

一种基于嵌入带阻元件的集总参数双通带滤波器

刘云 窦文斌

(东南大学毫米波国家重点实验室, 南京 210096)

Lycloud1978@163.com

摘要: 本文提出了一种集总参数的双通带滤波器。该滤波器可当作是从电容耦合单通带滤波器演化而来。在这个新型滤波器中, 原来用作谐振器间耦合的电容更改为了两个等值电容串联, 并在中间位置加载串联谐振器。这种新的耦合结构具备了带阻特性, 可以用来将原来的单通带撕裂为两个通带, 即形成双通带滤波器。优化方法被用于该滤波器的设计。通过一个VHF频段的双通带设计实例及其测量结果, 我们证实了这种设计方法的可行性。该网络同样适合于在其他频段用准集总电路形式进行实现。

关键词: 双通带滤波器, 集总参数, 带阻元件, 串联接地谐振器

A Lumped Dual-band Filter Designed with Bandstop Elements Embedded

Liu yun, Dou wenbin

(State key laboratory of millimeter waves, Southeast University, Nanjing, 210096)

Abstract: This paper presents a novel dual-band filter network realized with lumped elements. In this topology, we modify the coupling element of a coupled resonator filter from a single capacitor to a couple of capacitors with a shunt serial resonator loaded between them. After this modification, the coupling element achieves bandstop function, which can split the former passband into two, thus a dual-band response is realized. A prototype dual-band filter of VHF band is designed using an optimizing method, and the experiment results have well approved the feasibility of the filter network.

Keywords: Dual-band filter; lumped elements; bandstop elements

1 引言

近几年来, 随着人们对移动通信的需求的增长, 无线网络迅猛发展, 并形成了多种标准的通信系统并存的局面。多模射频前端及其组成器件如多通带滤波器等成为了当前一个研究热点。与此类似, VHF和UHF频段在军用和民用通信方面被广泛使用, 并且标准和具体使用频率范围不一; 当涉及到多个系统协同工作时, 也存在对多模系统及多通带部件, 如双通带滤波器的需求。

当前双通带滤波器的实现存在多种形式。文[1]利用适合的公共端结构将两个不同的带通滤波器合成为一个双带通滤波器。文[2]和[3]将四分之一波长和半波长的阶梯阻抗谐振器(SIRs)用于双通带滤波器的实现。文[4]中通过将带通滤波器和带阻滤波器级联来实现通带的分割, 其缺点在于尺寸太大。以上几种分布式参数滤波器往往适合频率在L波段以上的应用。对于UHF和VHF等频段的双通带滤波器, 集总参数网络是比较合适的方案, 可显著缩小

体积。[5]中提出一种耦合谐振对结构, 其奇模和偶模分别可以作为一个双通带滤波器的两个谐振频率, 用以支持双通带的实现, 但是明显的, 其拓扑结构过于复杂。本文提出了一种新型的集总参数双通带滤波器网络。这种网络将传统电容耦合谐振腔滤波器的耦合元件由单电容改变为两个串联电容, 并在中间加载串联谐振器。该方法使得耦合元件具有带阻性能, 因而将通带一分为二, 实现双通带。其电路形式更加简单而易于实现。

2 滤波器的结构与设计

一个电容耦合的二阶带通滤波器往往如图1.(a)所示, 并联LC谐振器谐振之间通过电容进行耦合。电容 C_c 是一个 π 形电容网络的一部分(该电容网络用来实现J变换器, 其中另外两个接地负值电容被旁边两个谐振器中的接地电容吸收)。电容 C_i 用作输入端耦合。提高这些耦合电容的值可以获得更宽的带宽。

电容 C_c 可等效为两个容值 $2C_c$ 的电容的串联。

设计实例

如图1.(b),为了实现双通带滤波器,我们在两个电容之间的A点加载了一个串联接地谐振器。通过设计,我们使得该串联LC谐振器的谐振频率与原带通滤波器的中心频率一致。经过修改之后的耦合网络可以被看作是一个“部分失效”的J变换器。也就是说,在原带通滤波器中心频率附近,由于该加载的谐振器产生带阻效应,频率信号不能通过滤波器,该耦合网络失效;而在稍远离中心频率的其他通带部分,加载的串联谐振器产生的影响较小,因而通带性能得到维持。由此可以知道,原带通滤波器的通带被该带阻元件在中心频率附近撕裂,产生了两个通带。

两通带之间的间隔与加载的串联谐振器的电抗斜率相关。当电抗斜率越大,则带阻带宽越宽,相应的两通带之间间隔越大。由于两个通带的带宽由原通带带宽,带阻元件阻带带宽,以及各自的中心频点所决定,因此两个通带的带宽和中心频率有比较多的设计自由度。通常,在理想带通滤波器的基础上引入带阻元件并不能很精准的得到所需得两个通带,并保证其驻波较低。实际设计过程往往是从一个初始设计出发,通过参数的优化来获得满足两个通带指标的双通带滤波器。

