

基于ADS低噪声放大器的设计与仿真

管 军¹ 钟文果²

(1. 赣州供电公司 江西 赣州 341000; 2. 电子科技大学 四川 成都 610054)

摘 要: 介绍Agilent公司的ADS仿真软件进行设计与仿真低噪声放大器的方法与步骤。首先简介低噪声放大器的主要技术指标, 然后利用Agilent芯片ATF-55143进行低噪声放大器的设计仿真, 通过仿真得到中心频率为2.45GHz的通带内的增益大于12dB; 噪声系数小于2.5dB; 通带内绝对稳定, 系统的特性阻抗为50欧姆的仿真结果, 这对低噪声放大器的设计有一定的参考价值。

关键词: ADS仿真; 低噪声放大器; 芯片ATF-55143

中图分类号: TN850.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-7597(2011)0710065-03

0 引言

低噪声放大器(Low noise amplifier, LNA)是射频接收机前端的重要组成部分。其主要的作用是放大接收到的微弱信号和以足够高的增益克服后续各级(如混频器)的噪声, 并尽可能少地降低其附加噪声的干扰。由于处于接收机的最前端, 其抑制噪声的能力直接关系到整个收发系统的性能。而随着射频识别、移动通信等领域技术的不断发展, 对LNA也提出更高的要求, 不仅要求有足够小的低噪声系数, 还要求在较宽的频带有足够高的功率增益, 并且在接收带宽内功率增益平坦度好。本文先介绍低噪声放大器的设计的一些主要指标, 利用微波设计领域的ADS仿真软件, 通过对芯片ATF-55143的稳定性等性能仿真, 最后设计出结构简单紧凑, 性能指标较好的低噪声放大器。

1 低噪声放大器的主要指数指标

1.1 LNA的功率增益与相关增益

微波放大器功率增益有不同的定义, 如实际增益、共扼增益等。对于一般的低噪声放大器, 功率增益通常是指负载与信源都是50Ω标准阻抗情况下的实测增益。实际测量功率增益时, 常用的方法是插入法, 这种方法是用功率计先测信号源能给出的功率 P_1 ; 再把放大器接到信源上, 并利用同一功率计测放大器输出功率 P_2 , 功率增益就是 $G = \frac{P_2}{P_1}$ 。低噪声放大器都是按照噪声的最佳匹配进行设计。由于噪声的最佳匹配点并非最大增益点, 而是相关增益, 因此增益 G 要下降。通常, 最大增益大概比相关增益高2~4dB。功率增益的大小一般还会影响整机噪声系数, 下面给出简化的多级放大器噪声系数表达式:

$$N_f = N_{f1} + \frac{N_{f2} - 1}{G_1} + \frac{N_{f3} - 1}{G_1 G_2} + \dots \quad (1)$$

其中: N_f 为放大器整机噪声系数; N_{f1} , N_{f2} , N_{f3} 为分别为第1, 2, 3级的噪声系数; G_1 , G_2 为分别为第1, 2级功率增益。从上面的分析可以得到, 当前级增益 G_1 和 G_2 足够大的时候, 整机的噪声系数接近第一级的噪声系数。因此多级放大器的第一级噪声系数大小对整个系统起决定作用。成品微波低噪声放大器的功率增益, 一般是20~50dB范围。

1.2 LNA的噪声系数与稳定性

放大器的噪声系数NF的定义为如下:

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

式中, NF为微波组件的噪声系数; N_{in} , S_{in} 分别为输入端的噪声功率与信号功率; N_{out} , S_{out} 分别为输出端的噪声功率与信号功率。噪声系数的物理含义为信号通过放大器之后, 由于放大器产生的噪声, 使信噪比变坏; 而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

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

放大器自身产生的噪声常用等效噪声温度 T_e 来表达。

当放大器的输入和输出端的反射系数的模都小于1(即 $|\Gamma_1| < 1$, $|\Gamma_2| < 1$)时, 不管负载阻抗与源阻抗如何, 整个网络都是稳定的, 称为绝对稳定; 而当输入端或输出端的反射系数的模大于1时, 网络是不稳定的, 称为条

件稳定。因此对条件稳定的放大器, 其负载阻抗与源阻抗不能任意选择, 而是具有一定的范围, 否则放大器不能稳定工作。定义:

$$sufficient1 = 1 - |S_{11}|^2 - |S_{12} \cdot S_{21}| \quad (4)$$

$$sufficient2 = 1 - |S_{22}|^2 - |S_{12} \cdot S_{21}| \quad (5)$$

$$necessary = \frac{1 - |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2 + |S_{11} \cdot S_{22} - S_{12} \cdot S_{21}|^2}{2|S_{12} \cdot S_{21}|} \quad (6)$$

