



江南大学
JIANGNAN UNIVERSITY

物联网工程学院

高频电子线路期末作业报告

班 级：物联 1601

姓 名：尹达恒

学 号：1030616134

指导老师：薛伟

2018~2019 第一学期

2018 年 12 月 20 日

目录

高频电子线路期末作业 高频小信号谐振放大器电路设计	2
1 设计内容	2
2 设计思路	2
3 设计步骤	2
3.1 计算晶体管等效电路的 y 参数	2
3.2 计算单调谐放大器的电路参数	3
3.3 求解未知电容值 C	4
3.4 求解未知电阻值 R	4
3.5 验证电压放大倍数	4
4 设计结果	5

高频小信号谐振放大器电路设计

1 设计内容

- 已知条件: $V_{cc} = 9V$, 晶体管型号为 3DG100C, $\beta_0 = 50$, $r_{bb'} = 70\Omega$, $C_{b'c} = 3pF$, 且当 $I_E = 1mA$ 时, $C_{b'e} = 25pF$, $L = 4\mu H$, 电路中 $N_{13} = 20$ 匝, $p_1 = 0.25$, $p_2 = 0.25$, $R_L = 1k\Omega$ 。
- 设计要求:
 - 谐振频率 $f_0 = 10.7MHz$;
 - 谐振电压放大倍数 $A_{v0} \geq 20dB$;
 - 通频带 $B_W = 1MHz$ 。

2 设计思路

由题目所给条件可以看出, 要设计的是一个晶体管输出电导可以忽略且负载为纯电阻的小信号放大器电路。因此电路设计可以归结为选择合适的与晶体管输出端并联的电容和电阻使放大器满足题目所给的设计要求。

3 设计步骤

3.1 计算晶体管等效电路的 y 参数

设与晶体管输出端并联的电容为 C 、电阻为 R ;

将晶体管等效为 y 参数电路, 且设 $g_{b'c} = g_{ce} = 0$ 。

将所给条件带入 y 参数公式：

$$\begin{aligned}
 g_{b'e} &= \frac{I_E}{26\beta_0} \\
 g_m &= \beta_0 g_{b'e} \\
 y_{ie} &\approx \frac{g_{b'e} + j\omega C_{b'e}}{1 + r_{b'b}g_{b'e} + j\omega C_{b'e}r_{b'b}} \\
 y_{fe} &\approx \frac{g_m}{1 + r_{b'b}g_{b'e} + j\omega C_{b'e}r_{b'b}} \\
 y_{re} &\approx -\frac{g_{b'e} + j\omega C_{b'e}}{1 + r_{b'b}g_{b'e} + j\omega C_{b'e}r_{b'b}} \\
 y_{oe} &\approx g_{ce} + j\omega C_{b'e} + r_{b'b}g_m \frac{g_{b'e} + j\omega C_{b'e}}{1 + r_{b'b}g_{b'e} + j\omega C_{b'e}r_{b'b}}
 \end{aligned} \tag{1.1}$$

可得等效电路 $\omega = 10.7MHz$ 谐振时的 y 参数：

$$\begin{aligned}
 y_{ie} &\approx 8.9680 \times 10^{-4} + 1.4948 \times 10^{-3}j \\
 y_{fe} &\approx 3.6047 \times 10^{-2} - 4.0243 \times 10^{-3}j \\
 y_{re} &\approx -2.1103 \times 10^{-5} - 1.8903 \times 10^{-4}j \\
 y_{oe} &\approx 4.7347 \times 10^{-4} + 4.4427 \times 10^{-3}j
 \end{aligned} \tag{1.2}$$

3.2 计算单调谐放大器的电路参数

由公式：

$$\begin{aligned}
 y_{ie} &= g_{ie} + j\omega C_{ie} \\
 y_{oe} &= g_{oe} + j\omega C_{oe}
 \end{aligned} \tag{1.3}$$

可得晶体管输入电导和输入电容：

$$\begin{aligned}
 g_{ie} &= 8.9680 \times 10^{-4}S \\
 C_{ie} &= 2.2233 \times 10^{-11}F
 \end{aligned} \tag{1.4}$$

以及晶体管输出电导和输出电容：

$$\begin{aligned}
 g_{oe} &= 4.7347 \times 10^{-4}S \\
 C_{oe} &= 6.6082 \times 10^{-11}F
 \end{aligned} \tag{1.5}$$

3.3 求解未知电容值 C

结合题目中所给的变压器电感 L 可计算总电容和谐振频率的表达式：

$$\begin{aligned} C_{\Sigma} &= C + p_1^2 C_{oe} + p_2^2 C_{ie} \\ f_0 &= \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{\Sigma}}} \end{aligned} \quad (1.6)$$

带入要求的谐振频率 $f_0 = 10.7MHz$ 可解得：

$$\begin{aligned} C &= \frac{1}{(2\pi f_0)^2 L} - p_1^2 C_{oe} - p_2^2 C_{ie} \\ &\approx 49.791pF \end{aligned} \quad (1.7)$$

