

# 微带型 Wilkinson 功分器设计与实现

程敏锋, 刘学观

(苏州大学 电子信息学院 江苏 苏州 215021)

**摘 要** 小型低功耗器件是射频电路设计的研究热点, 而微带技术具有小型化低功耗的优点, 为此在介绍微带型 Wilkinson 功分器工作原理的基础上, 使用基于矩量法的 ADS 软件设计、仿真和优化计算相关数据参数, 并制作了一个微带功分器实例, 最后对加工的样品进行实测, 获得与仿真值吻合较好的预期结果。

**关键词** 功分器; 微带线; 矩量法; ADS

中图分类号: TN772

文献标识码: B

文章编号: 1004-373X(2006)20-025-02

## Design and Realization of Microstrip Wilkinson Power Divider

CHENG Minfeng, LIU Xueguan

(College of Electronic and Information Engineering Soochow University, Suzhou 215021, China)

**Abstract** Low power consumption and miniature component is a study hotspot in design of RF circuit, and microstrip technology has such characteristics. The paper firstly introduces the principle of microstrip Wilkinson power divider using ADS based on the moment method to do some designs, simulations and optimizations about relative parameters computation. Finally, through the test of artificial sample, the good result similar to the value of simulation is acquired.

**Keywords** power divider; microstrip line; method of moment; ADS

随着无线通信技术的快速发展, 各种通讯系统的载波频率不断提高, 小型化低功耗的高频电子器件及电路设计使微带技术发挥了优势。在射频电路和测量系统中, 如混频器、功率放大器电路中的功率分配与耦合元件<sup>[1]</sup>的性能将影响整个系统的通讯质量。文献[2]介绍了各种主要形式的功分器, 随着技术的进步, 目前已有双频功分器问世, 文献[3, 4]中介绍了双频 Wilkinson 功分器设计。本文介绍一种 3 dB Wilkinson 功分器, 在进行原理推导的基础上说明其工作方式, 接着利用 Agilent 公司的 ADS 软件设计并仿真, 根据得到的数据制作实验板, 最后使用 Agilent E5071B 网络分析仪实测, 获得的结果与仿真数据比较吻合。

### 1 功分器工作原理

传输线结构的功率分配器<sup>[5]</sup>如图 1(a)所示, 输入端口特性阻抗为  $Z_0$ , 两段分支微带线电长度为  $\lambda/4$ , 特性阻抗分别为  $Z_{02}$  和  $Z_{03}$ , 终端分别接负载  $R_2$  和  $R_3$ 。

首先做以下 3 条假设:

- (1) Port1 无反射;
- (2) Port2, 3 输出电压相等且同相;
- (3) Port2, 3 输出功率比值为任意指定值  $1/k^2$ 。

根据上面 3 条可得:

$$\begin{cases} \frac{1}{Z_{in2}} + \frac{1}{Z_{in3}} = \frac{1}{Z_0} \\ \left( \frac{1}{2} \cdot \frac{U_2^2}{R_2} \right) = \frac{1}{k^2} \\ \left( \frac{1}{2} \cdot \frac{U_3^2}{R_3} \right) \\ U_2 = U_3 \end{cases} \quad (1)$$

由传输线理论有:

$$\begin{cases} Z_{in2} \cdot R_2 = Z_{02}^2 \\ Z_{in3} \cdot R_3 = Z_{03}^2 \end{cases} \quad (2)$$

设  $R_2 = kZ_0$ , 则  $Z_{02}$ ,  $Z_{03}$ ,  $R_3$  的计算公式为:

$$\begin{cases} Z_{02} = Z_0 \sqrt{k(1+k^2)} \\ Z_{03} = Z_0 \sqrt{(1+k^2)/k^3} \\ R_3 = Z_0/k \end{cases} \quad (3)$$

取  $k = 1$ , 即得到 3 dB Wilkinson 功分器的各参数值为:  $R_2 = R_3 = Z_0$ ,  $Z_{02} = Z_{03} = \sqrt{2}Z_0$ , 为了增加隔离度在 Port2, 3 之间添加了一个电阻  $R = 2Z_0$ , 其结构如图 1(b)所示。通过上述分析得到 3 dB Wilkinson 功分器的所有元件的参数值, 接着就可以进行设计了。

### 2 Wilkinson 功分器的设计

本文使用 Agilent 公司的 ADS 软件进行功分器的设计、仿真和优化获得参数性能较好的尺寸结构, 通过 Protel 软件画出 PCB 图并制作实验板用于测试, 最后制作的功

分器结构如图 2 所示。

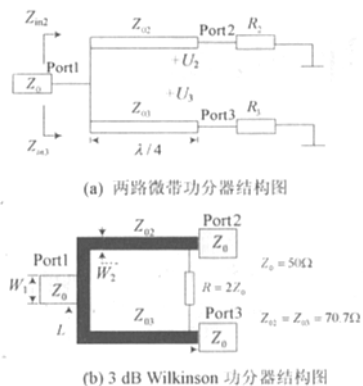


图 1 传输线结构的功分器

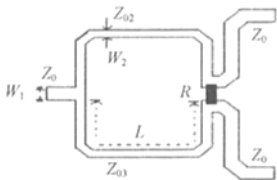


图 2 功分器结构

## 2.1 Wilkinson 功分器的指标参数

描述 3 dB Wilkinson 功分器的关键指标<sup>[1]</sup>有 3 个:

