

一种改进型微带线定向耦合器及其应用

魏峰¹, 史小卫¹, 陈蕾², 黄丘林¹

(1. 西安电子科技大学 天线与微波技术重点实验室, 陕西 西安 710071;

2. 西安工业大学, 陕西 西安 710032)

摘要: 在传统的微带线定向耦合器设计中, 奇偶模之间不同的相位速度导致了较低的隔离度. 针对此问题提出双枝节功率相消技术, 在微带线定向耦合器的匹配端口添加两个枝节引入失配, 通过调节两个枝节的参数改变匹配端口的反射信号, 使其在接收端口处的幅度和相位产生变化, 从而有效抵消发射端口在接收端口的泄漏信号. 采用这种技术设计了一种工作频段为902~928 MHz的微带线定向耦合器, 并将其应用于超高频射频识别阅读器中. 该定向耦合器工作在920 MHz时隔离度可以达到-65 dB, 耦合度约-10 dB, 有效地改善了超高频射频识别阅读器的收发隔离, 同时将微带线定向耦合器的尺寸减小了20%, 在实际应用中取得了良好的效果.

关键词: 射频识别; 定向耦合器; 隔离度; 方向性; 微带线

中图分类号: TN622 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-2400(2009)02-0281-04

Improved microstrip directional coupler and its application

WEI Feng¹, SHI Xiaowei¹, CHEN Lei², HUANG Qiulin¹

(1. Key Lab. of Antennas and Microwave Technology, Xidian Univ., Xi'an 710071, China;

2. Xi'an Technological Univ., Xi'an 710032, China)

Abstract: A conventional microstrip directional coupler has an inherent drawback of poor isolation due to an unequal phase velocity between even and odd mode. To solve this problem, the technology based power canceller with the dual-stub is presented. Mismatch is induced by the dual-stub added at the Match Port of the microstrip directional coupler. Parameters adjustment of the dual-stub can change the magnitude and phase of the reflected signal from the Match Port at the RX Port, which can effectively cancel the leaked signal from the TX Port at the RX Port. A microstrip directional coupler for the UHF RFID reader with the operating frequency band of the range of 902~928 MHz is proposed. The proposed directional coupler can obtain excellent isolation of -65 dB and coupling of -10 dB at 920 MHz, effectively improve the isolation between TX and RX and decrease the size by 20%. It is successfully used in a practical UHF RFID reader.

Key Words: radio frequency identification; directional coupler; isolation; directivity; microstrip line

射频识别(RFID)技术是现代信息技术发展的产物,与磁卡、IC卡等接触性识别系统不同,该系统可以无线地、非接触地完成自动识别. UHF频段的无源RFID系统(工作频率为860~960 MHz)采用半双工的工作方式,从阅读器到电子标签的数据传输和从电子标签到阅读器的数据传输是交替进行的,但二者之间的能量交换始终存在,如图1所示. 由于无源UHF RFID系统收发信机同时同频工作,所以在阅读器接收前端,发射机泄漏的强信号不可避免地会影响接收机的接收灵敏度,其主要表现就是阅读器对标签的识别距离极大降低. 同时较强的发射泄漏信号也会导致阅读器接收机的低噪声放大器进入饱和区域,降低其动态范围.

为了提高阅读器发射支路与接收支路之间的隔离度,通常采用的方法是使用两个不同极化的天线,分别用于发射与接收. 但是,这种方法会导致制造成本和尺寸成倍增加^[1-2]. 目前有些公司采用铁氧体材料制成的环形

收稿日期:2007-12-18

基金项目:陕西省重大科技创新专项资金项目资助(2007ZKC(一)01-03)

作者简介:魏峰(1978-),男,西安电子科技大学博士研究生, E-mail: fwei@mail.xidian.edu.cn.

器进行收发隔离,然而环行器价格较高,并且隔离度一般也只有 - 30 dB左右^[3],不能满足无源 UHF RFID 系统远距离识别的要求.而微带线定向耦合器结构简单,成本较低,是一个很好的选择,近年来得到了一定应用.但传统微带线定向耦合器奇偶模的相位速度不同,隔离度较低,无法直接应用于无源 UHF RFID 阅读器.为了消除传统微带线定向耦合器不同相位速度的影响,相关文献提出了一些解决措施^[4-5],例如集中元件补偿,在微带线上重叠介质等,但是隔离度并没有明显提高.文献[6]提出一种利用单枝节功率相消技术提高定向耦合器隔离度的方法.笔者对文献[6]所提方法做了进一步的改进,采用双枝节功率相消技术,不但简化了调试过程,进一步缩小了微带线定向耦合器的物理尺寸,同时还提高了收发端口之间的隔离度,在实际应用中取得了很好的效果.

