

《通信电路与系统》实验指导书

南阳理工学院

实验二 低噪声放大器的设计

1、实验目的

掌握低噪声放大电路原理、指标和设计方法，学会使用射频微波软件对功率放大器进行仿真，掌握低噪声放大器的直流分析。

掌握低噪声放大器原理、设计步骤、测试方法。

2、实验内容提要

设计低噪声功率放大器，用软件对其设计结构进行仿真，并分析其结果,并说明 ATF54143 的直流工作点。

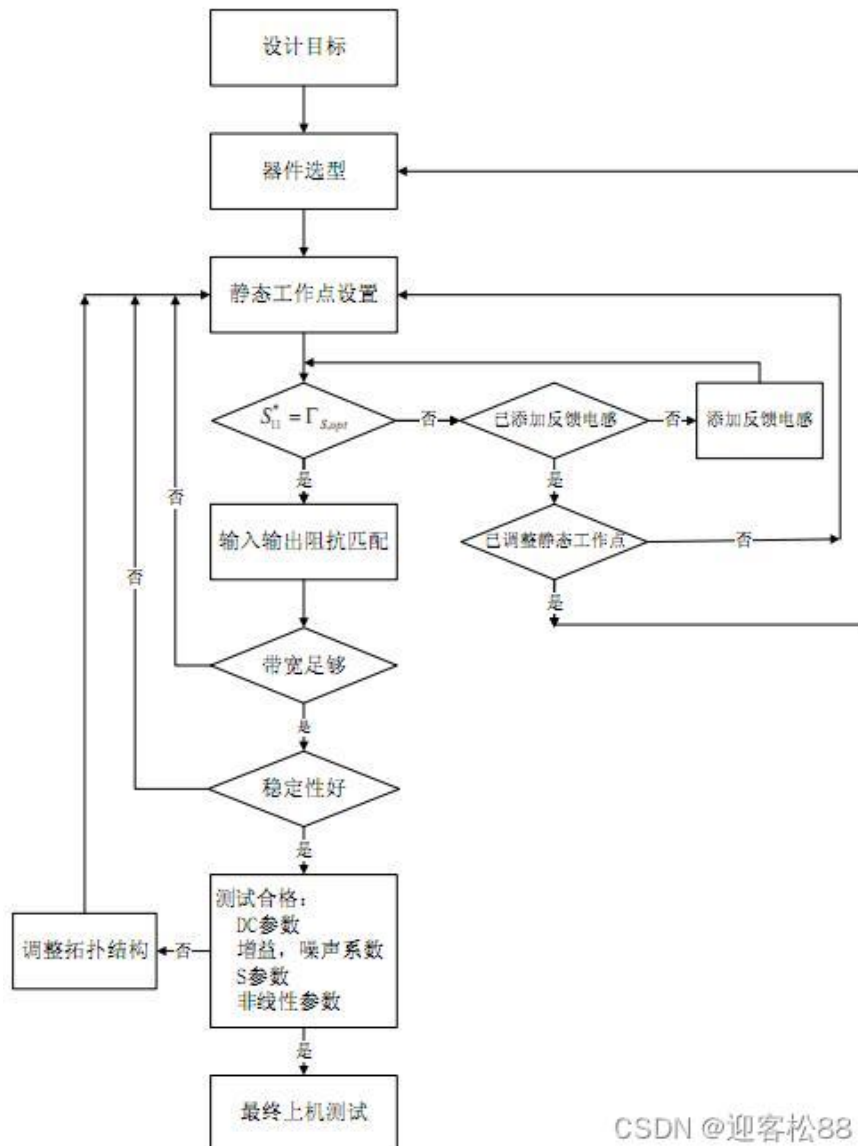
放大电路的 S 参数，稳定性，增益圆，噪声圆均可以通过 ADS 进行仿真，特别是在稳定性，增益与噪声的折中选择方面，ADS 仿真起着重要的作用。当然，ADS 仿真还包括最基本的直流仿真。

2.1 静态工作点的确定

LNA 属于小信号放大器，一般工作于 A 类线性放大器状态。在设计之初需要确定的重要参数是 I_c/I_s 和 V_{ce}/V_{ds} 。对于 LNA 来讲， I_c/I_s 和 V_{ce}/V_{ds} 的大小会影响它的增益、1dB 压缩点、三阶交截点、噪声系数等，因此需要根据要求对电流和电压折衷考虑。

BJT 是电流控制电流器件，因此为得到所需要的集电极电流 I_c ，首先需要知道基极电流 I_b 需要多大。ADS 提供了一个模板，可以非常方便地插入到原理图中然后仿真。

3、实验步骤



CSDN @迎客松88

LNA 设计流程图

(1)新建一个工程“LNA_AT54143_wrk”。执行菜单命【File】-【New】-【Work-space】此时弹出一个新建工程向导，按照向导一步一步地设置，如图5.1所示。

