

文章编号: 1000-5013(2009)05-0523-03

一种微型化低噪微波 AGC 接收模组的设计

周旭烨, 董金明

(北京航空航天大学 软件学院, 北京 100083)

摘要: 针对超微型化、低成本的微波低波段混合集成电路的要求,设计一种微型化 2 GHz 低噪声、高选择性、自动增益控制(AGC)接收模组。该放大模组通过对微型化的低噪声放大、高选择性滤波、平衡混频、电调衰减等电路的设计,采用超微细带薄膜工艺,在 68 mm × 18 mm × 0.5 mm 陶瓷基片上制作,具有集成度高、体积小特点,适合作为无线通信接收电路。在 1.8 ~ 2.2 GHz 范围内,其增益 50 dB,噪声系数 0.9 dB,带外抑制 40 dB,AGC 30 dB。

关键词: 低噪声放大器;椭圆函数带通滤波器;平衡混频;超微细薄膜工艺;自动增益控制

中图分类号: TN 722.302

文献标识码: A

目前,超微型化的微波器件不断问世,使用现有的微波混合集成电路及制备工艺已经无法满足电路日益精细化、微型化的要求。因此,特别需要一种超微型化、低成本的微波低波段混合集成电路的设计思想及制备工艺^[1-2]。基于这种思想,本文采用平衡电路技术及匹配型电路技术,选用低压器件,设计并实现一种微型化的低噪声、高选择性且自动增益控制接收模组。

1 总体设计

模组的主要性能指标:输入频率为 2.110 ~ 2.170 GHz,输出的中频信号 90 MHz,增益 50 dB,噪声系数 1 dB,自动增益控制(AGC) 25 dB,电路基片尺寸小于 75 mm × 20 mm × 0.5 mm。为了实现以上指标,首先需要考虑如下两个方面。(1) 抑制电路空间电磁场寄生辐射,以保证系统工作稳定。(2) 消除电路之间的不需要能量反射,如滤波器的带外反射问题,以保证性能指标稳定。

因此,在放大电路方面主要运用平衡电路技术^[2-3],选用低压微型封装器件;在工艺方面,采用超微细薄膜工艺,镜像抑制滤波器选用准椭圆响应的微带滤波器。电路在介电常数为 9.9 的陶瓷基片上制作,基片厚度为 0.5 mm,使得电路更加紧凑。该模组的方框图,如图 1 所示。输入射频信号经低噪声放大后,经电调衰减、椭圆带通滤波,再放大后送入混频电路,输出中频信号为 90 MHz。

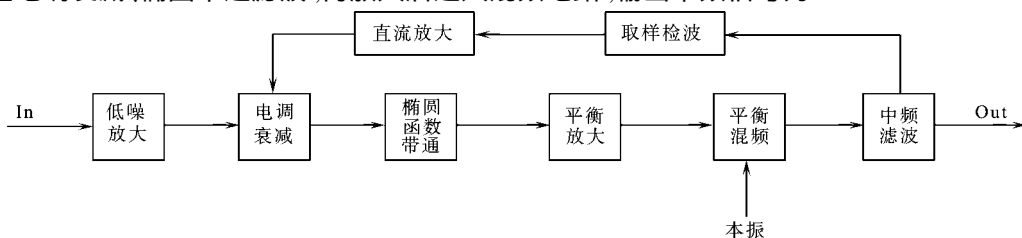


图1 AGC 接收模组电路方框图

Fig. 1 AGC receiver module circuit block diagram

取样检波信号经直流放大后,加至电调衰减器的控制端,从而达到自动增益控制的目的。自动增益控制(AGC)对于接收机是很重要的。射频信号在空中传输时,需考虑衰弱储备。为保证接收系统对所接

收稿日期: 2008-08-13

通信作者: 董金明(1941-),男,教授,主要从事微波通信的研究。E-mail:jmdong@263.net.

基金项目: 福建省科技厅自然科学基金资助项目(2006J0042)

收信号大范围变化时,各电路都工作在线性范围且输出信号功率恒定,一定要采用自动增益控制.

