

微波滤波器设计的新观点

白志强, 丁君, 郭陈江

(西北工业大学 电子信息学院, 陕西 西安 710129)

摘要: 根据三角级数展开理论, 将理想滤波器特性曲线做级数展开, 然后用单节微带线逼近展开式中的一项或多项, 级联后逼近理想的滤波器特性曲线。该方法避免了传统滤波器设计方法中的微带线建模分析的困难, 在设计出的电路形式中, 各单元的作用更易理解, 给滤波器的调节也带来了方便。最后给出了该方法的设计实例, 具有较好的频率特性曲线。

关键词: 级数展开; 微带线; 单元分解; 波形叠加

中图分类号: O453

文献标识码: A

文章编号: 1674-6236(2012)21-0153-03

A new viewpoint on microwave filter design

BAI Zhi-qiang, DING Jun, GUO Chen-jiang

(Electronic and Information School, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710129, China)

Abstract: According to the theory of expansion of series, decompose microwave filter frequency response in series, use single microstrip line to approximate the items and combine them, consequently get the approximate ideal frequency response. This method avoid the difficulties of microstrip line modeling, and get a easy approach to the benefits of filter elements, which makes the adjustment work easier. In the end, produce an example which shows good frequency response.

Key words: expansion of series; microstrip line; cell decomposition; fusion of waves

传统的微波滤波器设计方法从滤波器特性曲线入手, 通过网络综合得到集总参数元件的组成模型, 进而再用分布参数元件逼近集总参数元件, 从而将电路结构由集总参数变为分布参数^[1-2]。对于初次接触滤波器设计的人员来说, 这种方法具有直观易懂的优点, 但是其缺点在于由集总参数模型向分布参数模型转变的过程中, 因为分布参数元件频率特性复杂, 建模难度较大。现有的文献中只有少数几种分布参数的电路形式有完整的建模分析过程, 对于不同的情况下的工程设计有一定的缺憾。近年来复合左右手传输线等新型结构因其能大幅缩短电路尺寸, 而在微波电路中展现了良好的应用前景, 将复合传输线应用到微波滤波器设计中, 成了滤波器设计的一个发展的新趋势^[3-4]。

随着计算机性能的提高和电路设计软件功能的完善^[5-6], 本文提出了一种滤波器设计的新观点。从滤波器的频率特性曲线出发, 尝试直接进行分步参数滤波器的设计, 去掉了集总参数模型的建模环节, 改用软件分析代替。

理想的滤波器频率特性曲线, 可用一个门函数表示。对其做傅里叶级数展开, 可将原函数用在区间内的无穷多项三角函数进行逼近。在实际应用中, 取该级数的前若干项, 逼近后的新函数和原函数相比, 通带不再是理想的平坦特性, 通带和阻带之间也有一定的过渡带, 过渡带的长度由所取的项数决定; 另一个不同之处是新函数比原函数多了寄生通带,

原因在于选用的逼近函数是周期性的, 三角函数的周期性和微带线的周期性十分相近, 因此可以考虑利用不同微带线的组合来逼近滤波器频率特性曲线。

1 微带线单元模型的频率特性分析

一个微波滤波器可以看作是如下单元的某种组合。

1) 单段微带线, 如图1所示。



图1 单段微带线

Fig. 1 Single microstrip line

阻抗匹配的微带线在很宽的频段内近似为一条直线, 随着频率增加, 损耗略有增大。这是由于微带线本身是有耗的, 波数中的阻抗系数随频率增加而增大。非阻抗匹配的微带线为近似正弦曲线, 且微带线特性阻抗偏离匹配阻抗值越大时, 正弦曲线的幅值越大。

将若干段微带线直接级联, 可以组成近似的滤波器特性曲线, 这种方式需要多节微带线, 电路尺寸较大。

2) 窄边耦合的微带线, 如图2所示。



图2 窄边耦合的微带线

Fig. 2 Narrow-coupled microstrip line

收稿日期: 2012-06-07

稿件编号: 201206045

作者简介: 白志强(1988—), 男, 湖北黄石人, 硕士研究生。研究方向: 微波电路设计。

单节窄边耦合的微带线和单段微带线相比,在某些通带上宽度已有所展宽,但是总体上看仍为近似正弦曲线,要逼近理想的滤波器频率特性仍需要若干节窄边耦合微带线级联。

3) T型微带短截线,如图3所示。

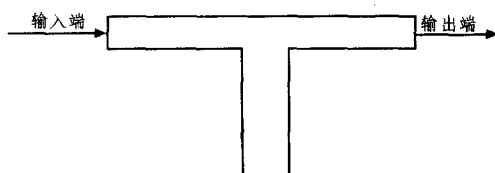


图3 T型微带短截线
Fig. 3 T-type microstrip stub

T型微带短截线为明显的带阻特性,阻带尖锐且通带较宽。若用T型微带线级联逼近滤波器特性曲线,需要多节。当T型微带短截线间距较近时,相邻线之间会出现耦合,此时模型3就变成了模型6(见下文),特性曲线也会有所改变。