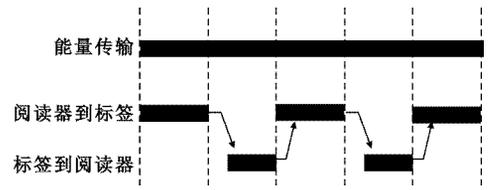


图 1 无源 UHF RFID 系统工作时序图

1 工作原理

传统微带线定向耦合器为 4 端口网络,基本工作原理如图 2 所示.发射信号从端口 1 输入,其中大部分从端口 2 直接输出,部分泄漏到端口 3,端口 4 通常接一个 50 的匹配负载.而接收信号从端口 2 输入,耦合到端口 3,从而实现环行器的功能.

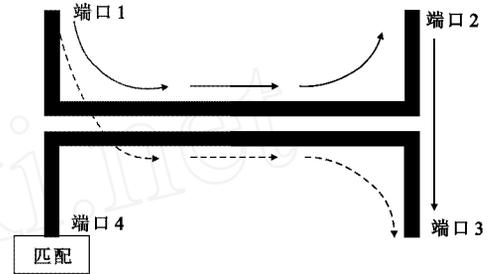


图 2 传统微带线定向耦合器

传统定向耦合器的 s 参数如下^[3]:

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & T & I & C \\ T & 0 & C & I \\ I & C & 0 & T \\ C & I & T & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{bmatrix}, \quad (1)$$

式中 a_n 代表 n 端口的入射波, b_n 代表 n 端口的反射波.在 s 参数矩阵中 T, I, C 分别代表直通、隔离和耦合因子.

笔者设计的微带线定向耦合器工作原理如图 3 所示.其中端口 4 存在如下关系:

$$a_4 = b_4. \quad (2)$$

将式(2)代入式(1),改进的定向耦合器的 s 参数可表示为一个 3×3 阶的矩阵,即

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C^2 & T + C I & 1 + C T \\ T + C I & I^2 & C + T I \\ 1 + C T & C + T I & T^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix}. \quad (3)$$

当端口 1 与端口 3 之间的隔离度非常高时,式(3)中的 S_{31} 近似为 0,所以,在空余端口所需的反射系数为

$$= - 1 / (TC). \quad (4)$$

从以上分析可以看出,调整端口 4 的反射系数,可以改变该端口的反射信号.如果端口 4 的反射信号在端口 3 处的幅度与来自端口 1 的发射泄漏信号的幅度相同,而相位相反,那么端口 3 处发射泄漏的信号就可以被消除,进而提高端口 1 和端口 3 之间的隔离度.通过在端口 4 引入双枝节,从而调整该端口反射波的幅度和相位,实现环路相消.

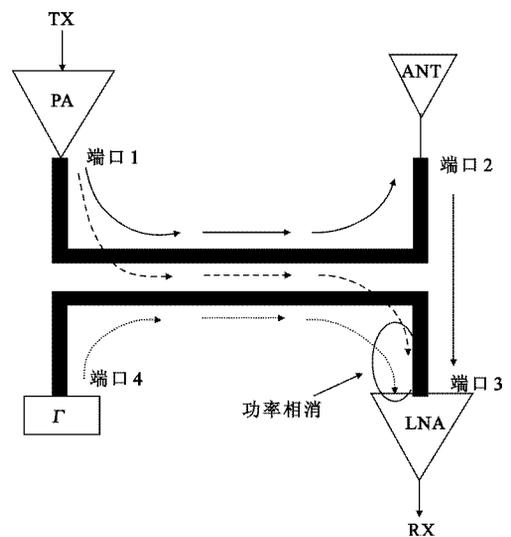


图 3 改进的微带线定向耦合器的基本原理

2 仿真设计

采用 ANSOFT 公司的电磁仿真软件 HFSS 10 对微带线定向耦合器进行了仿真.首先对传统微带线定

向耦合器进行了仿真.传统定向耦合器的耦合度为 - 10 dB,频段范围为902 MHz到928 MHz,采用相对介电常数为 2.65、厚度为1 mm的聚四氟乙烯材料为基板,仿真结果如图 4 所示.从图中可以看到在920 MHz,传统微带线定向耦合器的耦合度为 - 10.195 dB,而隔离度只有 - 27.558 dB.

