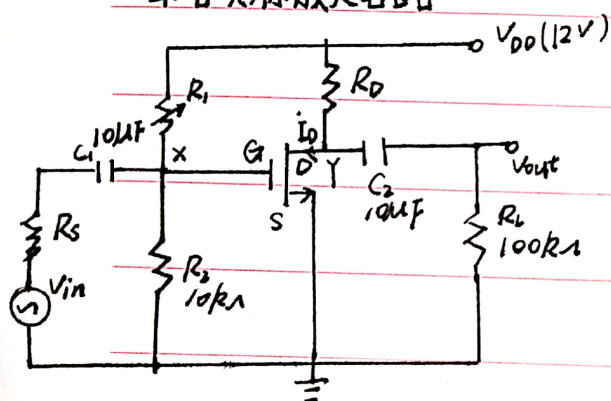




清华大学

2018011361 张鹤潇 第四次实验预习报告

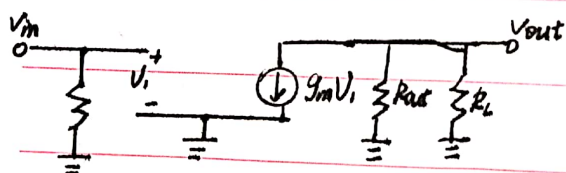
单管共源放大电路



$$V_x = V_{GS} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{DD}$$

$$V_Y = V_{DS} > V_{GS} - V_{TH}$$

上图的小信号等效模型如下：



$$V_{in} = V_i, V_{out} = -g_m V_i (R_{out} \parallel R_L)$$

$$\text{电压增益 } A_v = \frac{V_{in}}{V_{out}}$$

单管放大电路

2018011365 计 84 张鹤潇

一、 实验数据

任务 1. 直流工作点的调整

$V_Y = 6.00\text{ V}$ 时, $V_X = 4.17\text{ V}$.

任务 2. 在直流工作点测量电压增益

$V_{in} = 50.0\text{ mV}$ 时, $V_{out} = 2.28\text{ V}$, $A_V = 45.6$.

任务 3. 放大电路的幅频特性

$f_H = 88.60\text{ kHz}$.

二、 误差分析

实验中可能的误差来源如下:

- 仪器本身测量精度带来的误差;
- 导线电阻或导线接触不良带来的误差;
- 示波器调节不准确, 或未等其完全稳定就记录数据带来的误差;

三、 思考题

1. 假设放大电路的直流工作点已调至“最佳”状态, 此时若 R_D, R_L 各参量单独变化(增大或减小)对增益有何影响?

根据 $A_V = -\sqrt{2\mu_n C_{ox} \frac{W}{L} I_D (R_{out} // R_L)}$, $R_{out} = r_o // R_D$, 得:

$$A_V = -\sqrt{2\mu_n C_{ox} \frac{W}{L} I_D (r_o // R_D // R_L)}$$

列表如下:

表 1 直流工作点下 R_D, R_L 单独变化对增益的影响

参量变化	R_D 增大	R_D 减小	R_L 增大	R_L 减小
A_V	增大	减小	增大	减小

2. 是否可以用示波器在 Y 点直接测量放大电路的电压增益，为什么？

可以。Y 点与 V_{out} 处相比少了一个电容，即 V_Y 比 V_{out} 多了直流电压，但是直流电压不改变总波形和峰峰值，可以直接用示波器测量。

3. 在本实验电路中，一般是改变上偏置电阻 R_1 来调节工作点，为什么？改变下偏置电阻 R_2 来调节工作点可以吗？调节 R_D 呢？为什么？

改变 R_1 可以同时使 V_X, V_Y, I_D 变化，可以用来调节静态工作点；改变 R_2 也有同样的效果，可以用来调节静态工作点；但是改变 R_D 不能改变栅极电压，不能用于调节直流工作点。

4. 能否用数字万用表测量放大电路的电压增益及幅频特性，为什么？

不能。

- a) 数字万用表测量的电压是基于 50 Hz 频率下的，而放大电路使用的交流电频率变化范围为十几赫兹到上兆赫兹，超出了万用表的工作范围，会引起较大系统误差；
- b) 数字万用表不能实时反映电压增益和频率变换，不能反映波形是否失真，带来较大测量误差。