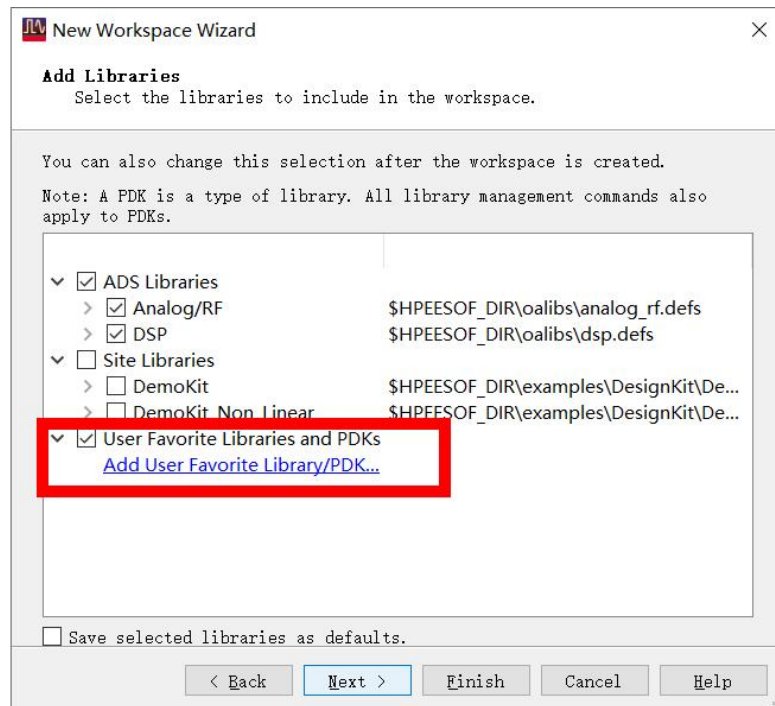


图 5.1

(2) 在该设计中，需要加入ATF5143的模型。执行菜单命【File】-【Manage Libraries...】，弹出“Manage Libraries”对话框，单击【Add Library Definition File...】按钮，图5.2所示

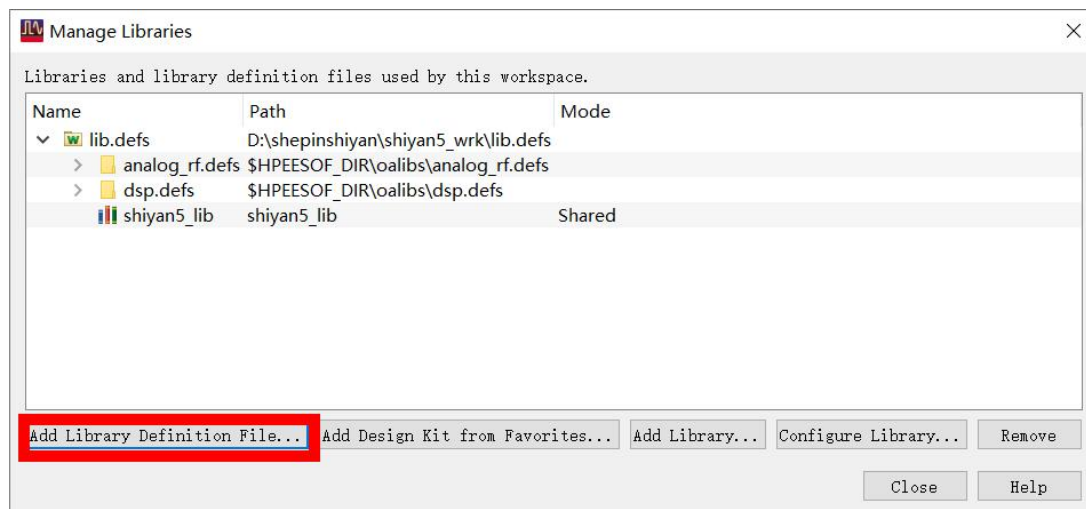


图 5.2

在弹出的“Select Library Definition File”对话框中找到“Chapter5_wrk”的文件夹，选择lib.defs文件,单击打开按钮，最终可以看到“Chapter5_wrk”如图5.3所示。

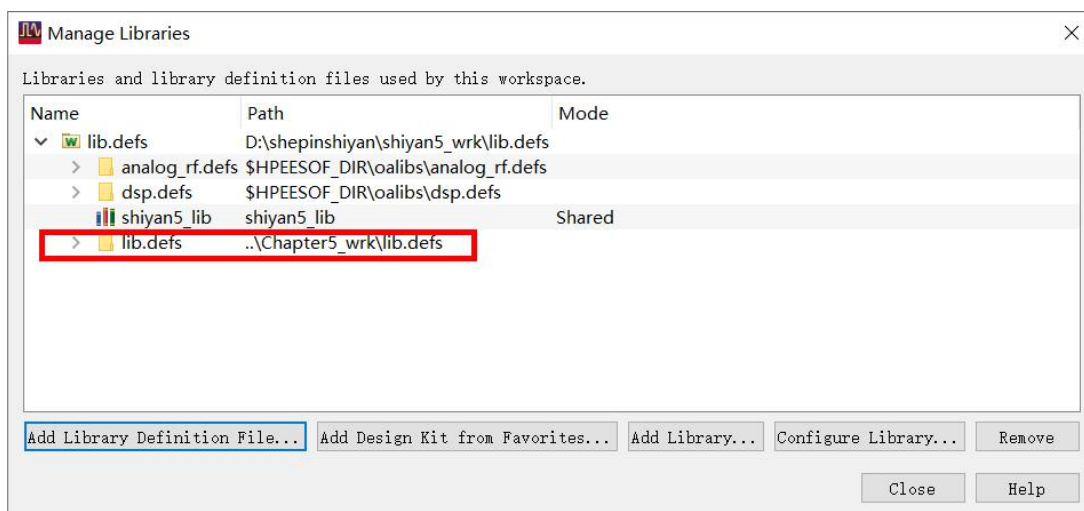


图 5.3

(1) 新建一个原理图，在“Schematic Design templates”选择“ads_template:DC_FET_T”(图 5.4)

