

杭州电子科技大学

通信电路实验报告

姓名： 钱景瑞

学号： 20011723

班级： 20083411

序号： 05

实验名称： 谐振功率放大器设计及仿真

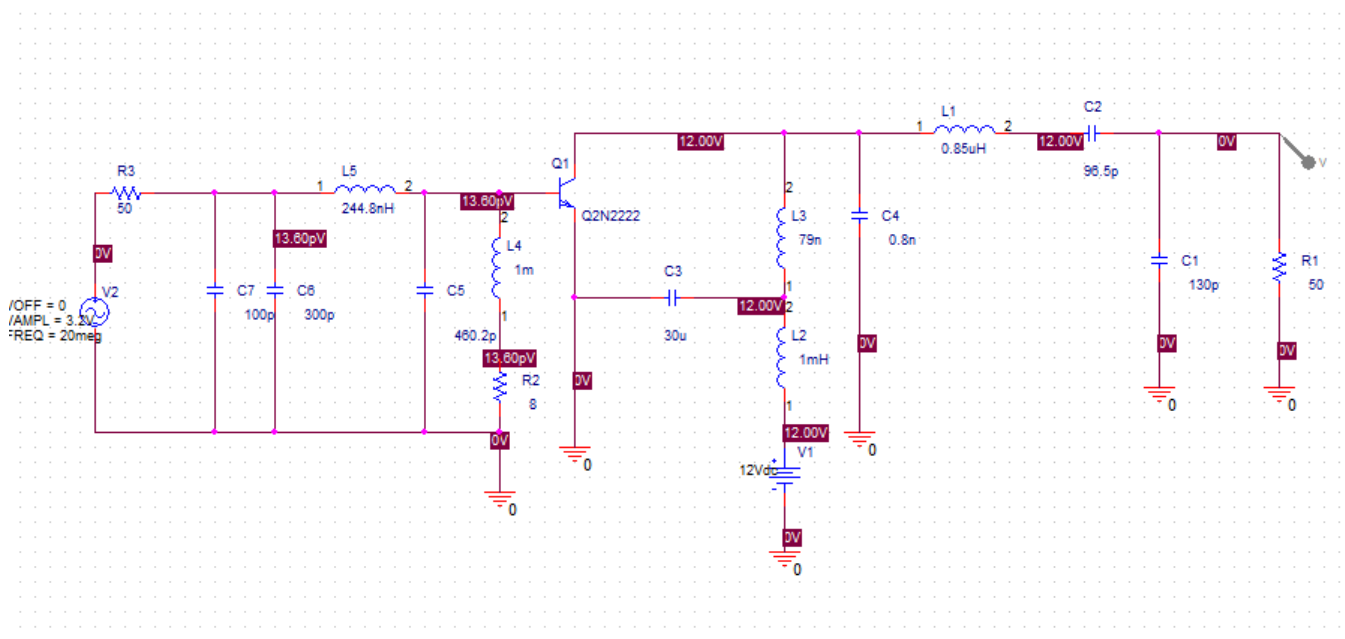
一、 实验目的(10 分)

- 1、了解和掌握谐振放大器的电路组成和工作原理。
- 2、了解和掌握阻抗匹配电路原理及结构。
- 3、理解电路元件参数对谐振放大器性能指标的影响。
- 4、熟悉电路分析软件的使用。

二、 设计要求及主要指标(10 分)

- 1、工作频率在 20MHz;
- 2、设计合理的输出匹配网络和输入匹配网络，功率放大器的输入\输出阻抗为 50Ω ;
- 3、三极管选用 Q2N2222，集电极采用串馈供电，电源电压为 12V，基极采用自给偏置方式供电；
- 4、输出功率 $P_o \geq 1.5W$ 。
- 5、二次谐波抑制度 $H_2 \leq -30dB$
- 6、求出在最大输出功率时信号的输入功率。
- 7、分析最大输出功率时的电源功耗、集电极功耗、效率、功率增益及二次谐波失真。

三、 原理图(20 分)

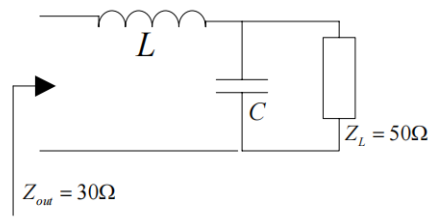


四、 仿真结果及计算分析(50 分)

