

软件实验四 非线性电路仿真

一、实验目的

通过一个简单的功率放大器的设计来介绍射频非线性电路的设计与仿真，以此来熟悉非线性电路中的各种参数以及各种非线性元件的使用，熟悉支电路的使用，等等。

二、实验原理

射频放大器与常规低频电路的设计方法完全不同，它需要考虑一些特殊的因素。尤其是入射电压波和入射电流波都必须与有源器件良好匹配，以便降低电压驻波比、避免寄生振荡。利用单级或多级晶体管电路对输入信号进行放大是模拟电路理论中最重要而且是最困难的任务。

本实验利用单级晶体管进行放大。首先使用 MWO 中的测量元件得到器件三极管的特性曲线图。然后通过此三极管器件，设计其直流偏置电路得到一个功率放大器，并通过谐波平衡仿真出结果，得到输出的功率曲线

三、仿真内容及结果讨论

1、实验使用的 BJT 晶体管的特性曲线测试：

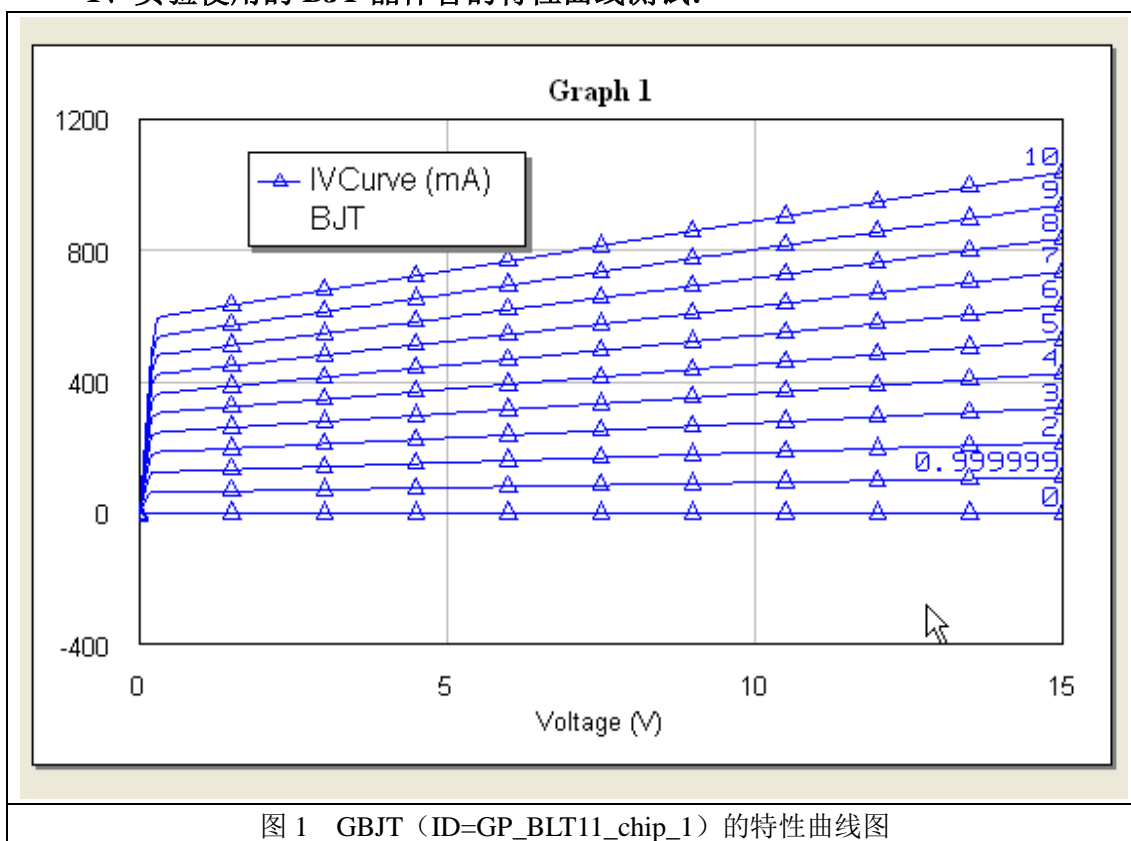


图 1 GBJT (ID=GP_BLT11_chip_1) 的特性曲线图

可以对测试仪器 I_V 曲线追踪器的参数加入调谐。如扫描电压终止值，或扫描电流步长等。观察特性曲线的动态变化，并做出相应分析。

2、设计功率放大器

设计此晶体管的直流偏置电路，然后设计功率放大电路；即实验指导书图 5 的电路原理图。

首先必须了解功率放大器的直流偏置。测试不同频率下，I_METER 与 V_METER 的值。如图 2 所示。

Graph 2		
Frequency (GHz)	Icomp[I_METER.AMP1,0,1] (mA) DCBjt	Vcomp[V_METER.VM1,0,1] (V) DCBjt
1.5	298.27	6
1.7	301.88	6
1.9	310.39	6
2.1	326.08	6
2.3	334.77	6
2.5	323.83	6