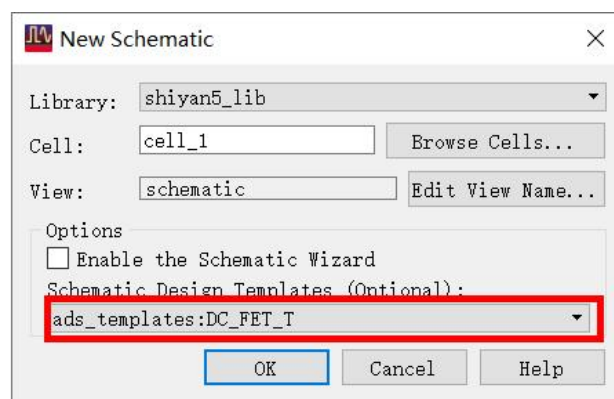


图 5.4

(2) 单击[OK]按钮，打开这个原理图，可以看到它里面已经把“FET DC Tracing”的控件放置好了(图5.5)。

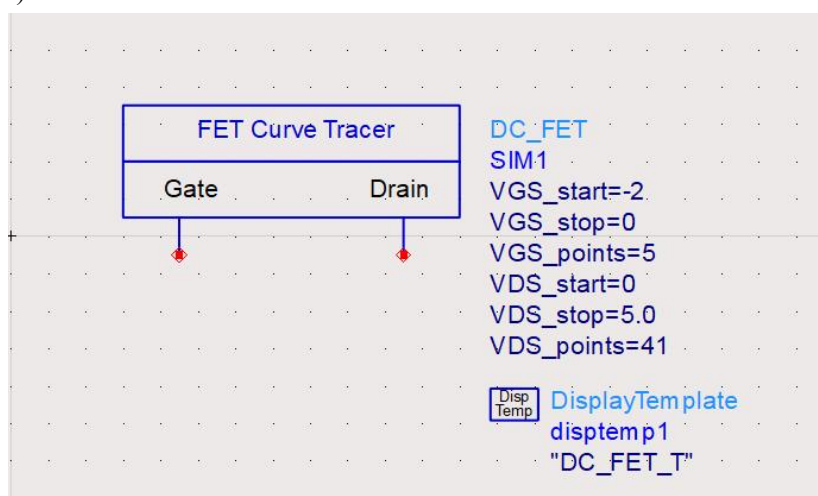


图 5.5


(3) 单击元器件库按钮 ，打开元器件库列表(图5.6)。



图5.6

- (4) 选择“ATF54143_dt”,右击“Place component”添加至原理图。
 (5) 下面需要设置DC_FET控件的参数。如图5.7所示。

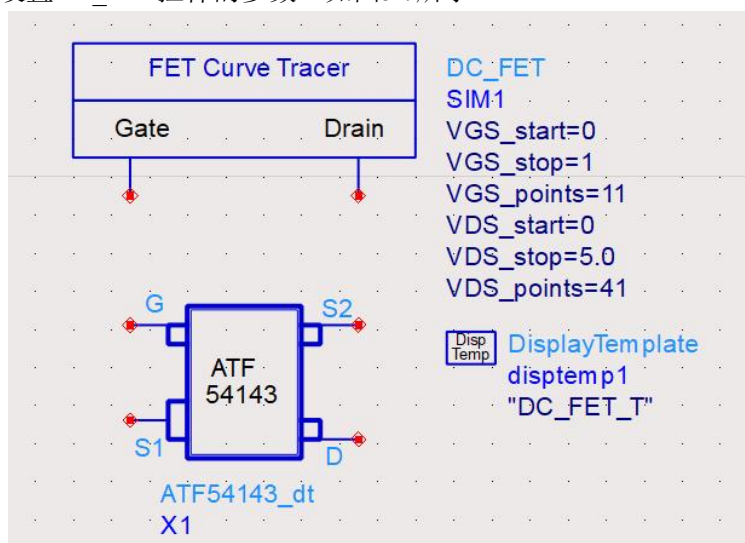


图 5.7