4) 十字形微带短截线,如图4所示。

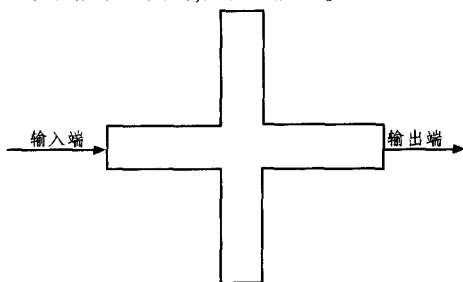


图4 十字形微带短截线
Fig. 4 Cross-type microstrip stub

根据T型微带短截线的分析结果,可以猜测十字形微带短截线的特性曲线应与其相同,但是相同尺寸下通带和阻带的衰减应当会更大一些。

十字形微带短截线的特性曲线与猜测中的结果相符。

在现有的各种滤波器设计图形中,T型和十字形短截线一般用于设计带阻或宽带带通滤波器,或者与其它形式组合组成带通滤波器。

5) 宽边耦合的微带线,如图5所示。



图5 宽边耦合的微带线
Fig. 5 Wide-coupled microstrip line

单节宽边耦合微带线的频率特性与理想滤波器特性曲线相符较好。这种单元也是滤波器设计中常用的一种单元。

6) 宽边耦合线的另一种连接形式,如图6所示。

这种形式也具有带阻特性,但它的两根短截线同时具有耦合,可以看作是两段相距很近的T型微带短截线的等效模型。同样的,两段相距很近的十字形微带短截线也可以用这种模型等效。

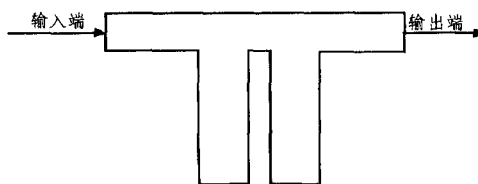


图6 宽边耦合线的另一种连接形式
Fig. 6 Another type of wide-coupled microstrip line

2 单元模型的组合及调节优化

根据所需滤波器的频率特性,利用上述的常用单元进行组合,可以设计出不同形式的滤波器结构。模型5和模型6通常作为滤波器设计中的主要单元,调节其尺寸使其频率特性与设计目标的频率特性基本相符,然后添加模型1、模型2、模型3和模型4中的一种或若干种,在边缘频带或寄生频带上压低频率响应,或使阻带更陡。单元模型的选取没有唯一性。

利用上述单元模型,可以组成如下的滤波器结构,如图7所示。该结构利用到上述单元中模型的(1)(3)(5),且呈中心对称形式。根据上面的单元分析,可推测该滤波器结构应具有带通特性。

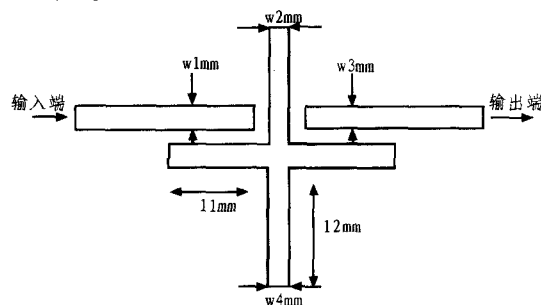


图7 利用单元组合而成的一种滤波器结构
Fig. 7 A filter type made of elements

优化后的参数为: $l_1 = 2.37749 \text{ mm}$, $l_2 = 2.47673 \text{ mm}$, $w_1 = 1.57125 \text{ mm}$, $w_2 = 2.02233 \text{ mm}$, $w_3 = 1.26636 \text{ mm}$, $w_4 = 4.88915 \text{ mm}$