放大器在 r_s 输入平面上绝对稳定的充分必要条件为:

$$sufficient1 > 0$$

$$necessary > 1$$

放大器在 r_L 输入平面上绝对稳定的充分必要条件为:

$$sufficient2 > 0$$

$$necessary > 1$$

2 放大器的设计

2.1 设计指标要求

本文设计中心频率为2.45GHz; 设计目标为通带内的增益大于12dB; 噪声系数小于2.5dB; 通带内绝对稳定, 系统的特性阻抗为50欧姆。利用的Agilent公司的ADS仿真软件来进行设计与仿真。

2.2 稳定性分析

本文选择ATF-55143来进行设计, 在进行设计之前需要对ATF-55143进行稳定性分析。因为低噪声放大器能够正常工作必须满足的首要条件之一是其在工作频段内的稳定性。而ATF-55143的稳定性可由稳定系数因子K与M来表征。K: $K = stab_fact(S)$, $stab_fact(S)$ 函数返回Rollett稳定因子。当 $K < 1$ 时电路不稳定, 而 $K > 1$ 时电路绝对稳定。M: $M = \mu(S)$, $\mu(S)$ 函数返回负载的几何导出因子。当 $M > 1$ 时电路绝对稳定。稳定电路分析电路图如图1所示。

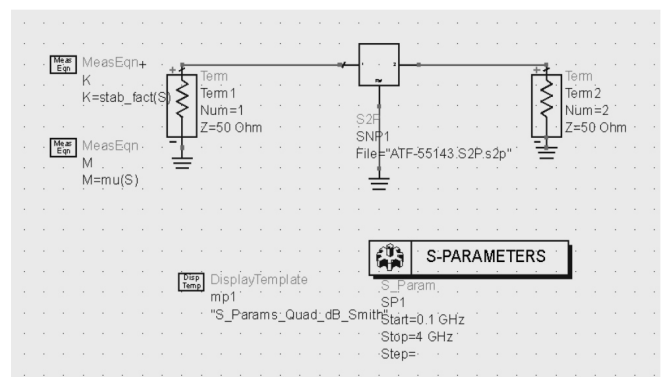


图1 稳定分析电路图

从图2中可以看出ATF-55143的稳定系数K与M都小于1, 说明ATF-55143不稳定, 必须先进行稳定性设计。通过分析, 设计得到图3, 从图3可知在中心频率2.45GHz附近稳定系数K与M都大于1, 这表明了中心频