- (6) 根据图5.7可以设置相关参数并用图标连接原理图，如图5.8所示。

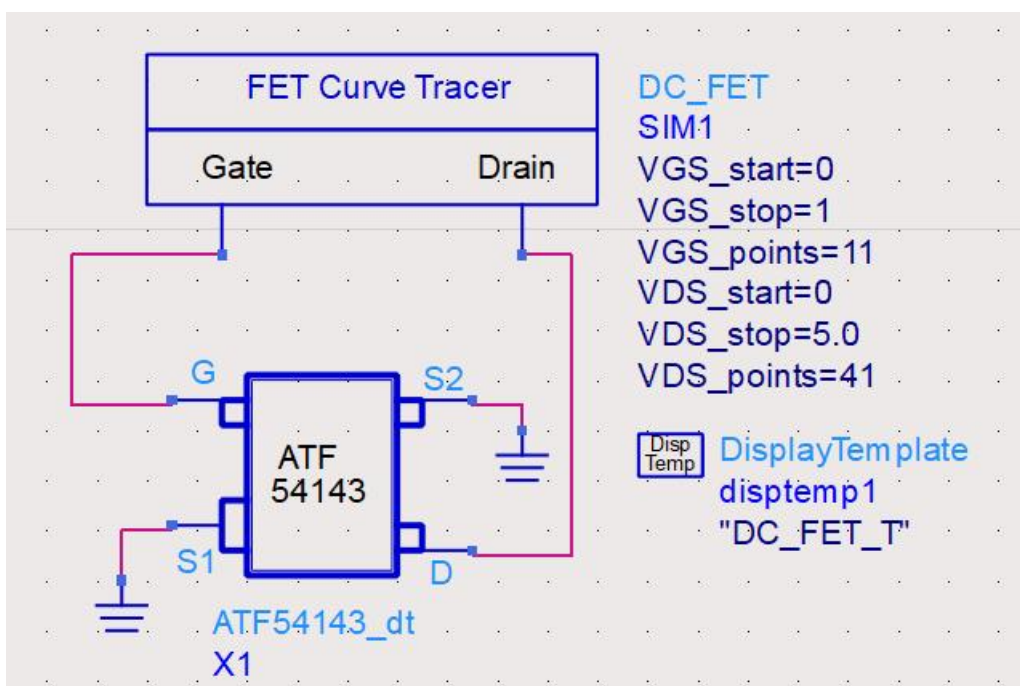


图 5.8

(7) 图5.8中DC_FET中的各项参数设置如下。

- VCS_start:起始栅极电压。
- VGS_stop:终止栅极电压。
- VCS_points:栅电流值的采样点数目。
- VDS_start:初始漏-源电压。
- VD_stop:终止漏-源电压。
- VDS_points:漏-源电压值的采样点数目。

(8) 点击仿真图标开始仿真，结果如图5.9所示。

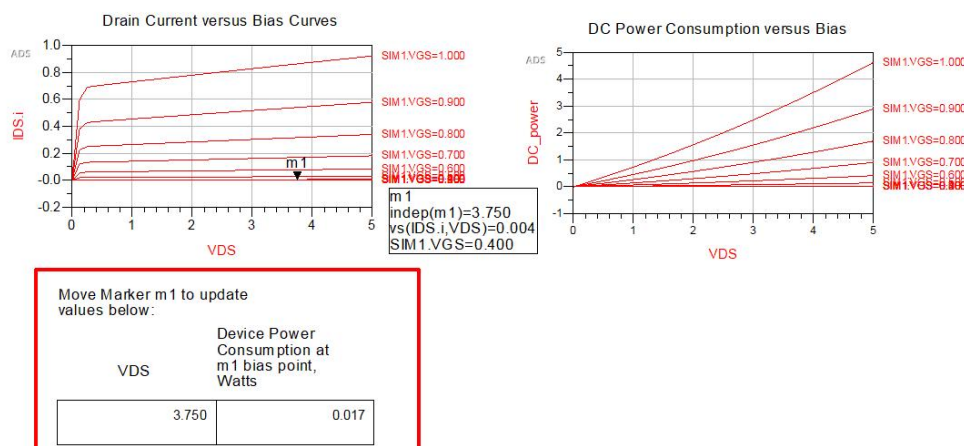
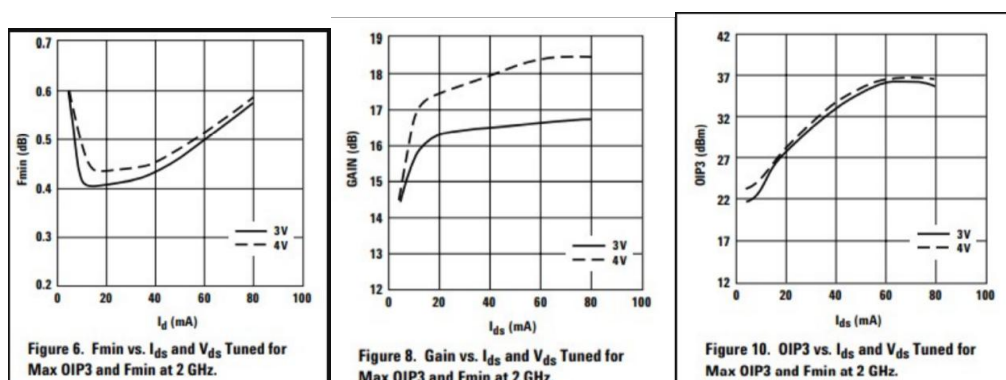