(1) Port1 的回波损耗:

$$RL_1 = -20 \log |S_{11}|$$

(2) Port1 和 Port2 之间的耦合度:

$$CP_{12} = -20 \log |S_{21}|$$

(3) Port2 和 Port3 之间的隔离度:

$$IL_{23} = -20 \log |S_{23}|$$

由对称关系可知,端口 1、3 间的耦合度等于端口 1、2 间的耦合度。在理想情况下,中心频率处的回波损耗和隔离度应该接近负无穷大,耦合度应该尽量接近 3 dB。本文设计的功分器工作在 0.9 ~ 1.1 GHz 频段,中心频率 1.0 GHz,采用双面敷铜的 FR-4 介质板,相对介电常数  $\epsilon_r = 4.3$ ,厚度  $h = 1.5$  mm,要求通带内各端口反射系数小于 -20 dB,端口 2 和端口 3 之间的隔离度小于 -20 dB,端口 1 和端口 2 之间的耦合度小于 3.5 dB。

## 2.2 Wilkinson 功分器的仿真与优化

根据文献[6]中传输线特性阻抗计算方法,可以得到特性阻抗为  $Z_0 = 50 \Omega$  的传输线宽度  $W_1 \triangleq 3$  mm,  $Z_{02} = Z_{03} = 70.7 \Omega$  的传输线宽度  $W_2 \triangleq 1.52$  mm,  $1/4 \lambda$  的  $70.7 \Omega$  传输线长度  $L \triangleq 41.28$  mm。得到上面这些初始值后就可以开始进行下一步的软件仿真,在 ADS 的软件环境中选取各种需要的微带线工具,根据上面获得的数据设置好各个元件的初值。将  $1/4 \lambda$  的传输线长度  $L$  和他的宽度  $W_2$  设置为变量,将  $S_{11}$ ,  $S_{21}$ ,  $S_{23}$  作为优化指标,然后不断进行迭代运算

作者简介 程敏锋 男,1981 年出生,硕士研究生。主要研究方向为无线通信。

和优化,最后得到  $W_2 = 1.8$  mm,  $L = 42.35$  mm,仿真得到  $S_{11}$ ,  $S_{21}$ ,  $S_{23}$  的值分别如图 3 中的实线所示。

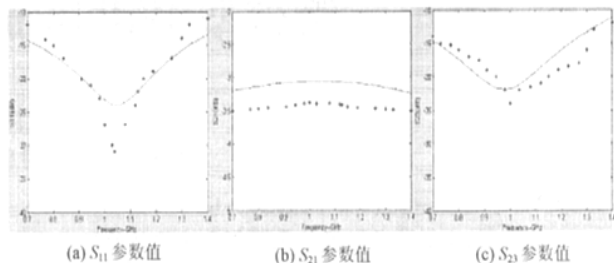


图 3 仿真图

## 2.3 测试结果

功分器各性能指标的测量采用 Agilent 公司的 E5071B 网络分析仪,测试时 3 个端口的其中之一接 50  $\Omega$  匹配负载,  $S_{11}$ ,  $S_{21}$ ,  $S_{23}$  的测试值与仿真值的比较如图 3 所示,从测试结果可见,中心频率有很小的偏移,  $S_{21}$  产生一定误差,这是由于实验采用的双面敷铜介质板本身功率损耗较大且 FR-4 的实际介电常数有偏差的原因。其余各指标均达到设计目标,且测试与仿真值整体上吻合较好。

## 3 结 语

本文介绍了一种 Wilkinson 功分器的设计方法,并给出一个实例的结构尺寸。从图 3 可以看到实验测试结果与仿真值比较接近,说明该设计的可行性。如果我们使用电导率更好的金属做涂敷层和更好的介质板可以大大减小功率损耗,从而可以提高功分器的性能。此外器件的工作频率越高,介质板的介电常数越大,则器件的尺寸就可以做得很小。

## 参 考 文 献

- [1] Reinhold Ludwig, Pavel Bretchko. 射频电路设计——理论与应用[M]. 王子宇,译. 北京:电子工业出版社,2002.
- [2] James J R, Hall P S. Handbook of Microstrip Antennas[M]. Peter Peregrinus, 1989.
- [3] Srisathit S, Virunphun S, Bandudej K, et al. A Dual-band 3-dB Three-port Power Divider Based on a Two-section Transmission Line Transformer[J]. IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig. 2003, 1(8-11): 35-38.
- [4] Lei Wu, Zengguang Sun, Hayattin Yilmaz, et al. A Dual-frequency Wilkinson Power Divider[J]. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques 2006, 54(1): 278-284.
- [5] 刘学观, 郭辉萍. 微波技术与天线[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2004.
- [6] Kai Chang. RF and Microwave Wireless Systems[M]. John Wiley & Sons, Inc, 2000.