

基于 ADS2006A 的 UHF 频段低噪声放大器的设计

刘轶, 阚能华, 王中航
(电子科技大学电子工程学院 四川 成都 610054)
Email: liuyuanq4@sina.com

摘要: 在通信接收系统设计过程中, 为了提高接收机灵敏度, 通常降低噪声系数来完成设计。因此, 处在接收系统前端位置的低噪声放大器就起着重要的作用。本文首先讲述了低噪声放大器的一些主要技术指标, 然后使用 ADS 软件进行低噪声放大器的设计。利用 ADS2006A 的优化功能进行优化, 得到较佳的结果。噪声系数小于 0.2dB (优于参考数据), 输入输出驻波比都小于 1.2。

关键词: 低噪声放大器, 噪声系数, ADS

中图分类号: TN722 **文献标识码:** A

1. 引言

在通信系统中, 接收系统是一个比较难设计的一部分。接收系统必须具有低的噪声系数、小的群延迟变化、小的互调失真、大的频率动态范围、稳定的自动增益控制、适当的射频和中频增益、好的频率稳定度、满意的增益平坦度、低相位噪声、可以忽略的带内干扰、足够的可选择性、适当的误比特率等特点[1]。而整个接收系统中噪声系数基本上取决于前级放大器的噪声系数, 因此, 低噪声放大器在任何射频与微波接收系统中都处于前端位置, 具有相当重要的地位。

2. 主要技术指标

2.1 LNA 的噪声系数和噪声温度

在接收系统中, 其灵敏度可以通过以下公式计算:

$$\text{MDS (dBm)} = -174 \text{ dBm} + 10\lg\text{BW} + \text{NF} \quad (1)$$

式中, BW 为接收机的噪声带宽, 或大约下降 6dB 的带宽 (一般为 3dB 带宽)

NF 为接收机的噪声系数, 单位为 dB

从上式可以看出可以降低噪声系数来增加接收机的灵敏度[1]。

低噪声放大器的噪声系数 NF 的定义也如一般器件的噪声系数定义:

$$\text{NF} = \frac{S_{in} / N_{in}}{S_{out} / N_{out}} \quad (2)$$

式中, NF: 为射频器件的噪声系数;

S_{in} , N_{in} 分别为输入端的信号功率和噪声功率;

S_{out} , N_{out} 分别为输出端的信号功率和噪声功率。

噪声系数的物理含义是: 信号通过放大器之后, 由于放大器产生噪声, 使信噪比变坏, 信噪比下降的倍数就是噪声系数。

通常，噪声系数用分贝数表示，此时

$$NF(dB) = 10\lg(NF) \quad (3)$$

放大器输入的噪声功率是信号源阻抗在 $T_0=293K$ 时产生的热噪声，因此，放大器自身产生的噪声也常用等效噪声温度 T_e 来表达。噪声温度 T_e 与噪声系数 NF 的关系是[2]

$$T_e = T_0 \cdot (NF - 1) \quad (4)$$

2.2 稳定条件

一个微波管的射频稳定性判断如下

$$K = \frac{1 - |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2 + |\Delta|^2}{2|S_{11}S_{22}|} \quad (5)$$

$$|S_{11}|^2 < 1 - |S_{12}S_{21}|$$

$$|S_{22}|^2 < 1 - |S_{12}S_{21}|$$

其中 $\Delta = S_{11}S_{22} - S_{12}S_{21}$

K 称为稳定性判别系数，当 $K > 1$ 是稳定状态，只有当式（5）中的三个条件都满足时，才能保证放大器是绝对稳定的。否则，即为潜在不稳定状态。

实际设计时为了保证低噪声放大器稳定工作要注意使放大器避开潜在不稳定区[2]。

2.3 输入输出驻波比

低噪声放大器设计中，主要指标是噪声系数。输入匹配网络一般为获得最小噪声而设计为接近最佳噪声匹配网络而不是最佳功率匹配网络，所以输入匹配网络的设计是在获得所要求的噪声系数的前提下，尽量得到最优的输入驻波比。而输出匹配网络一般是为获得最大功率和最低输出驻波比而设计的。在设计低噪声放大器的匹配电路时，低噪声放大器的输入端总是存在某种失配。这种失配在某些情况下会使系统不稳定，一般情况下，为了减小放大器输入端失配所引起的端口反射对系统的影响，可用插损很小的隔离器等措施来解决。