率附近电路绝对稳定。

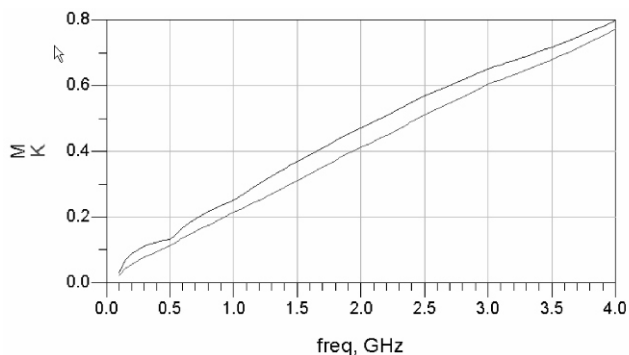


图2 稳定系数K与M

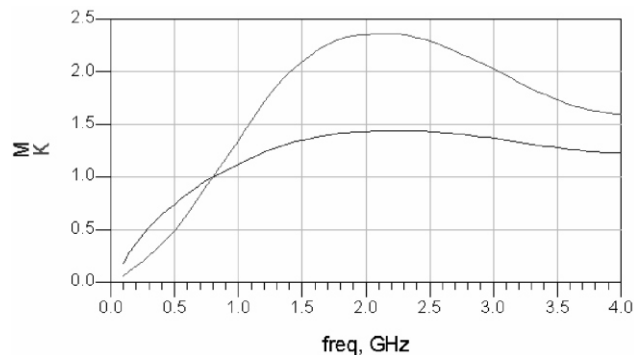


图3 通过设计后的稳定系数K与M

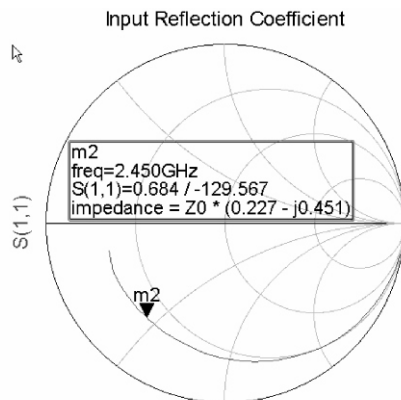
表1 通过设计后的稳定系数K与M

freq	K	M
2.000 GHz	2.349	1.432
2.026 GHz	2.354	1.434
2.051 GHz	2.359	1.436
2.077 GHz	2.362	1.438
2.103 GHz	2.364	1.439
2.128 GHz	2.365	1.440
2.154 GHz	2.365	1.441
2.179 GHz	2.364	1.442
2.205 GHz	2.362	1.442
2.231 GHz	2.360	1.442
2.256 GHz	2.356	1.442
2.282 GHz	2.352	1.442
2.308 GHz	2.347	1.441
2.333 GHz	2.342	1.441
2.359 GHz	2.335	1.440
2.385 GHz	2.328	1.439
2.410 GHz	2.321	1.437
2.436 GHz	2.313	1.436
2.462 GHz	2.305	1.434
2.487 GHz	2.296	1.432
2.513 GHz	2.285	1.430
2.538 GHz	2.274	1.428
2.564 GHz	2.262	1.425
2.590 GHz	2.249	1.423
2.615 GHz	2.236	1.420
2.641 GHz	2.223	1.417
2.667 GHz	2.210	1.414
2.692 GHz	2.197	1.411
2.718 GHz	2.183	1.408
2.744 GHz	2.169	1.404

表1是比较明确的表现出稳定系数K与M，在中心频率2.45GHz左右，其值都大于1。说明利用ATF-55143进行放大器的设计在中心频率附近绝对稳定。

2.3 匹配电路的设计

电路的主抗是一个很重要的参数，其可以影响整个电路的性能。AFT-55143的SP模型的输入主抗是一个重要的参数，其影响低噪声放大器的增益、噪声系数和输入输出的驻波比等技术指标。图5是通过对AFT-55143进行SP模型扫描，中心频率2.45GHz时的主抗图。从图中可以得到在中心频率为2.45GHz，其值为 $11.35 - j22.55$ 。没有匹配，因此要进行匹配设计，本文通过利用ADS自带Smith圆图工具来进行设计，设计图如图6所示。



freq (100.0MHz to 4.000GHz)

图4 匹配之前的主抗圆图

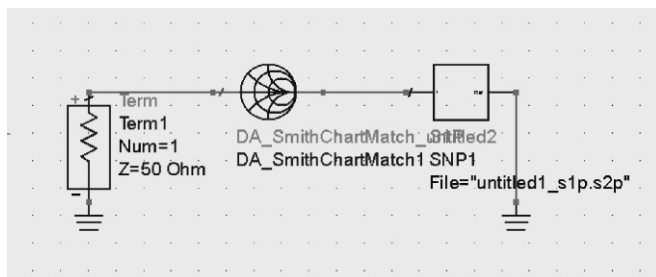
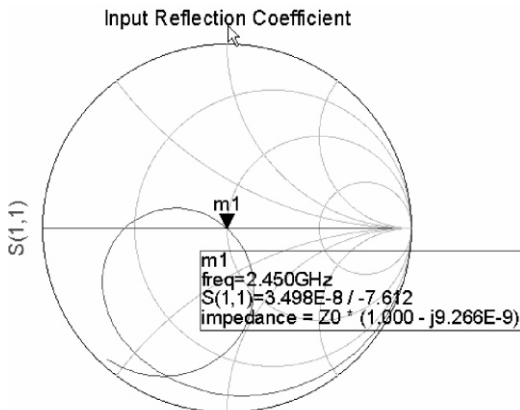


图5 匹配电路图



freq (100.0MHz to 4.000GHz)

图6 匹配的后的阻抗圆图

通过匹配设计最终达到匹配如图7所示，在中心频率2.45GHz，电路的输入主抗为50欧姆。

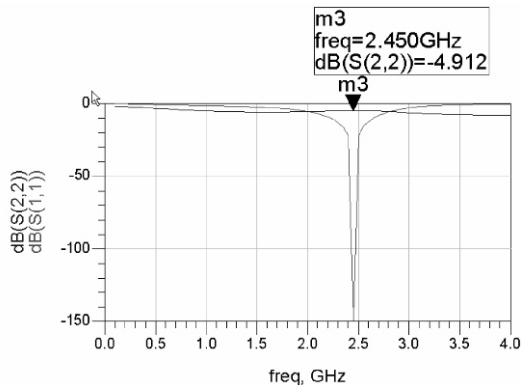


图7 LNA的S(1,1)和S(2,2)参数

2.4 放大器的仿真结果

通过对AFT-55143的稳态分析与匹配设计,最后进行低噪声放大器的设计。设计仿真的结果如图7,图8,图9所示。从图8,9中可以看出在中心频率为2.45GHz附近的通带内的增益大于12dB;噪声系数小于2.5dB,带宽较小,基本符合设计的目标。

