

# 柔性有源阵列天线TR组件的研制

何笑东

(中国电子科技集团公司 第38研究所 安徽 合肥 230088)

**摘要:** 主要介绍薄膜天线用TR组件的研制, TR组件的工作频率为P波段, 6位移向和6位衰减控制, 发射效率大于35%, 发射功率大于3W, 组件接收噪声系数小于2.5dB, 重量20g, 尺寸为10cm×5cm。8个TR组件经过测试合格后安装在有源薄膜天线阵面上, 并通过天线分系统测试, 测试结果符合设计要求。

**关键词:** 有源柔性天线; TR组件; 效率; 尺寸; 重量

**中图分类号:** TN820 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-7597 (2012) 0610066-02

## 0 引言

从有源薄膜天线的研究历史发展来看, 其TR组件由当初的薄膜TR组件发展到现在的高集成度、重量轻、体积小的刚性结构, 功能逐步完善, 而且其效率、功率、可靠性、导热性、稳定性及可制造性都有了很大的提高。本文介绍了一种刚性TR组件, 其效率、重量、尺寸优于国外同类器件。

## 1 设计目标

单通道TR组件的峰值功率:  $\geq 3\text{W}$ ;

最大占空比:  $\geq 10\%$ ;

重复频率: 1KHz;

组件发射通道效率:  $\geq 30\%$ ;

组件接收噪声系数:  $\leq 2.5\text{dB}$ 。

## 2 系统设计

### 2.1 功能

对于柔性有源阵列天线TR组件主要实现功能如下:

1) 发射通道: 实现输出功率大于3W, 并且相位可调;

2) 接收通道: 由限幅电路与低噪声放大电路组成信号放大, 并且幅度、相位可调;

3) 由外部发指令给驱动控制器, 并由其控制内部组件, 实现组件幅相控制;

4) 电源调制电路。组件的发射电源和接收电源调制在组件内实现, 并且通过状态控制码来实现组件的关断。

### 2.2 设计原则

对于接收通道而言, 组件和天线之间的连接应低插损, 以保证系统的噪声系数。另外, 应保证低噪声及后续电路部分的安全工作。这里要注意两种情况: 其一是发射通道功率的泄漏和反射, 特别是在天线端开路时, 输出的功率将全部加在接收支路上; 其二是雷达正常工作时的最大功率回波。

对于反射通道而言, 首先是功率的高效传输, 开关等器件的插损要小; 其次是天线对组件末级功放负载牵引的影响, 故反射通道应具有一定的抗负载牵引的能力; 再次, 发射通道效率对组件的效率起到关键作用, 提供组件的效率会大大降低系统的热设计。

在系统组成框图设计时, 其效率、体积、重量, 是我们工程设计重点考虑的因素。

### 2.3 系统方案设计

该TR组件的基本组成框图如图1所示, 主要包括接收支路、发射支路、微波控制电路及电源调制电路组成。

接收通道采用限幅器和低噪声放的构成方式; 发射通道经开关输出到天线。

为了减轻重量, 本方案将控制电路与收发支路集中在一个电路板上, 采用ALTERA公司的MAX7128来实现TR组件的幅相控制, 并及时进行收发转换, 同时将开关状态的控制码引出送至电源调制电路, 控制与之相关联组件的工作状态, 组件的工作时序如图2所示。

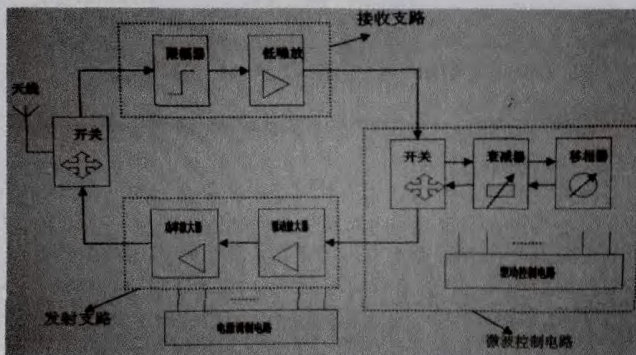


图1 柔性有源阵列天线TR组件的基本组成框图

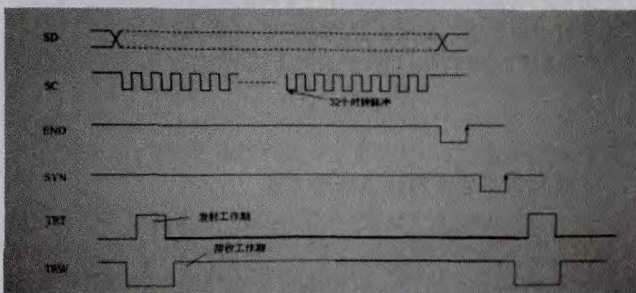


图2 TR组件的工作时序

TR组件由+12.5V和±5V电源供电, 功放由+12.5V供电, 低噪声放由+5V供电, 移相器、衰减器以及FPGA由±5V供电, 功放的栅压为正电压。

由于组件内部工作通道中, 收发通道能够形成物理上的回路, 再加上器件本身隔离度有限, 而收发通道的增益却很大, 当电源馈电不合理时, 会出现收发同时工作的情况。因此, 在组件的馈电程序上, 必须使收发通道工作在绝对的分时状态。在这种情况下, 需考虑组件工作时电源的上升沿和下降沿, 合理设置相应的延时。所以, 组件不仅仅需要选用单刀双掷开关, 而且开关的工作状态的控制也能够控制组件的电源调制。故电源调制板的主要功能有: 接收电源调制和发射电源调制。