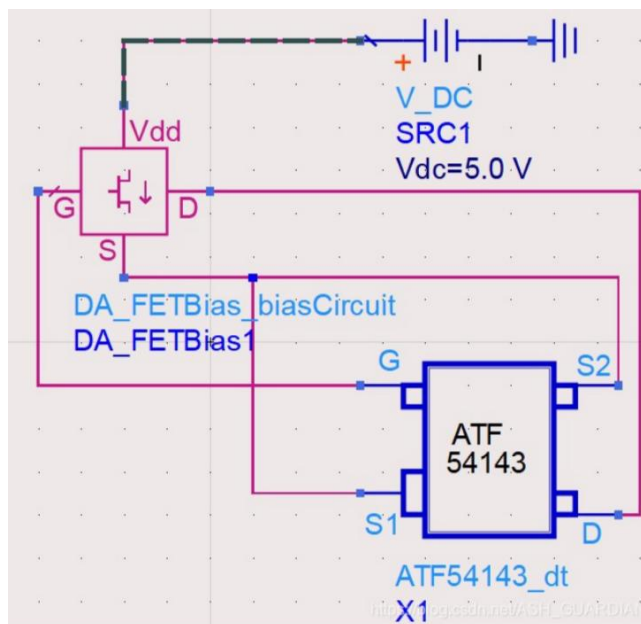
图 5.9

从ATF54143的DataSheet上可以看到噪声、增益、OIP3与 I_{ds} 和 V_{ds} 的关系，从而确定晶体管工作点，如下图所示。



从上图里面可以看到，在 2GHz 的时候，当 $V_{ds} = 3V$ 且 $I_{ds} = 60mA$ 时， F_{min} 仅仅比 $I_{ds} = 20mA$ 时高了 0.1dB，但是 OIP3 却高出了很多。综合考虑，ATF54143 直流工作点就设为 $V_{ds} = 3V$ 、 $I_{ds} = 60mA$ 。

(9) 创建一个新的原理图，命名为"biasCircuit"。在原理图中放入ATF54143的模型，在工具栏的控件下拉菜单中选择“Transistor Bias”，选择其中的“DA_FETBias”工具，如下图所示。



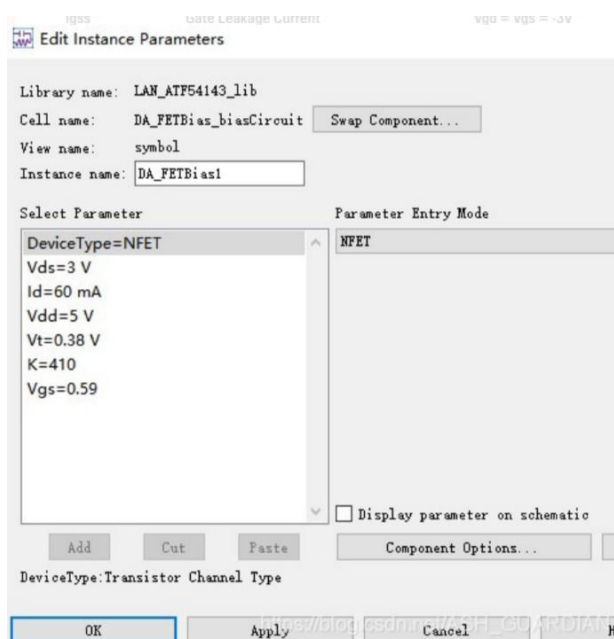
ATF54143的芯片资料中列出了电参数的典型值，如下图所示。

ATF54143 Electrical Specifications

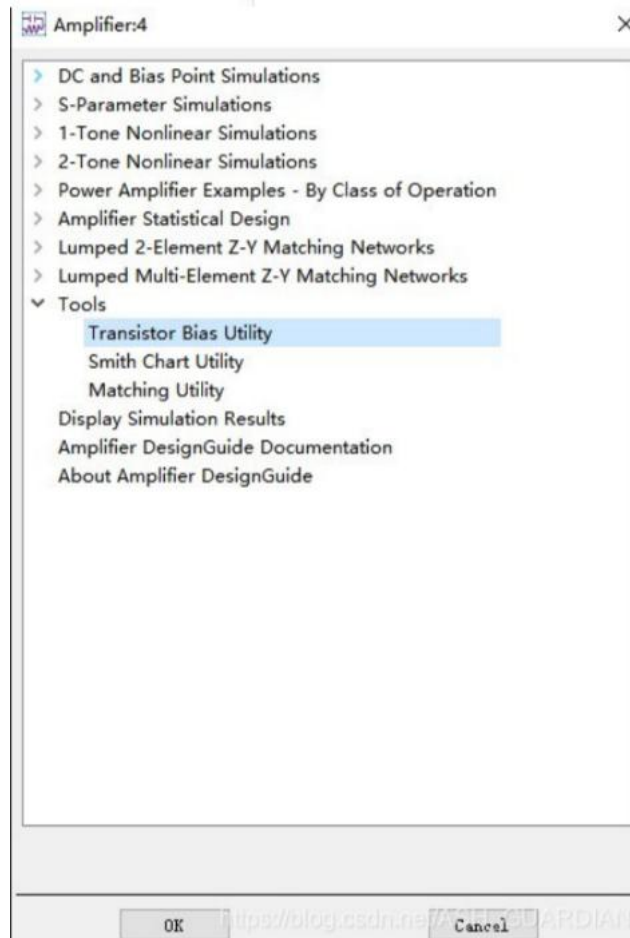
$T_A = 25^\circ\text{C}$, RF parameters measured in a test circuit for a typical device

Symbol	Parameter and Test Condition	Units	Min.	Typ. ^[2]	Max.
V _{gs}	Operational Gate Voltage V _{ds} = 3V, I _{ds} = 60 mA	V	0.4	0.59	0.75
V _{th}	Threshold Voltage V _{ds} = 3V, I _{ds} = 4 mA	V	0.18	0.38	0.52
I _{dss}	Saturated Drain Current V _{ds} = 3V, V _{gs} = 0V	μA	—	1	5
G _m	Transconductance V _{ds} = 3V, $g_m = \Delta I_{dss} / \Delta V_{gs}$; $\Delta V_{gs} = 0.75 - 0.7 = 0.05\text{V}$	mmho	230	410	560
I _{gss}	Gate Leakage Current V _{gd} = V _{gs} = -3V	μA	—	—	200