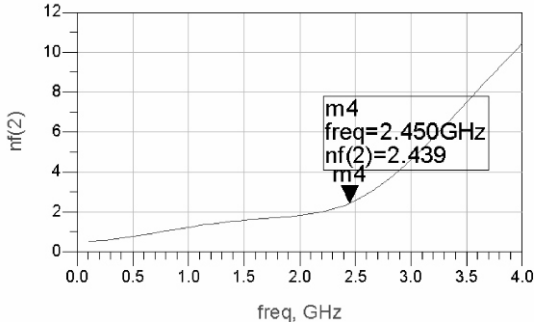


图8 LNA的噪声系数

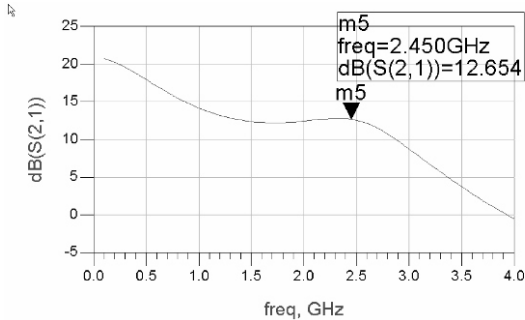


图9 LNA的S(2,1)参数

3 结论

通过对AFT-55143的稳态分析与匹配设计,最后利用AFT-55143来进行低噪声放大器的设计。通过利用ADS仿真得到中心频率为2.45GHz的通带内的增益大于12dB;噪声系数小于2.5dB;通带内绝对稳定,系统的特性主抗为50欧姆的仿真结果,这对低噪声放大器的设计有一定的参考价值。

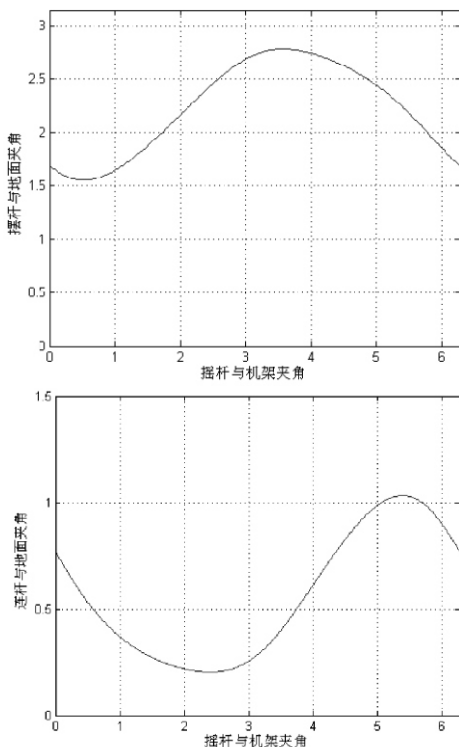
参考文献:

- [1]陈艳华、李朝晖, ADS应用详解—射频电路设计与仿真[M].北京:人民邮电出版社,2008.
- [2]黄志伟, 射频小信号放大器电路设计[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2008.
- [3]阚能华、习友宝, 低噪声放大器的ADS仿真与设计阴, 电子测量技术, 2008.
- [4]Agilent Technologies, Low NoisePseudomorphic HEMT in a Surface Mount Plastic Package[EB/OL].http://www.datasheetcatalog.com/datasheet/Ccts_pdf/A/T/F/-/ATF-33143.shtml.html.

作者简介:

管军(1979-),男,本科,1998年7月毕业于江西省电力学校,同年在江西省赣州供电公司工作,中级职称。

(上接第41页)



当然也可以通过对上式的在此求导,得出摇杆的加速度,在这里不一列出。不仅如此,此种方法也可拓展到平面其他连杆机构,得到的满意的结果。

5 结论

本文借助matlab成功实现了平面四杆机构的运动仿真,结果表明,运用这种方法可以提高四杆机构设计和分析效率。

参考文献:

- [1]曲秀全, 基于matlab/simulink平面连杆机构的动态仿真, 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2007.
- [2]谢进, 机械原理, 成都:西南交大出版社,2004.