5. 为什么要让 M_1 工作在饱和区而不是线性区？

只有让 M_1 工作在饱和区， V_{out} 才能正比于 V_{in} ；而在线性区，电流和电压的关系近似线性，电流 I_D 受输入电压 V_{in} 的影响较大， $V_{out} = V_{od} - I_D R_D$ 也会受到影响，可能出现非线性失真。

(自行思考提出的问题)

6. 正确连接任务 1 电路后，测量发现 V_Y 示数正常，而 V_X (MOS 管栅端电压) 恒为 12 V，试分析可能存在的问题。完成任务 1，正确连接任务 2 电路后，示波器始终检测不到 V_{out} 输入，试分析可能存在的问题。

- a) 由于电路连接正确，问题必定出在 V_X 相关的元器件上，而 R_2 在实验前已检查过，问题只可能存在于在变阻器 R_1 和有关导线上。
实验中，我们用万用表检查了上述器件，发现了变阻器 R_1 损坏的问题。
- b) 鉴于任务 1 已经完成，问题应该出在任务 2 多出来的几个元件，即信号源， C_1 和有关导线上。

实验中，我们逐个检查了上述器件，发现了电容器 C_1 损坏的问题。

7. (任务 4) 分析 R_1 改变对 A_V, V_X, V_Y 的影响。

$$V_X = V_{GS} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{DD}$$

$$又 I_d = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{TH})^2,$$

$$V_Y = V_{DD} - R_D I_D = V_{DD} - \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{TH})^2 R_D$$

$$A_V = - \sqrt{2 \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} I_D (R_{out} // R_L)}$$

故 R_1 增大时, $V_X, |A_V|$ 减小, V_Y 增大; R_1 减小时, $V_X, |A_V|$ 增大, V_Y 减小。

四、 实验总结

1. 直流工作点对放大电路电压增益的影响

$$根据 A_V = - \sqrt{2 \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} I_D (R_{out} // R_L)},$$

当静态电流 I_D 增大时, 静态工作点上移, 电压增益变大; I_D 减小时, 电压增益变小。

2. 放大电路主要性能指标的测试方法

- 电压增益: 分别用示波器测量 V_{in}, V_{out} 的幅值, 根据 $A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}}$ 计算 A_V ;
- 输入电阻: $R_{in} = R_1 // R_2$, 可以用万用表测出 R_1, R_2 的阻值, 进而计算出 R_{in} ;
- 输出电阻: $R_{out} = r_0 // R_D$, 其中 r_0 为 M_1 的输出电阻。 R_D 可以用万用表 (欧姆表) 测量;
- 幅频特性: 测量 $A_V = \frac{A_{max}}{\sqrt{2}}$ 时对应的频率 f_L, f_H 。

本次实验是我第一次做模电实验, 其精细和复杂给我留下了深刻的印象。多亏了老师和助教的耐心帮助, 我们才发现和解决了变阻器和电容损坏的问题, 最终完成了实验任务。

经过本次实验, 我对放大电路的原理有了更深的了解, 熟悉了示波器、电子学基础实验箱等仪器的使用方法, 提高了实验技能, 深刻体会到了耐心尝试和冷静分析在科学实验中的重要性。

五、 实验结论

放大电路的直流工作点与 R_1, R_2, R_D, R_L 和晶体管参数均有关。通过调节偏置电阻 R_1 , 可

以调节静态工作点。借助示波器可以测量放大电路的动态参数。

直流工作点的设置会影响放大电路的动态参数,包括电压增益,输入电阻,频带宽度等。

桌号: 15号

仪器: 数字示波器 15016624

模电实验箱 B015772.

组员: 2018011365 张鹤潇
2018011359 乐阳.

任务一: $V_x = 4.17V$

任务二: $V_{in} = 50 mV$
 $V_{out} = 2.28V$

$A_v = 45.6$

任务三: $f_H = 88.60 kHz$

开始时间: 17:00

结束时间: 18:17

张鹤潇