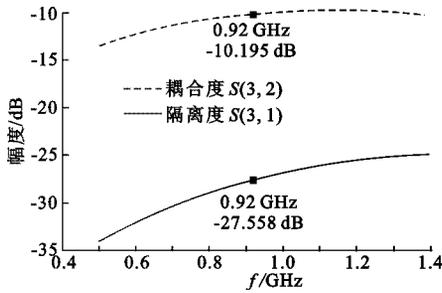


图 4 传统微带线定向耦合器的隔离度和耦合度

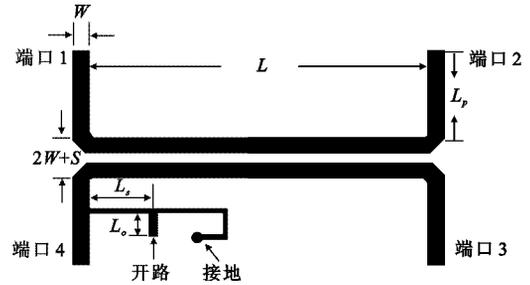


图 5 改进的微带线定向耦合器模型

改进的微带线定向耦合器以传统定向耦合器为基础,但是在空余端口(端口 4)引入两个分布元件:短路枝节和开路枝节,如图 5 所示.经过优化,各部分尺寸为: $L = 46\text{ mm}$, $W = 2.1\text{ mm}$, $S = 0.25\text{ mm}$, $L_p = 14\text{ mm}$;开路枝节位置 $L_s = 8.5\text{ mm}$,开路枝节宽 1.5 mm ,长 $L_o = 2.6\text{ mm}$;短路枝节宽 0.5 mm ,长 30 mm .为了便于比较,同时也仿真了相同尺寸下文献[6]建议的定向耦合器(经过优化).两种微带线定向耦合器的仿真比较结果如图 6 所示.从图中可以看出在920 MHz,笔者设计的定向耦合器的隔离度为 - 89.836 dB,并且在 902 MHz 到 928 MHz 频段内隔离度超过 - 50 dB.与文献[6]的结果比较,隔离度指标有所提高,而耦合器的尺寸减小了约 20%.

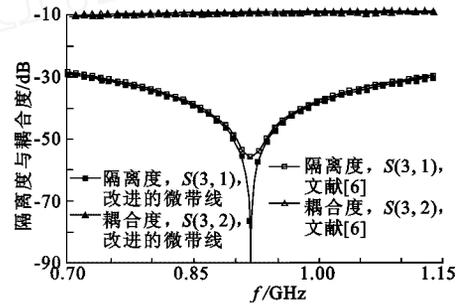


图 6 微带线定向耦合器的隔离度和耦合度仿真数据

3 实验结果

图 7 所示为微带线定向耦合器实物.文中使用安捷伦公司的矢量网络分析仪 N5230A 对定向耦合器进行了测试.耦合度和隔离度测试结果如图 8 所示.

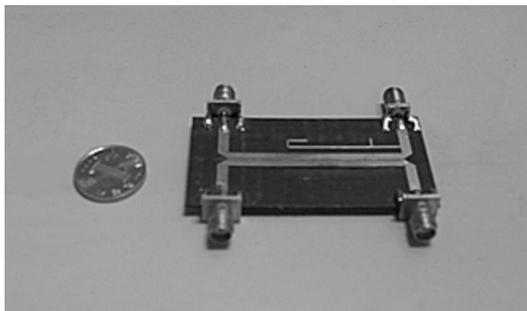


图 7 改进的微带线定向耦合器实物照片

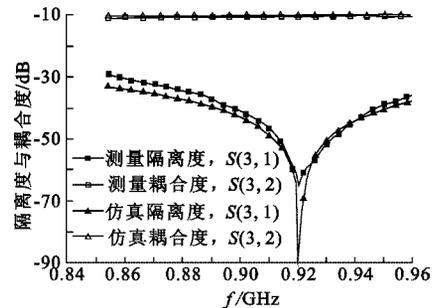


图 8 改进微带线定向耦合器的耦合度实测数据

从图 8 中可以看出,实测结果和仿真结果吻合.笔者设计的定向耦合器在920 MHz的耦合度为 - 10.58 dB,隔离度为 - 65 dB,方向性系数约为 - 54 dB,完全可以满足 UHF RFID 阅读器的使用要求.

4 结束语

在无源 UHF RFID 系统中如何提高收发支路之间的隔离一直是阅读器设计的一个瓶颈.笔者利用双枝节功率相消技术设计了一种微带线定向耦合器,大大改善了两个端口之间的隔离度,在920 MHz频率上隔离

度达到 - 65 dB. 改进后的定向耦合器尺寸较小, 调试方便, 可以替换传统的环行器, 在提高性能的同时也降低了设计成本. 目前该定向耦合器已被成功地应用到自研的 UHF RFID 阅读器中, 获得了良好的使用效果.

