

# 一种新型多层带通滤波器的设计

张文剑 李征帆

(上海交通大学电子工程系, 上海 200030)

**摘要** 本文提出了一种新型的集中滤波器电路。该滤波器能够抑制谐波, 并改善阻带特性, 可以用 LTCC 或者 PCB 等多层电路技术实现。文中给出了切比雪夫二阶滤波器的设计公式并给出了一个设计实例及其结果。

**关键词** 带通滤波器 多层 谐波抑制

## 1 引言

滤波器在射频系统中扮演着重要的角色。近年来无线通信迅速发展, 对滤波器的要求也越来越高: 性能高、尺寸小、重量轻、成本低。在通信系统中, 通常要求滤波器能够抑制谐波, 并且具有较好的阻带特性, 以提高系统的整体性能。在传输线滤波器中加入电子带隙 (EBG) [1] 或者缺陷接地结构 (DGS) [2] 可以抑制谐波, 展宽阻带, 但是这样的滤波器尺寸较大, 不利于集成。用多层电路实现的集中滤波器体积较小, 布线灵活, 适合集成到系统中[3-4]。

## 2 设计理论

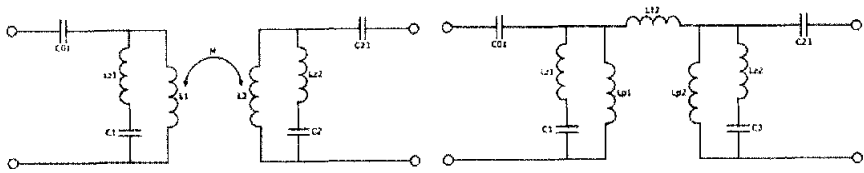


图1 集中滤波器电路

图2 变换后的滤波器电路

图1给出了集中带通滤波器的电路模型, 该电路在上阻带具有两个传输零点[6], 其中一个零点可以用来得到更陡的过渡带, 另一个可以用来抑制谐波, 同时展宽阻带。为

了简化设计, 我们把图 1 所示电路变换到图 2 所示电路, 可以根据电路理论很方便的得到其元件值的对应关系[5]。两个传输零点为:

$$\omega_{z1} = \frac{1}{\sqrt{L_{z1}C_1}}, \quad \omega_{z2} = \frac{1}{\sqrt{L_{z2}C_2}} \quad (1)$$

对于切比雪夫二阶带通滤波器, 假设设计参数包括: 通带中心频率 ( $\omega_0$ ), 带宽 ( $w$ ), 通带波纹 ( $L_{Ar}$ ), 传输零点 ( $\omega_{z1}$ ,  $\omega_{z2}$ ) 和端口负载 ( $G_A$ ,  $G_B$ ), 我们可以首先得到其全部的电路参数[7], 然后用多层电路实现各个元件。

### 3 设计实例及结果

我们设计了一个 2.4GHz 的带通滤波器, 其设计指标为:  $f_0 = 2.4GHz$ ,  $f_{z1} = 3.1GHz$ ,  $f_{z2} = 4.8GHz$ ,  $L_{Ar} = 0.1dB$ ,  $w = 5\%$ , 相应的电路元件值为:  $C_{01} = 0.82pF$ ,  $C_{23} = 0.58pF$ ,  $C_1 = 1pF$ ,  $C_2 = 2pF$ ,  $L_{z1} = 2.64nH$ ,  $L_{z2} = 0.55nH$ ,  $L_1 = 1.44nH$ ,  $L_2 = 1.41nH$ ,  $M = 0.15nH$ 。图 3 给出了电路模型的 S 参数。