频率特性如图8所示。

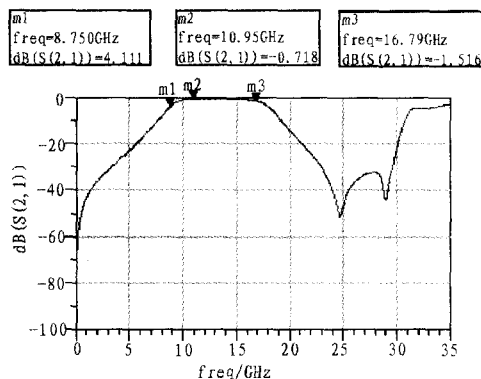


图8 优化后的频率特性
Fig. 8 Optimized frequency response

从图中可以看出,滤波器带内具有良好的频率特性,但过渡带过宽,这是一个明显的缺点。为了让过渡带更陡峭,根据第二部分的单元分析的结果,在原图左右两侧的各加上一段短截线,如图9所示。

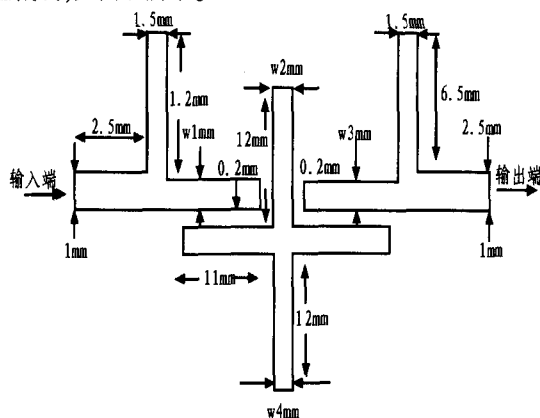


图9 添加了两段短截线后的新结构

Fig. 9 New structure with additional two stubs

仿真优化结果如图10所示。

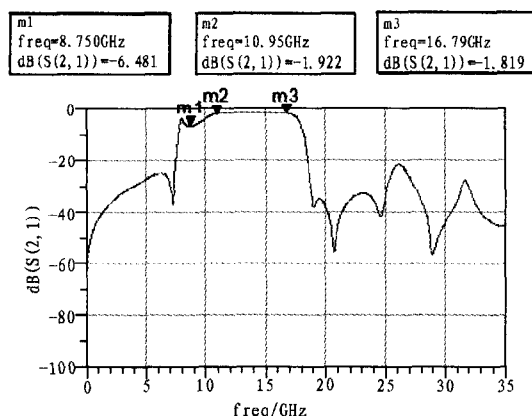


图10 优化后的频率特性

Fig. 10 Optimized frequency response

由图中可以看出,左右两侧的两段短截线明显的改善了过渡带的频率性能,而其原理正是依据上文所指出波形叠加思想。

3 结论

将理想滤波器特性曲线做级数展开,然后用单节微带线逼近展开式中的一项或多项,级联后逼近理想的滤波器特性曲线。该方法避免了传统滤波器设计方法中的微带线建模分析的困难,在设计出的电路形式中,各单元的作用更易理解,给滤波器的调节也带来了方便。

参考文献:

- [1] Matthaei G L, Young L, Jones E M T. Microwave Filters, Impedance-Matching Networks, and Coupling Structures[M]. Artech House, 1980.
- [2] L Besser, Gilmore R. Practical RF circuit design for modern wireless systems[M]. Volume I, Passive Circuits and Systems, Artech House, 2003.
- [3] Pozar D M. Microwave Engineering[M]. Third Edition, 北京:电子工业出版社, 2006.
- [4] Weber R J. Introduction to microwave circuits radio frequency and design applications[M]. 北京:电子工业出版社, 2006.
- [5] 徐兴福. ADS2008射频电路设计与仿真实例[M]. 北京:电子工业出版社, 2009.
- [6] 黄玉兰. ADS射频电路设计基础与典型应用 [M]. 北京:人民邮电出版社, 2010.

(上接第152页)

Radar, 2004, 26(4):47-50.

- [4] Petrovic M M, Dimitrijevic D D, Kostic A T. Sampling rate influence on detection performance of CFAR algorithms implemented in radar extractor[C]. TELSIKS 2001: 57-60.

- [5] 罗勇江, 刘书明, 肖科. VisualDSP++集成开发环境实用指南[M]. 北京:电子工业出版社, 2008.

- [6] 刘书明, 罗勇江. ADSP TS20XS系列DSP原理与应用设计[M]. 北京:电子工业出版社, 2007.

欢迎投稿! 欢迎订阅! 欢迎刊登广告!

国内刊号: CN61-1477/TN

国际刊号: ISSN 1674-6236

在线投稿系统: <http://mag.ieechina.com>

dzsjgc@vip.163.com (广告)

地址: 西安市劳动南路210号5-1-3信箱

邮政编码: 710082

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/>