该双带通滤波器也可以被看成是带阻滤波器和带通滤波器相互嵌入。相比于文献[4]中的级联带通带阻滤波器,该电路结构更紧凑,尺寸更小。

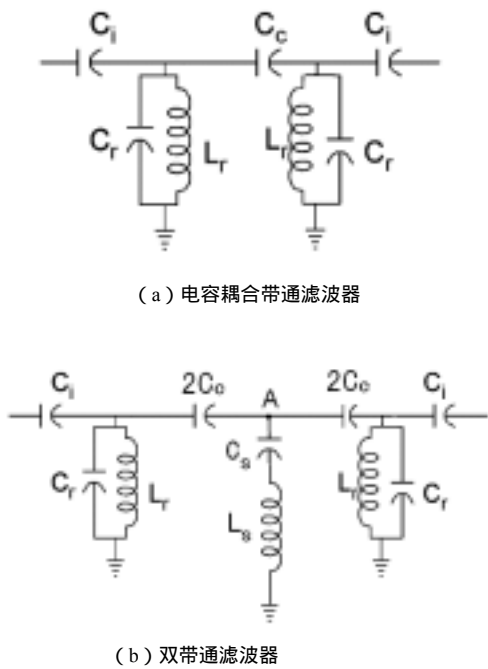


图1 由宽带带通到双通带滤波器的转换：

表1 单通带滤波器电路参数

元件	值
C_r (pF)	3
L_r (nH)	68
C_i (pF)	14
C_c (pF)	7

然后我们加载了一个中心频率为150MHz的串联接地谐振器。在给出初始电路参数后,我们利用Ansoft Serenade 8.7建模并优化,获得该滤波器的电路参数,列为表2。

表2 双带通滤波器电路参数

元件	值
C_r (pF)	10
L_r (nH)	72
C_i (pF)	7.96
C_c (pF)	2
C_s (pF)	1.95
L_s (nH)	598

通过比较表1和表2,我们发现双通带滤波器相对于原来的单通带滤波器,其电路元件值有了很大的变化。这是因为加载的带阻元件对谐振器间耦合大小以及谐振频率都产生了影响,需要对整个电路的参数进行调整来进行补偿。

实验中我们使用0805封装的贴片电容和手绕电感来实现电路中的电容与电感。这种实现方式适合VHF和UHF等低频滤波器的设计,且成本较低。图2比较了仿真曲线和实测曲线,二者比较吻合。测试曲线在两个通带都有13dB以上的回波损耗。两个通带的最低损耗在1dB左右,相互隔离30dB。

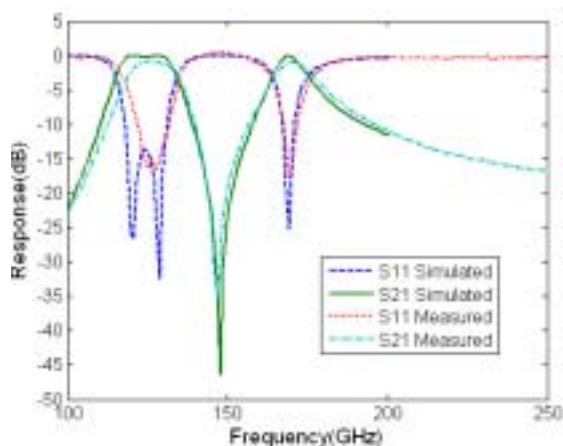


图2 双通带滤波器仿真与测量曲线的比较。

对于频率较高的双通带滤波器，本文提出的双通带滤波网络同样适用。在实现形式上可以采用低温共烧陶瓷技术（LTCC），或者其它准集总参数的平面电路形式，比如悬置微带线技术和共面波导技术。



图3 集总参数双通带滤波器试验照片

5 结论

本文提出了用串联接地谐振器加载耦合电容，以达到撕裂单通带滤波器的通带并产生双通带滤波器的目的。在设计中我们采用了优化的方法。通过对一个VHF频段的双通带滤波器的设计与测量，我们证实了该网络的可行性。这种网络结构紧凑，实现简便，而且同样适合于其他形式和频段的集总参数或准集总的双带通滤波器的设计。

参考文献

- [1] H. Miyake, S. Kitazawa, T. Ishizaki, T. Yamada, and Y. Nagatom, "A miniaturized monolithic dual band filter using ceramic lamination technique for dual mode portable telephones," in *IEEE MTT-S Int. Dig.*, vol. 2, pp. 789–792, Jun. 1997.
- [2] S. F. Chang, Y. H. Jeng, and J. L. Chen, "Dual-band step-impedance bandpass filter for multimode wireless LANs," *Electron. Lett.*, vol. 40, no. 1, pp. 38–39, Jan 2004.
- [3] C. H. Chang, H. S. Wu, H. J. Yang, and C. K. Tzuang, "Coalesced single-input single-output dual-band filter," in *IEEE MTT-S Dig.*, vol. 1, Jun. 2003, pp. 511–514.
- [4] C. Quendo, E. Rius, and C. Person, "An original topology of dual-band filter with transmission zeros," in *IEEE MTT-S Dig.*, vol. 2, Jun. 2003, pp. 1093–1096.
- [5] H. Joshi, W.J. Chappell, "Dual-band lumped- element bandpass filter," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.* vol.54, no.12, pp.4169–4177, Dec.2006.

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/>