输出回路：

将 30Ω 的电阻放入谐振网络中，使其在 20MHz 下的输出阻抗为 50Ω 。

计算得：



$$R_s = R_L = 30\Omega$$

$$R_p = R_e = 50\Omega$$

$$R_p = R_s(1 + Q_e^2)$$

$$Q_e = \sqrt{\frac{R_p}{R_s}} - 1 = 0.81$$

$$Q_e = \frac{|X_s|}{R_s}$$

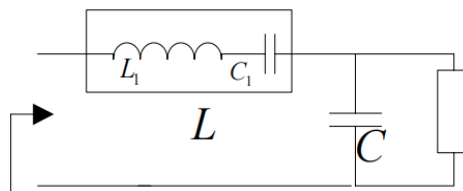
$$X_s = Q_e \cdot R_s = 24.4\Omega$$

$$X_p = X_s \left(1 + \frac{1}{Q_e^2}\right) = 24.4 \left(1 + \frac{1}{0.81^2}\right) = 61.6\Omega$$

$$\omega L = X_s \quad L = \frac{X_s}{2\pi f} = \frac{24.4}{2\pi \times 20 \times 10^6} = 0.19\mu H$$

$$\frac{1}{\omega C} = X_p \quad C = \frac{1}{2\pi f X_p} = 1.30nF$$

将 L 换成电感和电容的串联：



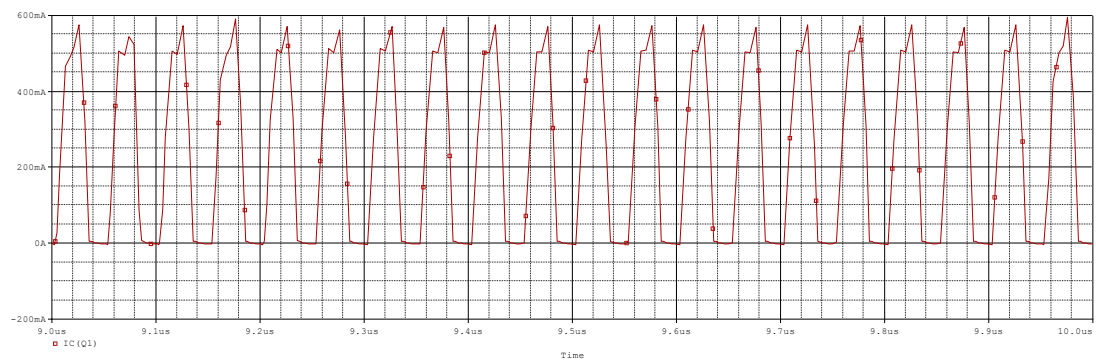
$$\omega L = \omega L_1 - \frac{1}{\omega C_1}$$