图 2 不同频率下，功率放大电路的直流偏置值

接下来，测试功率放大器的输出功率曲线图。如图 3 所示。而通过图 4 的对比，可见，该功率放大器确实实现了放大功能。

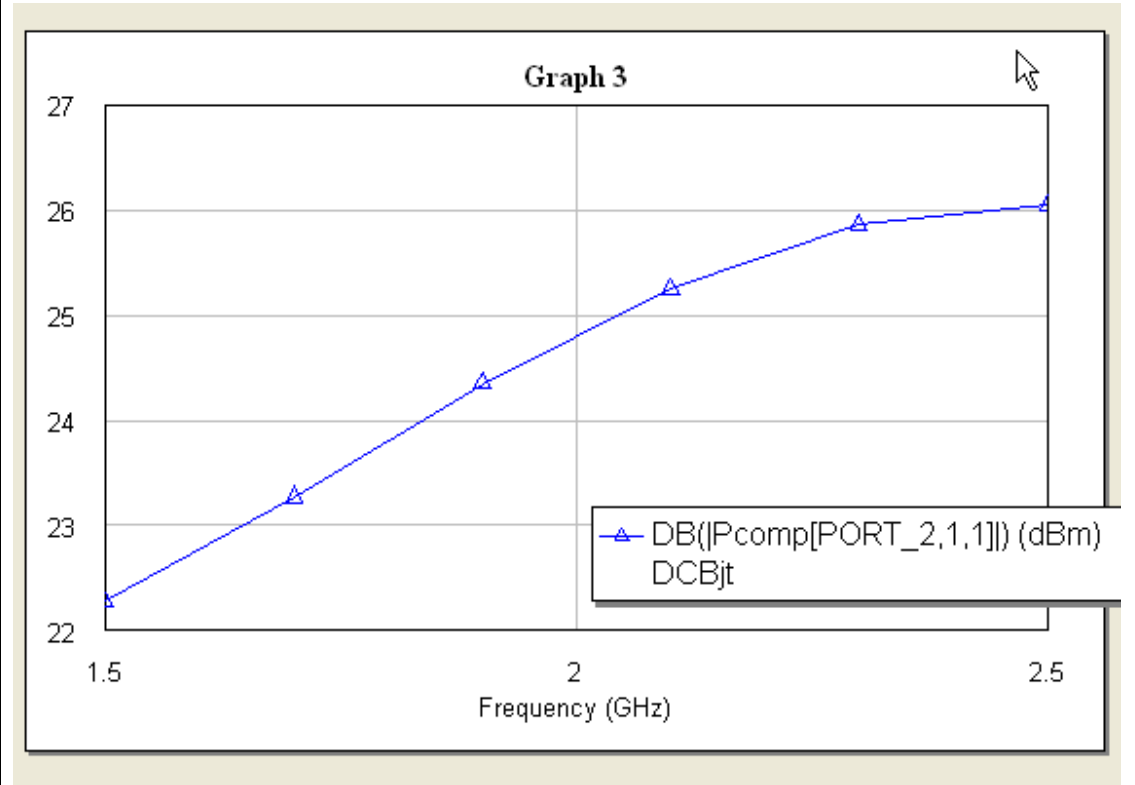


图 3 Port2 的输出功率曲线

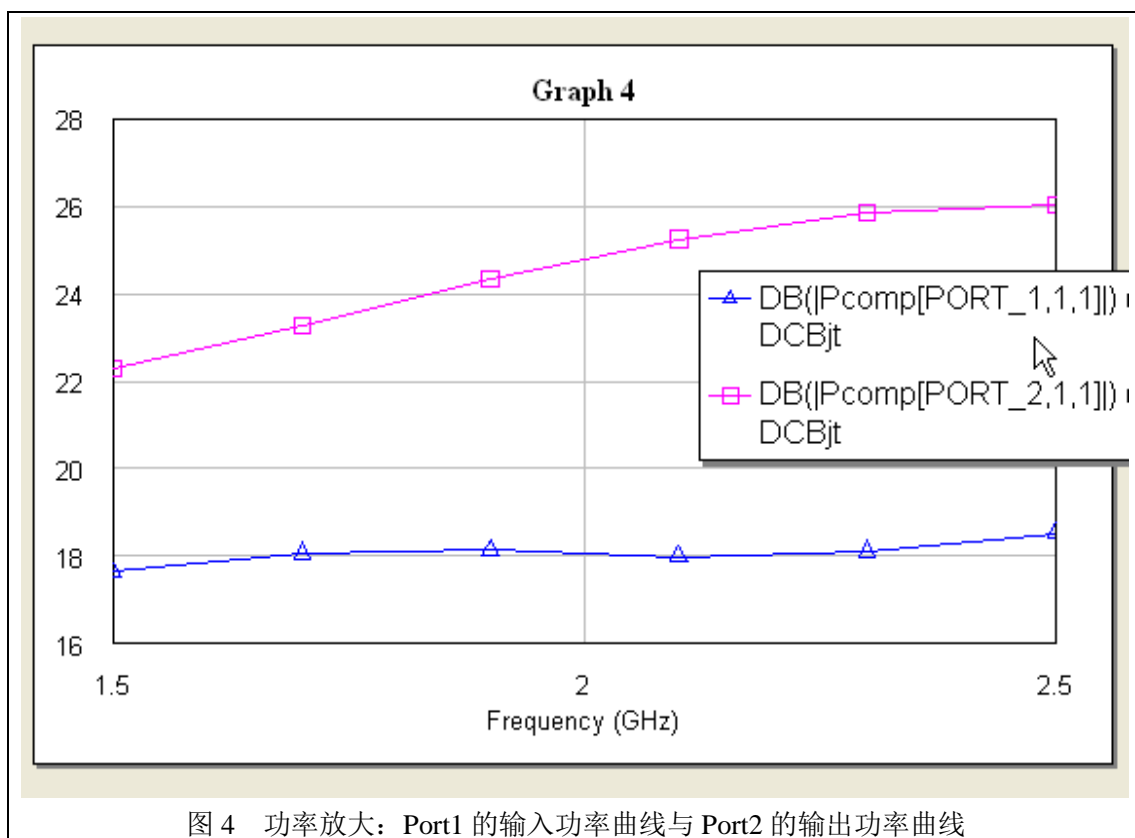


图4 功率放大: Port1 的输入功率曲线与 Port2 的输出功率曲线

最后，测量该电路其它参数，主要为 IP1，IP3 等等。略。

3、分析 1 端口输入功率变化时 2 端口输出功率的变化情况

将 Port1 的 Pwr 的值用变量 p 来代替，对 p 进行调谐，观察图 4 的变化情况，如下：

(1) $p=0\sim18$ 时，Port1 输入功率曲线与 Port2 输出功率曲线之间的关系与图 4 相同，两曲线之间的距离基本恒定。可见，在该范围内，功率放大器在全频段起放大作用；但放大倍数随 p 的增大而减小。