双击DA_FETBias_BiasCircuit控件，在弹出的对话框里按照芯片资料上列出的典型值设置控件参数，如下图所示。

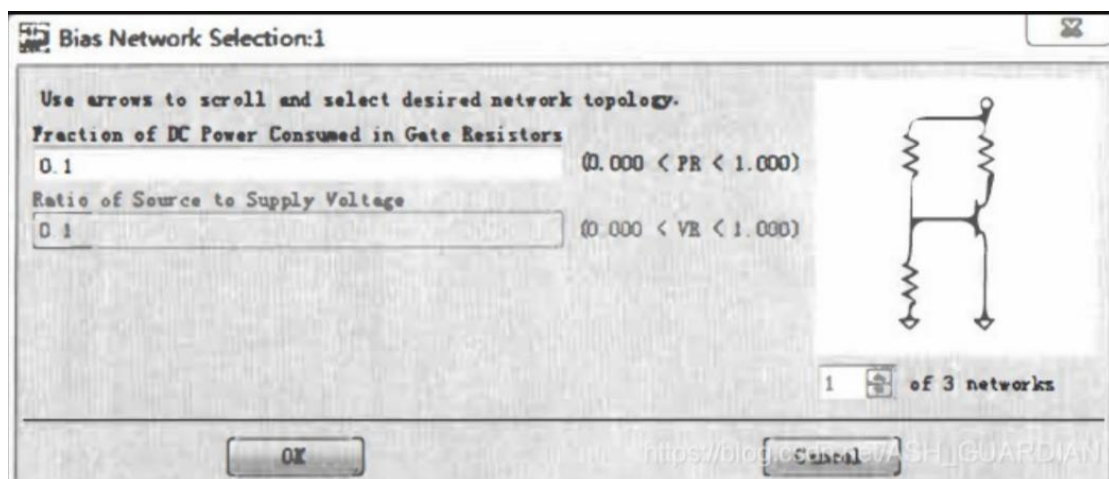


行菜单命令【DesignGuide】【Amplifier】，弹出放大器设计向导对话框，在Tools里面选择"TransistorBias Utility"。在弹出来的对话框中选择 “Transistor Bias Utility”，如下图所示。



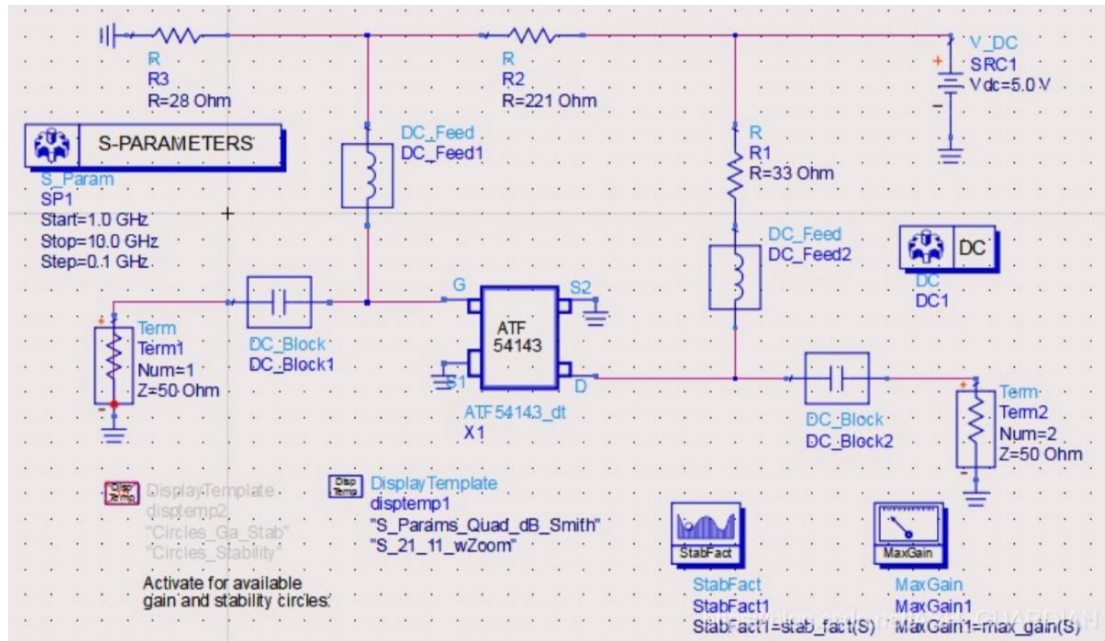
单击【OK】按钮，弹出"TransistorBias Utility"对话框。这里会自动寻找到在原理图中的DA_FETBias1控件并导入其中各项参数。

击【Design】按钮，弹出下一步进入的"Bias Network Selection"对话框，单击【OK】按钮，ADS自动生成一个偏置电路，如下图所示。



在"BiasNetwork Selection"对话框里面有3个偏置网络可以选择，另外两个偏置电路如下图所示。在另两个偏置网络里面，晶体管的源极是有电阻的，但通常在LNA的设计中，S极只接反馈电感（微带线），所以选用第一个偏置网络。