取 $L_1 = 0.85mH$, $C_1 = 96.5pF$

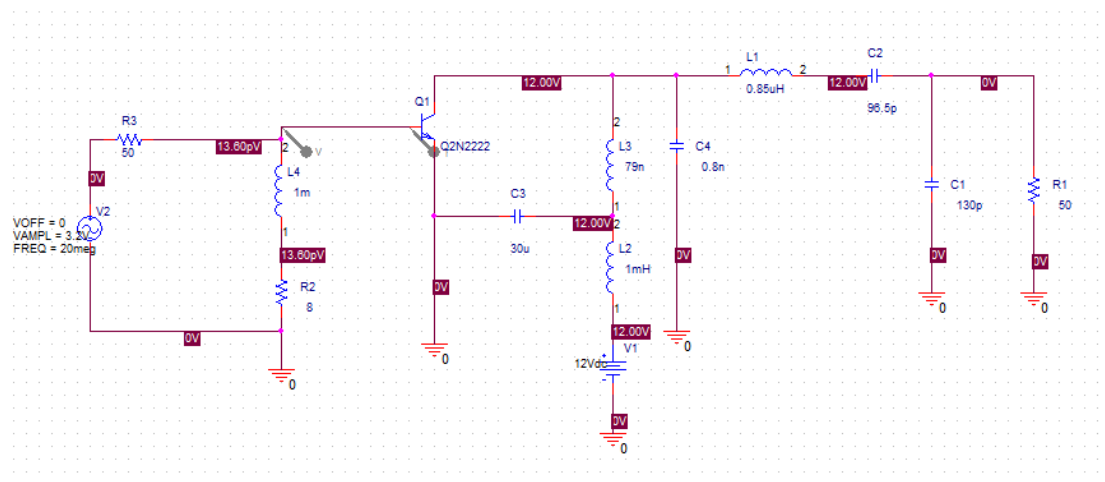
输入回路：

不断调节信号源电压

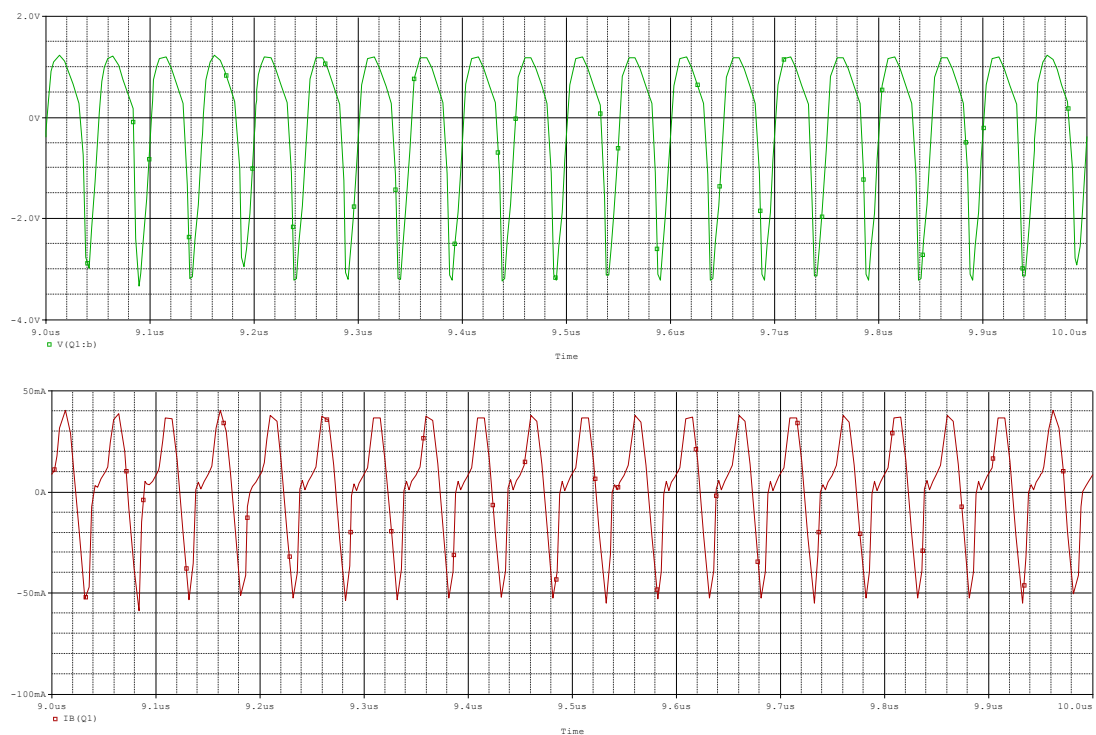
测量集电极电流



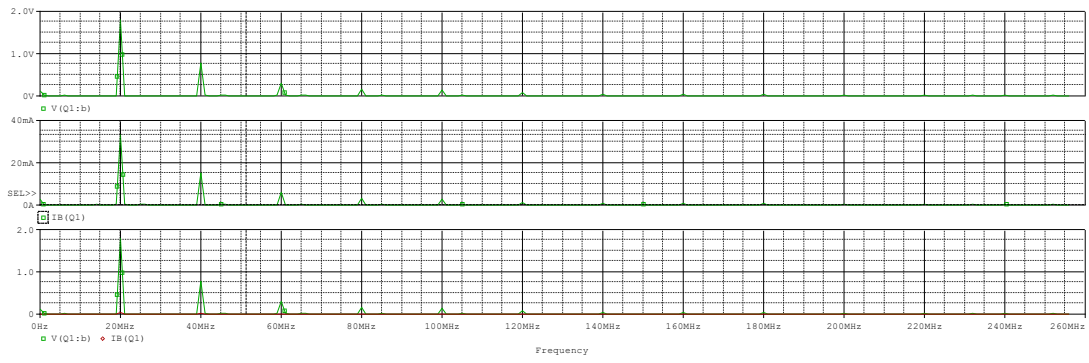
此时信号源电压为 3.2V
测量基极电压与电流：



基极电压与电流时域：



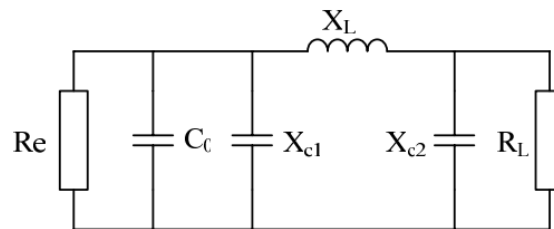
基极电压与电流频域：



测得

$V=1.8V$ 、 $I=33.2mA$

$$R = \frac{V}{I} = 54.2\Omega$$



$$X_{C1} = -\frac{R_e}{Q_{e1}} - X_{C0}$$

$$X_{C2} = -R_L \sqrt{\frac{R_e / R_L}{(1 + Q_{e1}^2) - (R_e / R_L)}}$$

$$X_L = \frac{Q_{e1} R_e - (R_e R_L / X_{C2})}{1 + Q_{e1}^2}$$

其中：

$$R_L = 54.5\Omega$$

$$R_e = 50\Omega$$

$$Q = 3$$

计算得：

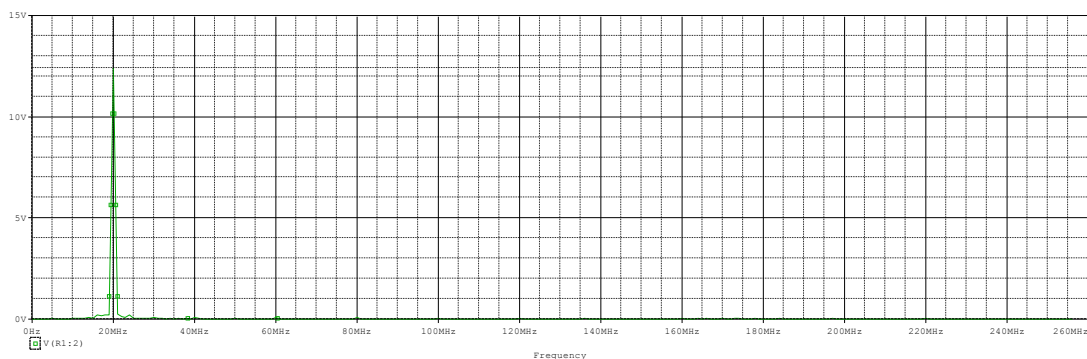
$$L = 244.8nH$$

$$C_2 = 460.2pF$$

反复调节

$$C=100pF$$

$$C1=300pF$$



此时增益最大。

三极管集电极在 0、20MHz、40MHz 时电压电流值：

$$I_{c0} = 224.7mA$$

$$V_{cm2} = 10.0V$$

$$V_{cm4} = 668.6mV$$

R_2 两端输出电压值分别为：12.3V 133.6mV。

对于输入的信号，可测得：

$$V_{in} = 3.7V$$

$$I_{in} = 19.7mA$$

由以上数据，可以求得：

