

知识小料

「电计 2203 班」周常规知识整理共享

ISSUE.

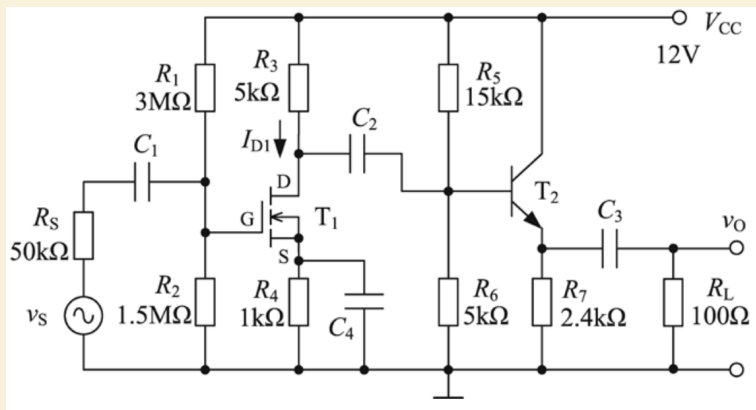
04

日期：2023-10-12

学科：模拟电子线路

两级电压放大电路如图所示。已知 T_1 的 $I_{D1} = 1\text{mA}$, $g_{m1} = 3\text{mS}$, T_2 的 $\beta = 100$, $r_{bb'} = 200\Omega$, $V_{BE} = 0.6\text{V}$ 。在信号中频频率范围, 各电容容抗均可忽略。(共 24 分)

1. T_1 和 T_2 分别构成了什么组态电路? (2 分)
2. 计算 T_1 、 T_2 的静态工作点: V_{GS1} 、 V_{DS1} , I_{C2} 、 V_{CE2} ; (8 分)
3. 计算该电路的输入电阻 R_i 和输出电阻 R_o ; (5 分)
4. 计算该电路的电压放大倍数 A_v 。(9 分)



【第 1 小问】 T_1 栅极输入、漏极输出, 因此为共源极放大电路; T_2 基极输入, 发射极输出, 因此为共集电极放大电路。(果不其然, 共集电极真的很常考。)

【第 2 小问】先求 T_1 , 这算是一种分压式偏置电路, 已知 $I_{D1} = 1\text{mA}$ 。

$$V_G = V_{CC} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 4\text{V}$$

$$V_S = I_{D1} R_4 = 1\text{V}$$

$$V_{GS1} = V_G - V_S = 3\text{V}$$

$$V_{DS1} = V_{CC} - I_{D1}(R_3 + R_4) = 6\text{V} \quad (I_{D1} \text{ 通流两个电阻})$$

接下来求 T_2 , 典型的「双 R_b 偏置电路」。注意本题 V_{BE} 是 0.6V 。

$$V_B = V_{CC} \cdot \frac{R_6}{R_5 + R_6} = 3\text{V}$$

$$I_{C2} = \frac{V_B - V_{BE}}{R_7} = \underline{1\text{mA}} \quad (\text{不可以忽略 } V_{BE} \text{ 的影响})$$

$$V_{CE2} = V_{CC} - I_{C2}R_7 = \underline{9.6\text{V}}$$

【第3小问】接下来是动态分析，推荐画出小信号等效电路后再往下看。

总输入电阻是 T_1 的输入电阻，为 $R_i = R_1 \parallel R_2 = \underline{1\text{M}\Omega}$

总输出电阻是 T_2 的输出电阻，而共集电极的输出电阻为

$$R_o = R_7 \parallel \frac{r_{be} + (R_5 \parallel R_6) \parallel R_{s2}}{1 + \beta} \quad (1)$$

注意这里涉及到一个 R_{s2} ，表示对 T_2 而言的「电源」内阻。而由共集电极特有的「级间影响」，应有 $R_{s2} = R_{o1} = R_3 = 5\text{k}\Omega$ 。

加上一个 $r_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{26\text{mV}}{I_{E2}} = 2.8\text{k}\Omega$ ，我们可以求出

$$R_o = 2.4\text{k} \parallel \frac{2.8\text{k} + (15\text{k} \parallel 5\text{k}) \parallel 5\text{k}}{101} \approx \underline{48\Omega} \quad (2)$$

【第4小问】 $A_v = A_{v1}A_{v2}$ 。（先写上得1分。）

对于共源极电路， $A_{v1} = -g_m(R_3 \parallel R_{L1})$ ，而又由「级间影响」， $R_{L1} = R_{i2}$ ，也就是共集电极电路的输入电阻。

$$R_{i2} = (R_5 \parallel R_6) \parallel [r_{be} + (1 + \beta)(R_7 \parallel R_L)] \approx 2.9\text{k}\Omega \quad (3)$$

故 $A_{v1} = -g_m(R_3 \parallel R_{L1}) \approx -5.4$ 。

对于共集电极电路，我们有

$$A_{v2} = \frac{(1 + \beta)(R_7 \parallel R_L)}{r_{be} + (1 + \beta)(R_7 \parallel R_L)} \approx 0.77 \quad (4)$$

因此 $A_v = -5.4 \times 0.77 \approx \underline{-4.16}$ 。

（注：画线的部分代表计算结果；因为不可获取标准答案，计算结果可能与标准答案存在一定误差。）

【点评】本题是一道典型的多级放大问题，考察了常见的静动态分析问题，而且把共集电极电路的 A_v 、 R_i 、 R_o 都考了一遍。共集电极电路和「级间影响」是常考点，同学们应多多留意。