2 关键电路的设计

2.1 平衡放大器

滤波器的前后均采用平衡放大电路^[3],其原理如图 2 所示.射频信号输入经过 3 dB 兰格电桥^[4]后,分为两路并加至两个放大器,经放大后再由 3 dB 兰格电桥合成输出.平衡放大器的主要优点是输入、输出纯阻化,尤其便于和电抗性的滤波电路相连接,不需要插接隔离器,反射在耦合器的隔离端口被吸收.这大大改善了输入、输出匹配,以及提高了整个模组的稳定性,使本放大模组的集成化成为可能.前级放大器件选用 ALM-1322^[5],后级放大器件选用 ALM-1222^[6].

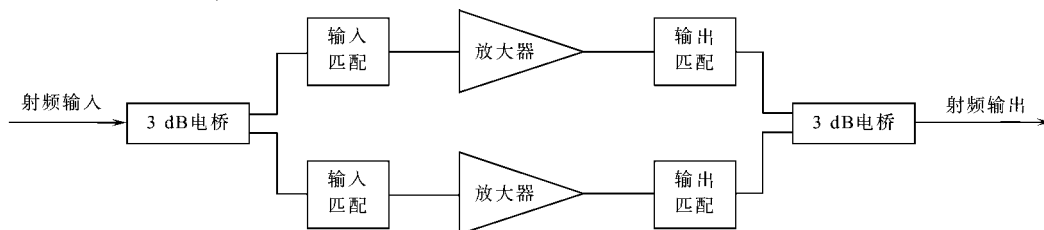


图 2 平衡放大器原理框图

Fig. 2 Balanced amplifier schematic diagram

2.2 低噪声放大器

低噪声放大器(LNA)位于接收机的最前端,这就要求它的噪声系数越小越好.为了抑制后面各级噪声对系统的影响,还要求有一定的增益,但不能因为后级过载而产生非线性失真,因此它的增益又不宜过大.低噪声放大器的设计,选择低噪声器件是关键.理论上可以证明,场效应晶体管(FET)的低噪声性能比双级晶体管优越,特别是高电子迁移率晶体管(HEMT)有着晶体管中最低的噪声系数.因此,选用基于假晶态高电子迁移率晶体管(PHEMT)技术的 ALM-1322 型放大器(美国 Avago 公司).该器件在 1.8~2.2 GHz 范围内,噪声系数为 0.57 dB,增益为 29.9 dB,1 dB 压缩输出功率为 17 dBm.

2.3 类椭圆函数带通滤波器

滤波器中心频率为 1.950 MHz(W-CDMA 上行),1 dB 带宽为 60 MHz,对 2.110 GHz(W-CDMA 下行)和镜频都要求足够的抑制.为满足以上要求,又要使整个模组微型化,选用一种具有交叉耦合的四阶类椭圆函数带通滤波器^[7].这种滤波器使用微带开环谐振器,并且以交叉耦合的方式排列.为了进一步缩小电路的面积,其谐振腔采用内摺式(加载电容)结构,如图 3 所示.

单个谐振腔回路的长度为二分之一带内波长,但由于内摺式加载电容结构,所算出的谐振电路的长度不准确,需借助 CAD 软件进行仿真确定.该滤波器借助 ADS 软件进行仿真优化,并结合实际电路的实测曲线进行修正.实验证明,仿真结果与实测特性曲线比较吻合.需要指出的是,滤波器插入放大器中,总带宽会变窄,为了满足带宽要求,须将滤波单元的带宽适当放宽.

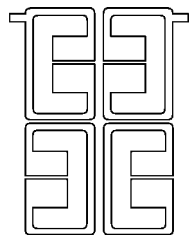


图 3 滤波器电路结构

Fig. 3 Filter circuit structure diagram

2.4 平衡混频电路

为了抑制本振噪声,采用平衡混频电路,其性能主要取决于所选用的混频二极管和功率混合电路.混频二极管选用 HSD276 肖特基势垒混频二极管;功率混合电路采用兰格桥路,具有非常好的平分度、隔离度和匹配性能.该电路一致性好,变频损耗小于 6 dB,当模组联调时,无需对其进行反复调整.