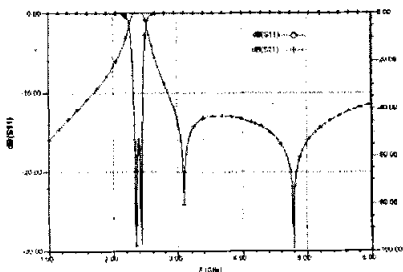


图 3 电路模型的 S 参数

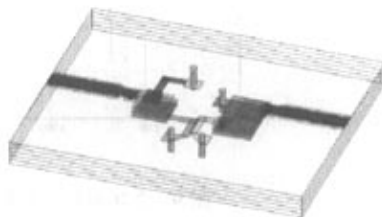


图 4 多层 PCB 实现的滤波器

然后我们把图 1 中的集中元件在五层 PCB 中实现, 其三维图形如图 4 所示。介质采用普通的 FR4, 介电常数为 4.8, 每层介质厚度为 0.3mm。

最上层 (即第一层) 和最下层 (即第六层) 是接地层, 中间四层是布线层。集中电

容用平板电容来实现, 由于电感量较小, 用半圈或者一圈带状线即可实现集中电感。图 5-8 给出了中间四层的布局图。

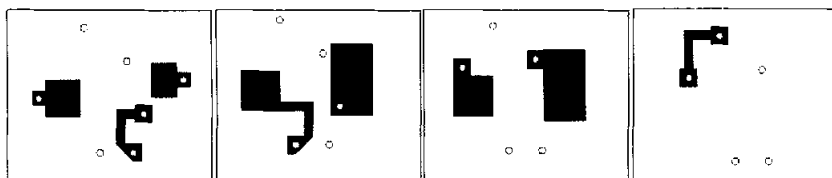


图 5 第二层布局 图 6 第三层布局 图 7 第四层布局 图 8 第五层布局

由于在多层布局中, 元件之间相互重叠, 带来了很大的寄生效应, 得到各元件的初始尺寸之后, 还必须对其进行全波电磁场仿真, 以得到准确的结果。首先调整电感  $L_1$  和  $L_2$  的尺寸和位置, 将滤波器的通带中心移到 2.4GHz, 初步得到较好的通带插损, 然后调整  $C_{01}$  和  $C_{23}$  的尺寸, 改善端口的驻波比, 然后对整体布局进行优化以满足所有指标。图 9 给出其全波电磁场仿真结果。该滤波器大小为 19.2mm x 16.4mm x 1.5mm。

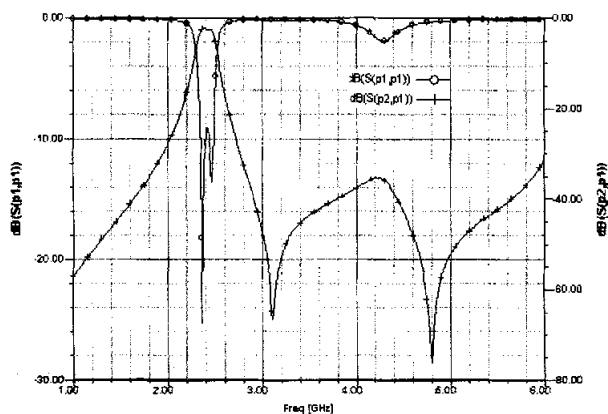


图 9 2.4GHz 带通滤波器的全波仿真结果

#### 4 总结

本文给出了一种新型的集中滤波器的设计公式以及其在多层电路中的实现。从仿真结果可以看出, 该滤波器可以抑制谐波, 展宽阻带。同时其结构紧凑, 布局灵活, 体积很小, 可以很方便的集成到系统中。

## 参考文献

- [1] T.Kim and C.Seo, "A novel photonic bandgap structure for low pass filter of wide stopband," IEEE Microwave Guided Wave Lett., vol.10, pp.13-15, Jan. 2000
- [2] J.S.Park, J.S.Yun and D.Ahn, "A design of the novel coupled-line bandpass filter using defected ground structure with wide stopband performance," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.50, pp.2037-2043, Sep. 2002.
- [3] A.Sutono, J.Laskar, and W.R.Smith, "Development of three dimensional Bluetooth image reject filter," in IEEE MTT-S Int. Microwave Symp.Dig., vol.1, Boston, MA, 2000, pp. 339-342.
- [4] A.Sutono, J.Laskar, and W.R.Smith, "Design of miniature multilayer on-package integrated image-reject filters," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.51, pp.156-162.
- [5] L.K.Yeung, and K.L.Wu, "A compact second-order LTCC bandpass filter with two finite transmission zeros," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.51, pp.337-341.
- [6] W.Y.Leung, K.K.M.Cheng, and K.L.Wu, "Design and implementation of LTCC filters with enhanced stop-band characteristics for Bluetooth applications," Asia-Pacific Microwave Conference, vol.1-3, pp.1008-1011, Dec. 2001.
- [7] G.L.Matthaei, L.Young, and E.M.T.Jones, Microwave Filters Impedance Matching Networks and Coupling Structures. New York: McGraw-Hill, 1980, Chapter 8.

## 微波滤波器设计培训——视频课程

易迪拓培训([www.edatop.com](http://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/>