参考文献:

- [1] Padhi SK, Karmakar N C, Law C L. Dual Polarized Reader Antenna Array for RFID Application [C]//2003 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium. Columbus: IEEE, 2003: 265-268.
- [2] Kim J S, Shin K H, Park S M. Polarization and Space Diversity Antenna Using Inverted-F Antennas for RFID Reader Applications [J]. Antennas and Wireless Propagation Letters, 2006, 5(1): 265-268.
- [3] Edward T C. Foundation for Microstrip Circuit Design [M]. New York: J Wiley & Sons, 1981.
- [4] March S L. Phase Velocity Compensation in Parallel-Coupled Microstrip [C]//1982 IEEE MTT-S Int Microwave Symposium Digest. Dallas: IEEE, 1982: 410-412.
- [5] Klein J L, Chang K. Optimum Dielectric Overlay Thickness for Equal Even and Odd-mode Phase Velocities in Coupled Microstrip Circuits [J]. Electronics Letters, 1990, 26(5): 274-276.
- [6] Kim Wan-Kyu, Lee Moon-Que. A Passive Circulator with High Isolation using a Directional Coupler for RFID [C]//2006 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest. California: IEEE, 2006: 1177-1180.

(编辑: 郭 华)

(上接第 227 页)

5 总 结

笔者提出了一个最大化传感网络覆盖率的移动辅助部署算法, 算法允许网络中既有静止传感器也有移动传感器, 每个移动传感器的移动能力也可以不同, 移动方式可以跳跃, 也可以连续移动, 衡量移动的开销可以是跳跃的次数, 也可以是移动的距离或者消耗的能量等. 对于这样一般化的传感网络覆盖问题, 算法确定的移动方案能够最大化网络的覆盖率, 并在此条件下最小化移动的开销.

参考文献:

- [1] Akyildiz I F, Sankarasubramaniam Y, Cayirci E, et al. A Survey on Sensor Networks [J]. IEEE Communications Magazine, 2002, 40(8): 102-114.
- [2] Wu J, Yang S. SMART: a Scan-Based Movement-Assisted Sensor Deployment Method in Wireless Sensor Networks [C]// INFOCOM'05. New York: IEEE, 2005: 2313-2324.
- [3] Wang G, Cao G, Porta T L, et al. Sensor Relocation in Mobile Sensor Networks [C]// INFOCOM'05. New York: IEEE, 2005: 2302-2312.
- [4] Chellappan S, Bai X, Ma B, et al. Mobility Limited Flip-Based Sensor Network Deployment [J]. IEEE Trans on Parallel and Distributed Systems, 2007, 18(2): 199-211.
- [5] Wang G, Cao G, Porta T L. Movement-Assisted Sensor Deployment [J]. IEEE Trans on Mobile Computing, 2006, 5(6): 640-652.
- [6] 沈中, 常义林, 崔灿, 等. 无线 Ad Hoc 网络中保留最小能量路径的拓扑控制算法研究 [J]. 西安电子科技大学学报, 2006, 33(3): 341-346.
Shen Zhong, Chang Yilin, Cui Can, et al. Study of the Minimum-energy Path-preserving Topology Control Algorithm for Wireless Ad Hoc Networks [J]. Journal of Xidian University, 2006, 33(3): 341-346.
- [7] Sedgewick R. Graph Algorithms [M]. 北京: 中国电力出版社, 2003.

(编辑: 郭 华)

射频和天线设计培训课程推荐

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,致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;我们于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、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。

易迪拓培训课程列表: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/129.html>



射频工程师养成培训课程套装

该套装精选了射频专业基础培训课程、射频仿真设计培训课程和射频电路测量培训课程三个类别共 30 门视频培训课程和 3 本图书教材;旨在引领学员全面学习一个射频工程师需要熟悉、理解和掌握的专业知识和研发设计能力。通过套装的学习,能够让学员完全达到和胜任一个合格的射频工程师的要求...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/110.html>

ADS 学习培训课程套装

该套装是迄今国内最全面、最权威的 ADS 培训教程,共包含 10 门 ADS 学习培训课程。课程是由具有多年 ADS 使用经验的微波射频与通信系统设计领域资深专家讲解,并多结合设计实例,由浅入深、详细而又全面地讲解了 ADS 在微波射频电路设计、通信系统设计和电磁仿真设计方面的内容。能让您在最短的时间内学会使用 ADS,迅速提升个人技术能力,把 ADS 真正应用到实际研发工作中去,成为 ADS 设计专家...



课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/ads/13.html>



HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程,是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装,可以帮助您从零开始,全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装,更可超值赠送 3 个月免费学习答疑,随时解答您学习过程中遇到的棘手问题,让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

CST 学习培训课程套装

该培训套装由易迪拓培训联合微波 EDA 网共同推出,是最全面、系统、专业的 CST 微波工作室培训课程套装,所有课程都由经验丰富的专家授课,视频教学,可以帮助您从零开始,全面系统地学习 CST 微波工作的各项功能及其在微波射频、天线设计等领域的设计应用。且购买该套装,还可超值赠送 3 个月免费学习答疑...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/24.html>



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书,课程从基础讲起,内容由浅入深,理论介绍和实际操作讲解相结合,全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程,可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线,让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程,培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合,全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作,同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习,可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年,10 多年丰富的行业经验,
- ※ 一直致力并专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授,结合实际工程案例,直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>