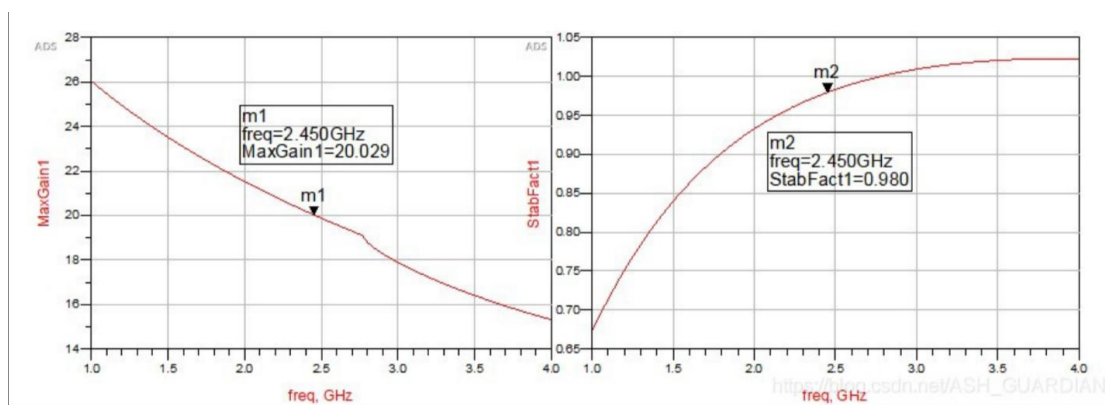
重建一个原理图，命名为"biasCircuit2"，添加各种元器件和控件，并按照下图所示的画好偏置电路。



因为要进行S参数的仿真，所以加了很多控件，其中"Term"是端口，一般都默认50Ohm；"StabFact"控件是稳定系数，也就是K，在这里要求 $K > 0$ ；"MaxGain"是最大增益控件（注意不是实际增益，实际增益是S21）；"S-PARAMETERS"控件里面设置仿真的参数。

另外，放大器的直流和交流通路之间要加射频扼流电路，它实质是一个无源低通电路，使直流偏置信号（低频信号）能传输到射频信号通路上，而晶体管的射频信号（频率很高，在这里是2.4GHz的传输信号）无法进入直流偏置，实际中一般是一个电感，有时也会加一个旁路电容接地，在这里先用【DC_Feed】扼流电感代替。同时，直流偏置信号不能传到两端的Term，需要加隔直电容，这里先用【DC_Block】隔直电容代替。

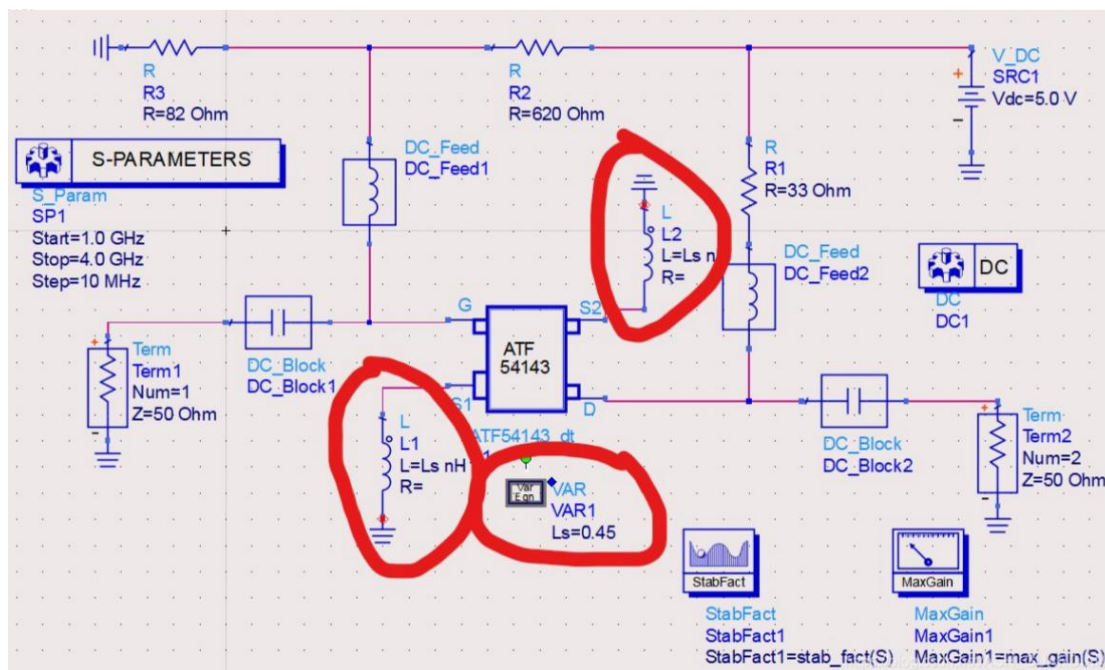
(2) 单击仿真图标开始仿真。仿真结束后，单击数据显示窗口左侧的III 图标，弹出 "Plot Traces & Attributes" 对话框，如下图所示。