谐振功率放大器有直流功率为：

$$P_s = V_{cc} \cdot I_{co} = 12 \times 224.7 \times 10^{-3} = 2.69W$$

交流输出信号功率为：

由于输出匹配网络为理想电容，电感组成，因此，匹配网络的插入损耗等于 0，所以集电极的耗散功率为

$$P_c = P_s - P_{out} = 2.69 - 1.5 = 1.19W \leq 1.2W$$

集电极效率为：

$$\eta_c = \frac{P_{out}}{P_s} = \frac{1.5}{2.69} = 55.7\%$$

输入信号功率为：

$$P_{in} = \frac{1}{2} V_{in} I_{in} = 0.5 \times 3.7 \times 19.7 \times 10^{-3} = 0.036W$$

二次谐波失真为：

$$H_2 = 20 \log \frac{V_{R2(40M)}}{V_{R2(20M)}} = 20 \log \frac{0.1336}{12.2} = -39.2dB < -30dB$$

功率增益为：

$$A_p = 10\log \frac{P_{out}}{P_{in}} = 10\log \frac{1.5}{0.036} = 16.2dB$$

五、实验收获与体会(10 分)

这次实验主要分输入网络跟输出网络两个部分：输出回路是将 30 欧的电阻通过阻抗变化成 50 欧，然后调节信号源电压值使得集电极电流波形出现凹陷。输入回路的电阻要先自己测一下（测基极的电流跟电压计算可得），再反复调节 C0, C1 使得输出电压为最大，即增益最大。（这是最麻烦的一步）在粘贴波形图时，要在 PSPICE 界面中 window→copy to clipboard。查看电流电压值可以在 PSPICE 界面中选择 Trace→Cursor→Display 来打开。查看频域图可以点击 FFT，增加轨道可以在 plot→add plot to window，再 trace→add trace。总体来说，我初步了解了软件的使用。