2.4 三阶交调系数和 1dB 压缩点

尽管低噪声放大器处于系统的前级，基本工作于弱信号状态，但是高增益放大情况下或微波传输处于上衰落时仍有可能是低噪声放大器末级进入非线性区。因此，以免在接收机后级造成严重的非线性失真，对于低噪声放大器的非线性要求远比功率放大器要高。一般应选择低噪声放大器的输入三阶交调点（IIP3）要较高一点，至少比最大输入信号高 30dB，以免大信号输入时产生非线性失真。

有时为了方便测量，也采用 1dB 功率压缩点作为非线性指标。二者近似关系：1dB 压缩点所对应三阶交调系数为 -23dBc [2], [3]。

3. 设计目标及仿真结果

AgilentADS(Advanced Design System)软件是美国安捷伦公司在 HP EESOF 系列 EDA 软件基础上发展完善起来的大型综合设计软件,是专为方便电路与系统设计工程师开发设计各种形式的电路而研发的电子设计软件。本文讲述的主要是借助 ADS 强大的辅助功能来完成低噪声放大器的 S 参数、稳定度、噪声系数、输入输出驻波比以及增益各个指标的仿真,并且利用软件的优化功能进行各系数的优化来完成低噪声放大器的设计,得到更佳的技术指标。

我们选用 ATF54143 来达到设计的目标,并与给定的参数进行比较。

设计性能指标:

频率: 855MHz-915MHz

增益 G: >18dB

噪声系数 NF: <0.2dB

输入驻波比: <1.2

输出驻波比: <1.2

首先,参考已有的资料选择偏置电路,使用 ADS 软件对设计的低噪声放大器进行初步仿真,但各指标不能达到要求的性能。然后,完成匹配电路设计后,利用软件的优化功能,选择输入输出驻波比以及噪声系数作为优化目标,以匹配电路元件值作为优化变量,优化后达到所要求的结果。其中,图 1 是基于 ADS 设计的原理图,图 2 至图 5 为低噪声放大器的噪声系数仿真结果。在图 2 中可以看出在 855MHz-915MHz 频段上噪声系数 NF<0.2dB。图 3 为低噪声放大器的增益特性频率响应,在 900MHz 频点上,增益大约为 18.29dB。图 4 为整个低噪声放大器的输入输出回波损耗频率响应,其中的红线是输入回波损耗,蓝线是输出回波损耗,在整个工作频段内输入回波损耗小于-21dB,输出回波损耗小于-20dB。