2.5 匹配型电调衰减电路

电调衰减电路是自动增益控制的执行元件.它的衰减量取决于输入信号的大小,要求在任何衰减值下,输入输出总是匹配的.基于这个设计思想,设计了匹配型电调衰减电路.理论上可以证明,只要 PIN 二极管特性相同,且管子间距为四分之一波长,这种衰减电路在任何衰减值下的输入、输出总是匹配的.为了进一步提高输入、输出匹配性能,两侧的 PIN 二极管分别串联一个 50 Ω 的电阻,电路测试结果达

到良好的驻波特性和所需的衰减特性.

3 设计结果和验证

在 25 °C 的环境下,采用的测试仪器有美国 Agilent 公司的 N5181A 型信号发生器、E4404B 型频谱分析仪、N8973A 型噪声测试仪和 30 dB 固定衰减器等.测量总增益时,特别要注意输入电平的选择,应保证各电路工作在线性区内.选择输入信号频率为 1.950 GHz、输入信号电平为 - 70 dBm,本振信号频率为 1.860 GHz、电平为 + 7 dBm.测试结果得到输出中频 90 MHz 的电平为 - 18.8 dBm,即总增益为 51.2 dBm,符合设计要求.

测量 AGC 范围时,选择输入信号为 - 70 ~ - 40 dBm,测试结果输出保持在 - 18.8 ~ - 18.3 dBm.结果可实现 30 dB 的 AGC 范围,所测得实际模组的噪声系数为 0.8 dB @1.95 GHz.

4 结束语

该模组采用超微细微带薄膜工艺,实测结果满足设计指标,于传统的混合集成电路体积相比,缩小了好几倍.在 1.8 ~ 2.2 GHz 频段范围内,不同波道只要更换滤波器,其他电路可不变.应用所提出的设计思路及制备工艺,可以制作出各种通用和专用微型化微波平面电路.

参考文献:

- [1] GUPTA T K. 厚薄膜混合微电子学手册[M]. 王瑞庭,等译. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [2] INDER B, PRAKASH B. 微波固态电路设计[M]. 2 版. 郑 新,等译. 北京: 电子工业出版社, 2006.
- [3] 顾其铮, 项家桢, 袁孝康. 微波集成电路设计[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1978.
- [4] LANGE J. Interdigitated strip-line quadrature hybrid[J]. IEEE Transaction on Microwave Theory and Techniques, 1969, 17(12): 1150-1151.
- [5] AVAGO TECHNOLOGIES. ALM-1322 datasheet[OL]. [2006-03-23]. <http://www.datasheetarchive.com/ALM-1322-datasheet.html>.
- [6] AVAGO TECHNOLOGIES. ALM-1222 datasheet[OL]. [2006-06-15]. <http://www.datasheetarchive.com/ALM-1222-datasheet.html>.
- [7] 李胜先, 吴须大. 微带类椭圆函数滤波器[J]. 空间电子技术, 2001(3): 48-52.

The Design of a Low Noise Microwave AGC Receiver Micro-Module

ZHOU Xu-ye, Dong Jin-ming

(College of Software, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)

Abstract: According to the demand of miniature, low-cost microwave L-band hybrid IC, a kind of miniature low-noise (2 GHz) high selectivity automatic gain control (AGC) receiver is designed. Base on the circuit design of the miniature low-noise amplifier, the high-selectivity filter, the balance mixer and the electronic tuning attenuator, this module is manufactured on a 68 mm × 18 mm × 0.5 mm ceramic substrate using ultra-fine thin-film process. This receiver module has advantages of high integration, small size and is suitable for radio receiver circuit. The module works at the frequency band from 1.8 GHz to 2.2 GHz with gain 50 dB, noise figure 0.9 dB, out band rejection 40 dB, AGC 30 dB.

Keywords: low noise amplifier; elliptic function bandpass filters; balanced mixer; ultra-fine thin-film process; automatic gain control

(责任编辑: 鲁 斌 英文审校: 吴逢铁)