(2) $p=19\sim25$ 时，两曲线之间的距离越来越小，直到 $p=25$ 时，在频率点 1.5GHz 处，两曲线重合。

(3) p 大于 25 时，Port2 输出功率曲线不会随着输入功率 p 的变化而变化。

4、分析 1 端口电压变化时 2 端口输出波形的变化情况

在添加测量参数对话框，分别选择“NonlinearPower”、“Vtime”，测量时域电压波形。图 5 图 6 测量的电压波形均为工作频率 1.5GHz。

对比图 5 图 6 可见，输入功率越大，输入电压振幅越大，输出电压的时域波形越容易畸变。可用电子线路高频部分的相关理论来解释。

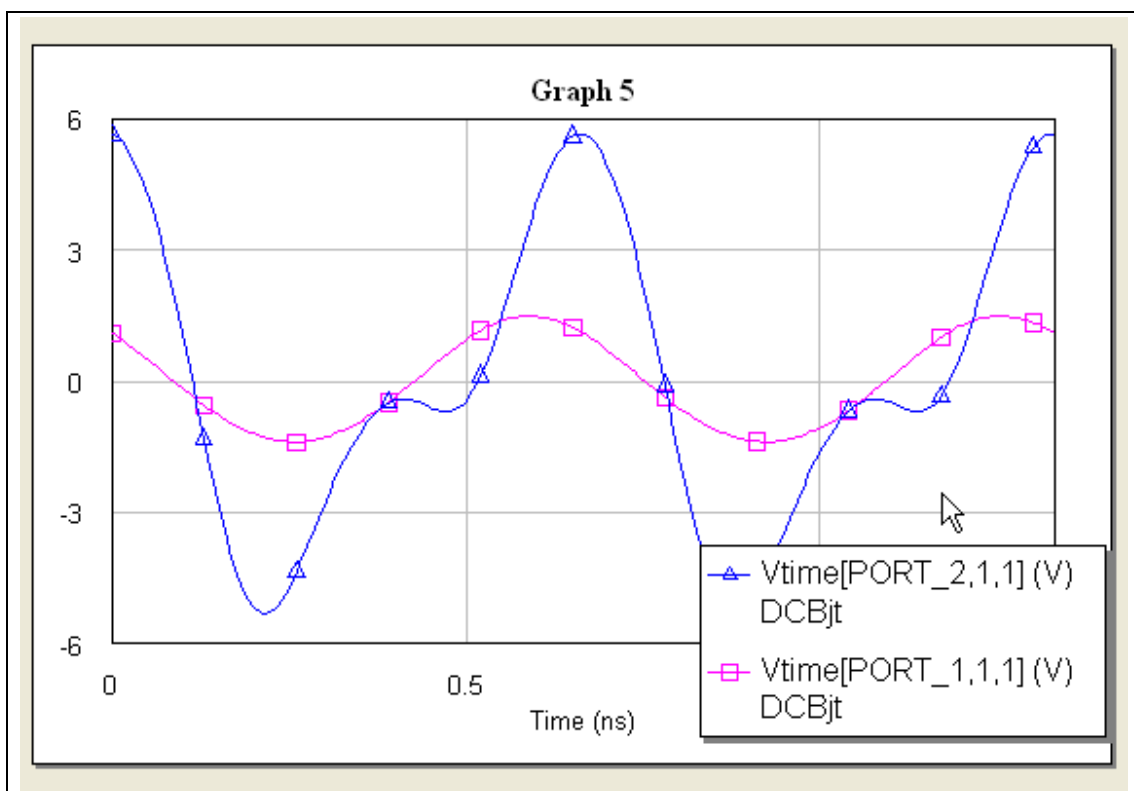


图 5 端口 1 的 $Pwr=18$ 时，输入输出电压波形比较

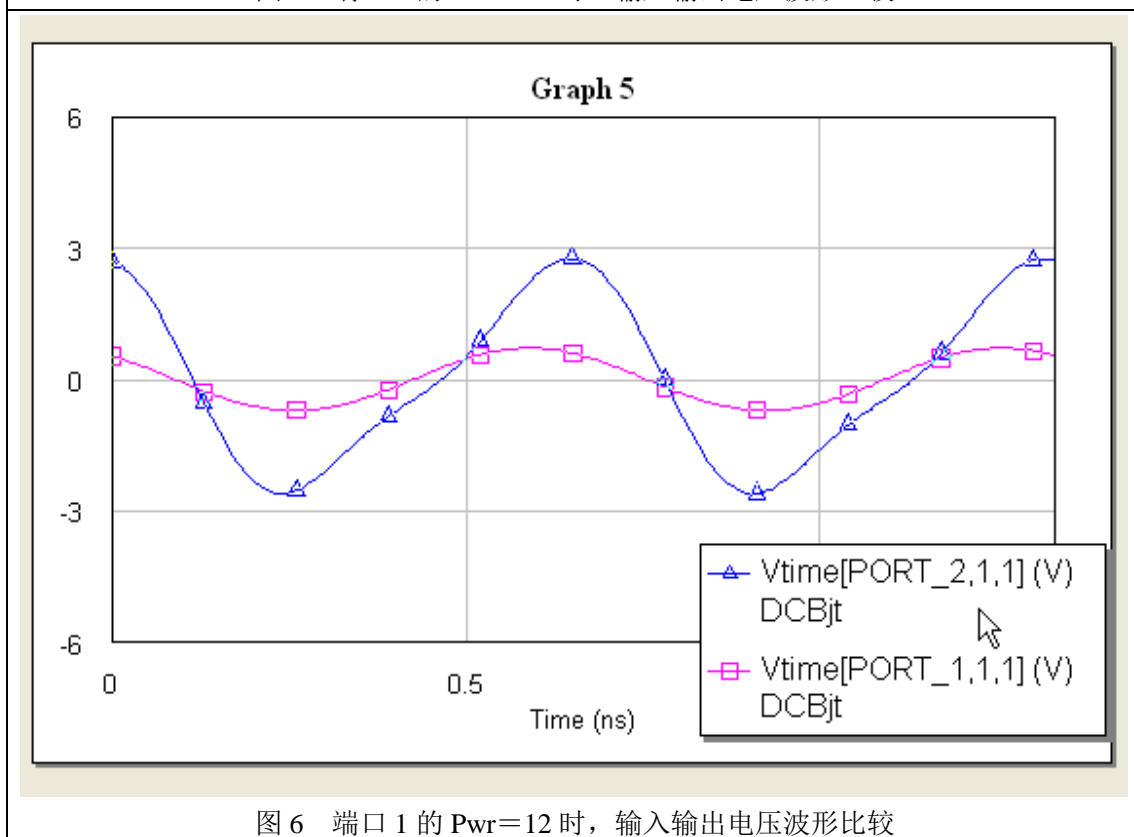


图 6 端口 1 的 $Pwr=12$ 时，输入输出电压波形比较

四、心得体会

1、本实验有几个注意事项：

- (1) 选 GBJT 晶体管时，注意是 Library 里的 Nonlinear，而不是 Nonlinear 元器

件里的 GBJT。

(2) 搭建电路原理图 (图 5) 时, 应注意两个直流电表的极性不要接反, 两个直流电压源的极性不要接反; Port1 应选择带有单音信号源的端口。

(3) 注意支电路的引入、使用。

(4) 添加测量参数时, 注意对话框上的 Measurement Component 一栏。测量直流电压时, 应选择 “V_METER.VM1”, 测量直流电流时, 应选择 “I_METER.AMP1”; 测量输出功率 P_{comp} 时, 应选择 “PORT_2”, 测量输入功率 P_{comp} 时, 应选择 “PORT_1”。也就是说, 根据所测量参数的性质, 选择相应的测量部位或电表。本实验有四个电路原理图, 即四个 DataSourceName; 同时, 原理图中, 端口 Port、直流电压源、测量电表等等, 都是测量部位。故应注意选择, 避免出错。

2、通过对该功率放大器的测量, 以及观察调谐后的变化情况, 可以更加深刻地理解功率放大器的原理 (电子线路高频部分的相关理论)