### 3 测试结果

TR组件的实物图如图3所示,重量为20g,尺寸为10cm×5cm。

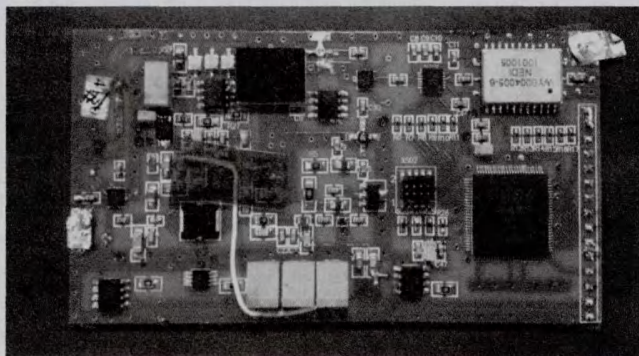


图3 TR组件的实物图

对8个TR组件进行了测试,输出功率大于3W(占空比10%,重复频率1KHz),效率大于35%,噪声系数小于2.5dB,接收增益大于27dB,移向精度小于5度,衰减精度小于0.5dB。

有源柔性天线阵面的实物图如图4所示。其中左边的图为天线正面,右边的图为天线的背面,TR组件焊接在天线的背面。阵面共有8个组件,给4×8的天线阵面提供有源部分。在微波暗室对系统进行测试,测试结果符合要求。

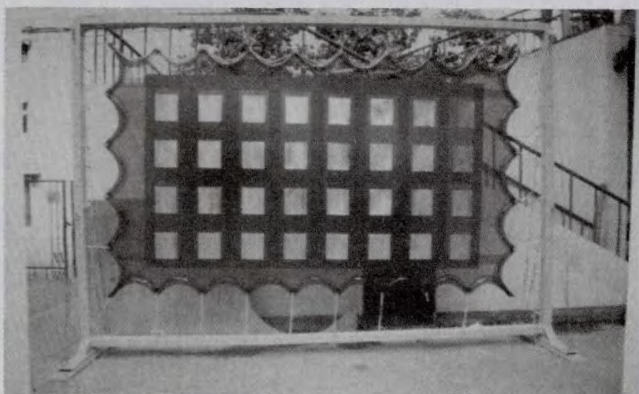


图4 有源天线阵面的实物图

### 4 结束语

本文对有源薄膜天线TR组件的研制进行了介绍,该组件工作频率为P波段,重量轻,尺寸小,效率高,测试结果符合设计要求。随着微电子技术的发展、多功能SiGe专用芯片的应用以及新型的组件封装技术,该种组件在尺寸、重量和效率上还有很大的发展空间。

#### 作者简介:

何笑东(1972-),男,安徽宿州人,博士学位,工程师,研究方向:相控阵雷达TR组件,雷达接收机,微波电路。

#### (上接第50页)

主要表现为,对存储空间有一定的额外需求,而对于一些移动节点的储蓄空间是非难以达到的。而任何一个诚信节点都是通过通过对合法源,也就是目标流量的有序整合及网络中的流量注入速率上限等进行存储记录,如果合法源-目标数对的数量较大,就需要较大的存储开销。但在实际无线认知传感器网络的应用过程中,合法的源-目标数对数量有效。而且,在移动WCSN网络中,对路由请求的发布频率比较看重,有较高的行业要求,因此,对网络节点的存储记录的数据分组报头极其有限,其额外存储开销有限。

#### 参考文献:

- [1]K.J.Ray Liu,Beibei Wang.Cognitive RaDio Networking andSecurity:A Game-Theoretic View[M].New York:CambridgeUniverSity PreSS,2010.
- [2]Chung-HSien Kuo,Ting-Shuo Chen.PN-WSNA: an approachfor reconfigurable cognitive SenSor network implementationS[J].IEEESenSorS Journal,2011,11(2):319-334.
- [3]Liang Zhongliang,Feng Shan,Zhao Dongmei,et al.Delay

performanceanalySiS for Supporting real-time traffic in a cognitive raDio SenSor network[C].IEEE TranSactionS on WireleSS CommunicationS,2011,10(1):325-335.

[4]KaligineeDi Praveen, Bhargava Vijay K.SenSor allocation andQuantization SchemeS for multi-banD cognitive raDio cooperativeSenSing SyStem[C].IEEE TranSactionS on WireleSS CommunicationS,2011,10(1):284-293.

[5]ChowDhury K R,AkylDiz I F.OFDM-baSeD common controlchannel DeSign for cognitive raDio aD hoc networkS[C].IEEETranSaCtionS on Mobile Computing,2011,10(2):228-238.

[6]郎为民,大话物联网[M].北京:人民邮电出版社,2011.

[7]Amiya Kayak、Ivan Stojmenovic,无线传感器及执行器网络:可扩展协同和数据通信的算法与协议[M].郎为民译,北京:机械工业出版社,2011.

#### 作者简介:

吴俭(1975-),男,四川崇州人,学士,四川水利职业技术学院信息工程系讲师,研究方向:计算机网络应用。

## 如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深, 让许多工程师望而却步, 然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上, 我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识, 借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))专注于微波射频和天线设计人才的培养, 推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程, 化繁为简, 直观易学, 可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛, 让天线设计不再难...



### 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, 可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计, 让天线设计不再难...

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

### CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程, 由经验丰富的专家授课, 旨在帮助您从零开始, 全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程, 边操作边讲解, 直观易学; 购买套装同时赠送 3 个月在线答疑, 帮您解答学习中遇到的问题, 让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.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>



## 关于易迪拓培训：

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，一直致力和专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养；后于 2006 年整合合并微波 EDA 网([www.mweda.com](http://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。

## 我们的课程优势：

- ※ 成立于 2004 年，10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直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
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果，又能免除您舟车劳顿的辛苦，学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲，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>