各种仿真分析工具的实际设计应用讲解, 旨在帮助大家透彻地理解并实际的掌握各种微波滤波器的设计。

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/filter/>

更多专业培训课程:

- **HFSS 视频培训课程**

网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/>

- **CST 视频培训课程**

网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/>

- **天线设计专业培训课程**

网址: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/>