3.4 求解未知电阻值 R

放大器电路的有载品质因数表达式为：

$$\begin{aligned} Q_L &= \frac{2\pi f_0 C_{\Sigma}}{g_{\Sigma}} \\ &= \frac{2\pi f_0 C_{\Sigma}}{g_0 + p_1^2 g_{oe} + p_2^2 g_L} \\ &= \frac{2\pi f_0 C_{\Sigma}}{\frac{1}{R} + p_1^2 g_{oe} + \frac{p_2^2}{R_L}} \end{aligned} \quad (1.8)$$

放大器电路的通频带表达式为：

$$B_W = \frac{f_0}{Q_L} \quad (1.9)$$

联立方程 1.8 和方程 1.9，带入要求的通频带 $B_W = 1MHz$ 可解得：

$$\begin{aligned} R &= (2\pi C_{\Sigma} B_W - p_1^2 g_{oe} - \frac{p_2^2}{R_L})^{-1} \\ &= (\frac{B_W}{2\pi f_0^2 L} - p_1^2 g_{oe} - \frac{p_2^2}{R_L})^{-1} \\ &\approx 3.9148k\Omega \end{aligned} \quad (1.10)$$

3.5 验证电压放大倍数

计算结果带入谐振时电压放大倍数公式：

$$\begin{aligned}
 A_{v0} &= \frac{-p_1 p_2 y_{fe}}{g_0 + p_1^2 g_{oe} + p_2^2 g_L} \\
 &= \frac{-p_1 p_2 y_{fe}}{\frac{1}{R} + p_1^2 g_{oe} + \frac{p_2^2}{R_L}} \\
 &\approx 6.5230 \\
 &= 16.2889dB < 20dB
 \end{aligned} \tag{1.11}$$

由此结果可以看出，通过调整接入放大电路的电容 C 和电阻 R 无法使电压放大倍数 A_{v0} 满足设计要求。若要使电压放大倍数 A_{v0} 满足设计要求，需要调整静态工作点或更换晶体管型号使 β_0 增大。

4 设计结果

由于题中未给出晶体管的静态工作点电压，因此不能确定输入端上拉电阻大小。假定输入端上拉电阻为 $57k\Omega$ 和 $18k\Omega$ ，对应静态工作点 $V_s = \frac{18k}{57k+18k}V_{cc} = 2.16V$ 。

设计电路图如下所示：

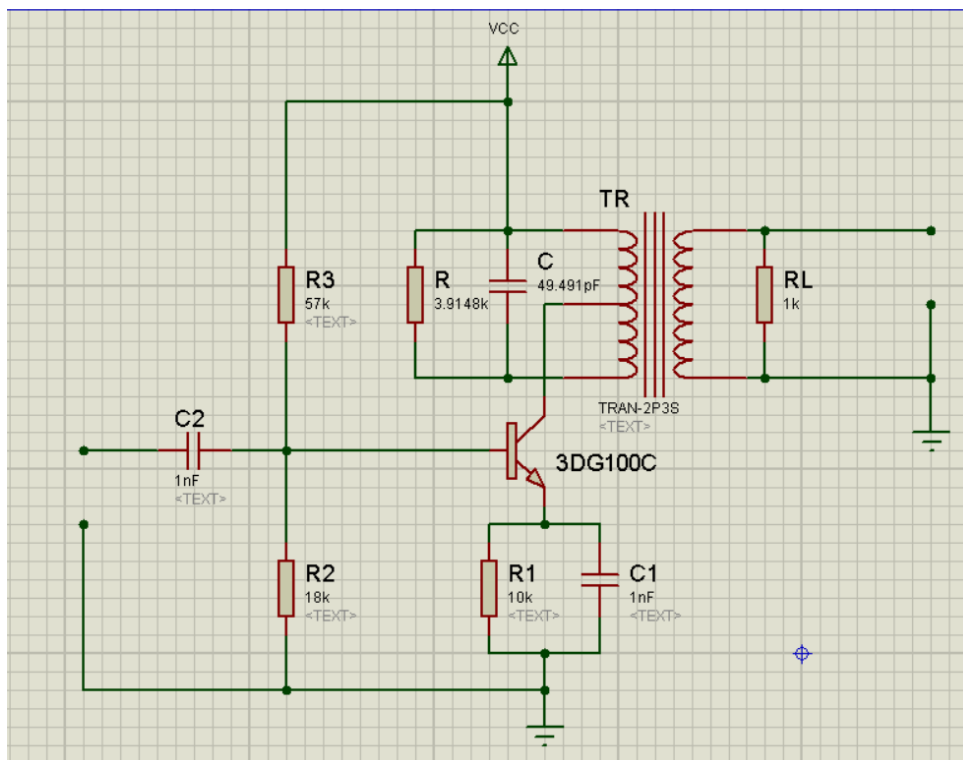


图 1.1: 设计电路图