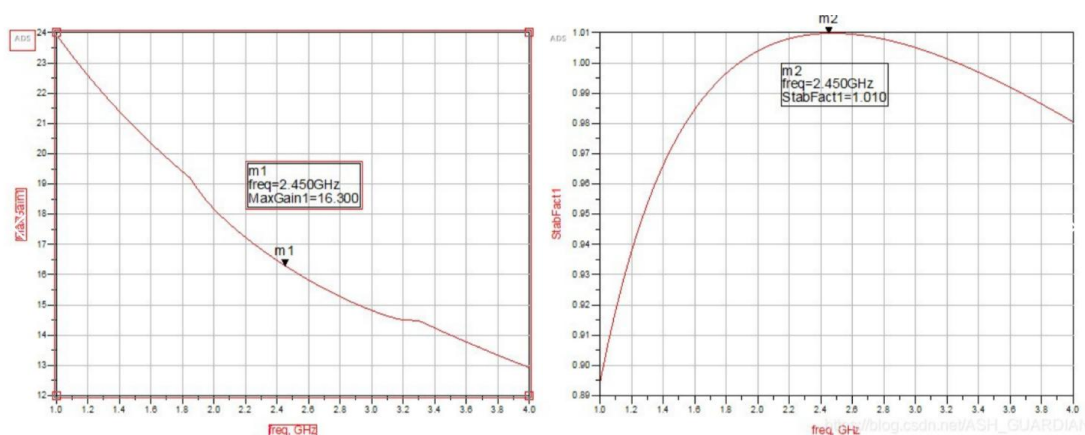
从上图里可以看出，在2.45GHz时，最大增益为20dB，稳定系数 $K = 0.98$ ，小于1。从晶体管放大器理论可知，只有绝对稳定系数 $K > 1$ ，放大器电路才会稳定，这里 $K < 1$ ，不稳定。

(4) 使系统稳定的最常用的办法就是加负反馈，本例将在PHEMT的两个源极加小电感作为负反馈，如下图所示。添加变量控件，为了便于调节参数，把

两个电感的值设成变量 L_s ，通过 VAR1 赋值。



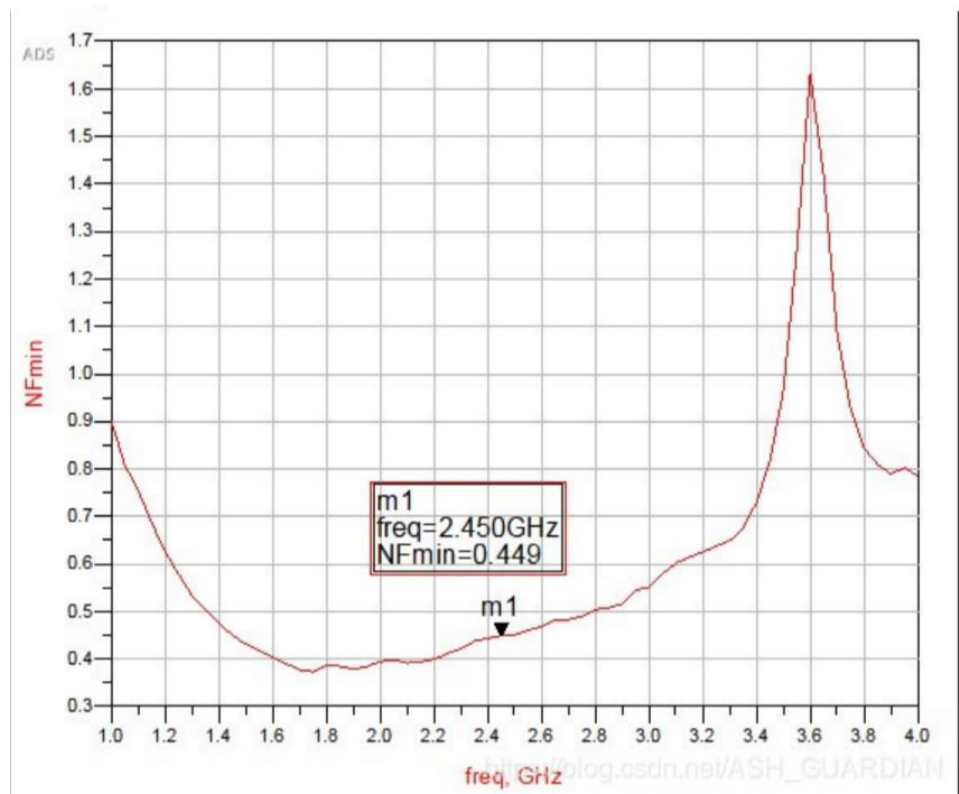
注意：添加反馈电感的连接方向要一致。
通过反复调节反馈电感值，使其在工作频率范围内稳定。本例通过调节， L_s 的值为0.45nH，得到仿真结果如下图所示。



仿真噪声系数需要在 S 参数仿真控件里把计算噪声的功能打开。如下图中选中 "Calculate noise" 选项。



仿真结束后用矩形图显示NFmin参数，如下图所示。



从NFmin的图上可以看出，2.450GHz时的最小噪声系数为0.449dB。接下来就要设计一个适当的输入匹配网络来达到这个最小噪声。

4、实验结论

分析仿真实验结果，思考如何加入匹配网络。分析电路稳定性。
更多设计，请参考：

https://blog.csdn.net/ASH_GUARDIAN/article/details/117434013