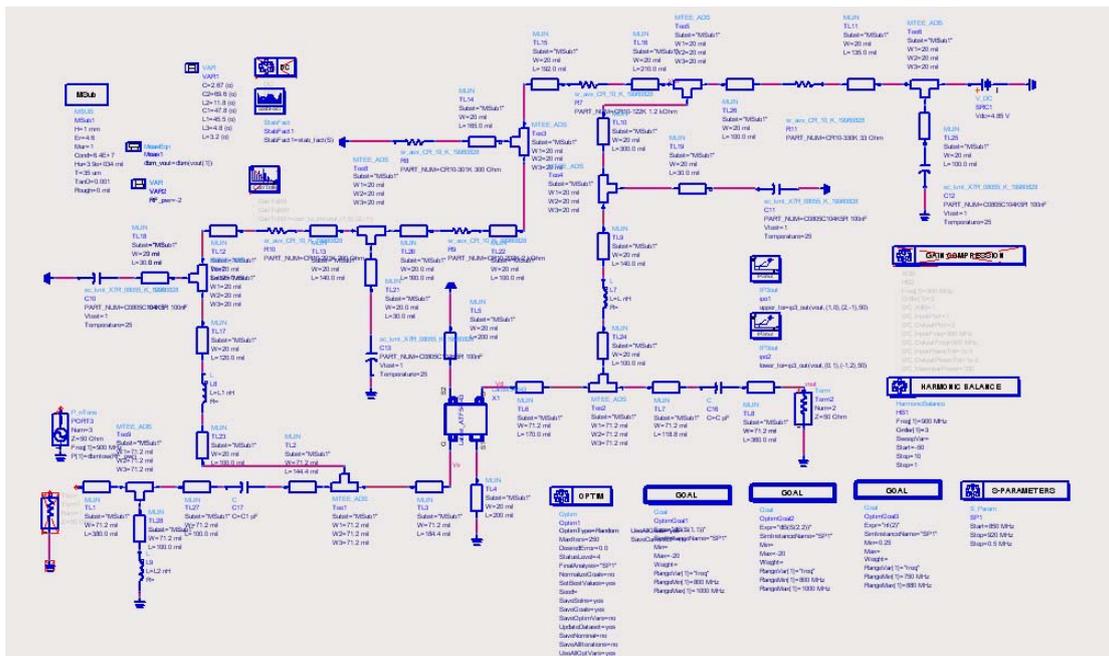


图 1 基于 ADS 的原理图

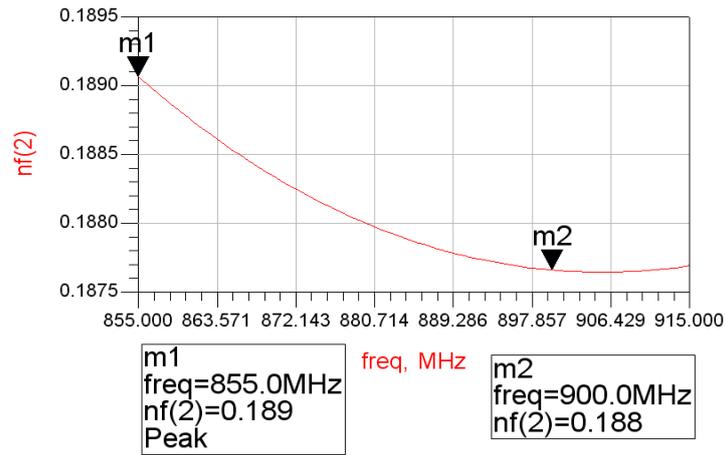


图2 噪声系数仿真结果图

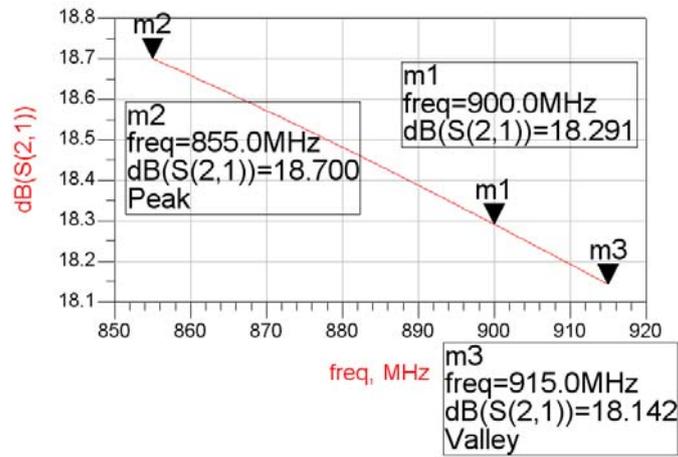


图3 增益特性频率响应图

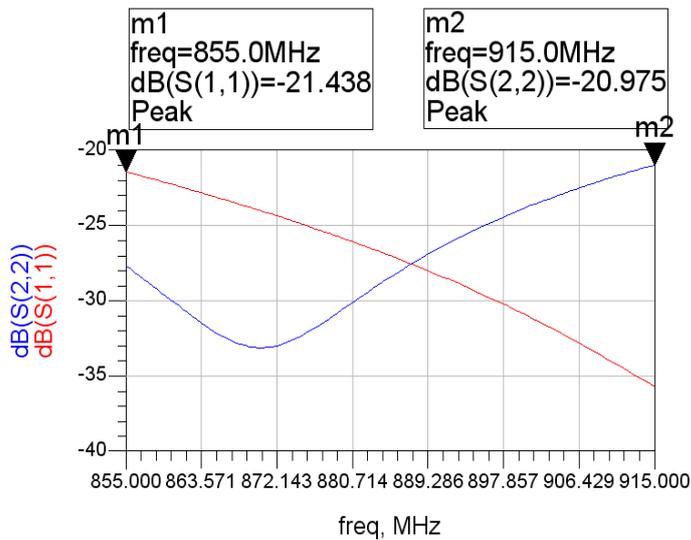


图4 输入输出回波损耗频率响应图

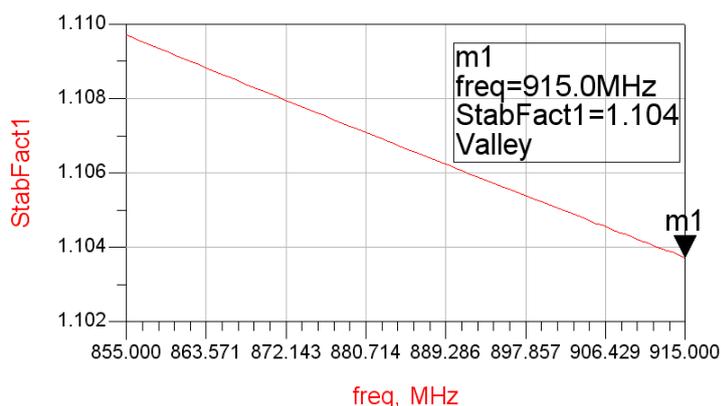


图 5 稳定系数结果图

4. 结语

仿真后,在 900MHz 频点上与 ATF54143 所给的参考数据进行比较,比较后发现设计仿真得到的噪声系数比所给的参考数据 0.2dB 要小,但增益 18.29dB 和 1dB 压缩点 15.2dBm 都比参考数据要低。即整个低噪声放大器的设计过程中,各个指标不能同时达到最优化,所以,必须折中考虑低噪声放大器的性能要求,优先满足所要求的性能指标,完成设计。

参考文献

- [1] Cotter W. Sayre. 无线通信设备与系统设计大全[M]. 张之超, 黄世亮, 吴海云等, 译. 人民邮电出版社. 2004.
- [2] 湖南山, 洪兴楠, 等. 微波集成电路[M]. 国防工业出版社.
- [3] 陈雪密, 唐瑞波. 基于 ADS 低噪声放大器的设计[J].
- [4] 张冬雪, 陈世勇, 梁吉申. L 波段低噪声放大器的设计[J]. 电子设计应用, 2008. 2.

The Design Of The UHF Band Low Noise Amplifier Based On ADS2006A

Liu Yuan , Kan Neng Hua, Wang Zhong Hang

(School of Electronic Engineering of UESTC, ChengDu, SiChuan, 610054, China)

Abstract

On the design of the receive system in communication, to reduce the noise always is a useful way to improve the sensitivity of the system. So, the low noise amplifier(LNA) plays a important role at the forward section of the system. At first, this article introduces the parameters of LNA. Then It shows the design of the LNA with ADS. After the optimization and the simulation of ADS2006A, the results become better. the noise figure is lower than 0.2dB (better than the references), the VSWRs of the input and the output are less than 1.2.

Key word: Low Noise Amplifier(LNA), Noise Figure, ADS

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>