



北京交通大学

# 《模拟集成电路设计》实验 总结报告

姓 名： 李科瑜

学 号： 21291172

北京交通大学

2023 年 11 月

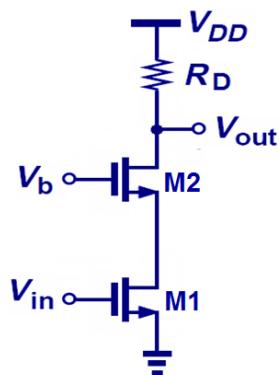
# 1 实验一

## 1.1 题目要求

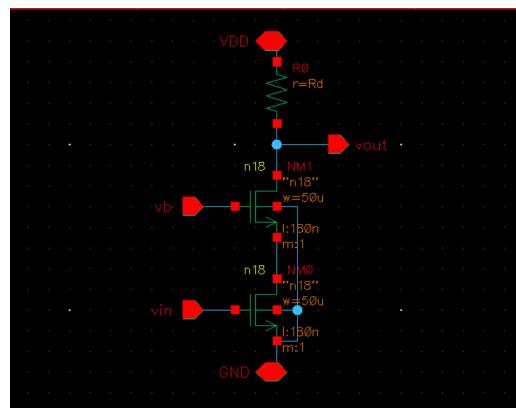
对于下面的放大器，已知

$$(W/L)_{1,2} = 50/0.18, V_{DD} = 3.3V, V_{in} = 0.5 \sin(2\pi ft)V, V_b = 2.1V.$$

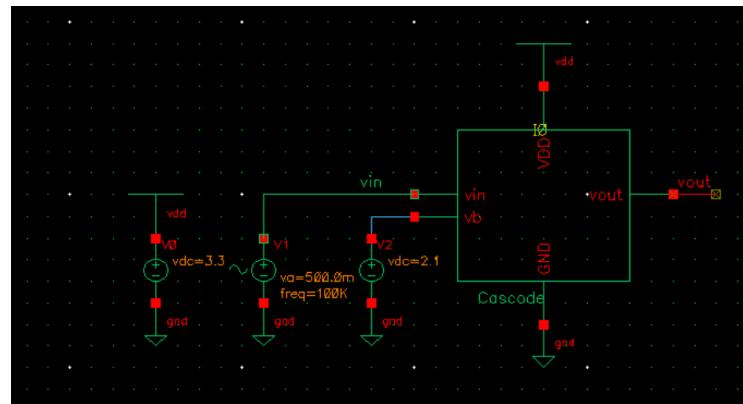
当  $f = 100kHz$ ， $R_D$  从  $1k\Omega$  变化到  $100k\Omega$  时，请仿真扫描输出电压的变化并给出该放大器的增益随  $R_D$  变化的曲线，画出  $R_D = 100k\Omega$  时电路的版图并进行后仿真。



## 1.2 原理图输入



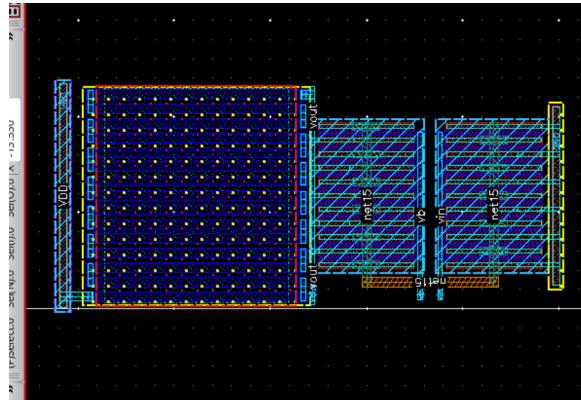
### 1.3 仿真原理图



### 1.4 前仿真



## 1.5 版图设计



## 2 后仿真



## 3 实验二

### 3.1 题目要求

试设计一个二级运算放大器，假定该放大器单端输出接一个  $5pF$  的电容，并假定供电电压为  $V_{DD} = 3.3V$ ，技术指标要求如下：

- $SR \geq 10 V/\mu s$
- $f_{-3dB} \geq 150 MHz$
- $-1.5V \leq ICMR \leq 2V$
- $P_{diss} \leq 10mW$
- $A_v \geq 70dB$
- $CMRR \geq 60dB$

- 输出摆幅  $\geq 1.5V$

要求完成放大器电路参数的计算，并完成前端仿真与优化。

### 3.2 实验原理

1. ICMR: 共模输入范围，指运算放大器可以正常工作并保持其特性的输入电压范围。这个范围内，放大器能够处理两个输入端之间的电压而不失真或出现性能降低。
2.  $A_v$ : 电压增益，表示放大器放大输入信号的能力。它通常用分贝 (dB) 来衡量，70 分贝这意味着放大器能将输入信号的电压放大数千倍。
3. CMRR: 共模抑制比是指运算放大器在抑制共模信号（即同时出现在两个输入端的信号）方面的能力。CMRR 越高，表明放大器越能有效抑制共模噪声，仅放大差分信号（即两个输入端之间的差异信号）。
4. 输出摆幅：这是指放大器输出信号的最大振幅，即输出电压能从最低值变化到最高值的范围。
5.  $f_{-3dB}$ ：是指输出信号功率下降到输入信号功率的一半（功率比下降到 0.5，相当于电压或电流幅度下降到大约 0.707 的原始值）时对应的频率。该设备在 150 兆赫兹或更高频率时，能保持输出信号的功率不低于最大功率的一半。
6. SR：转换速率，斜率是描述放大器输出电压变化速率的参数，单位通常是 V/s（伏特每微秒），表示该放大器的输出电压可以以至少每微秒变化 10 伏特的速度变化。
7.  $P_{diss}$ ：耗散功率，是指在电子元件中由于内部损耗而未被有效利用的电能，转化为热量的功率。

### 3.3 参数计算

**增益：**两级运算放大器 (OTA) 第一级提供高增益，第二级提供较大的输出摆幅。第一级和第二级的增益分别为：

$$A_{u1} = g_{m1}(r_{o1}/r_{o3}), A_{u2} = g_{m7}(r_{o5}/r_{o7})$$

运算放大器的总体增益为两级运放增益的乘积:  $A_u = A_{u1}A_{u2}$

**输出摆幅：**

$$U_{vdd} - (|U_{eff5}| + |U_{eff7}|)$$

**压摆率：**两级运算放大器的压摆率要逐级分析，第一级放大器的压摆率为：

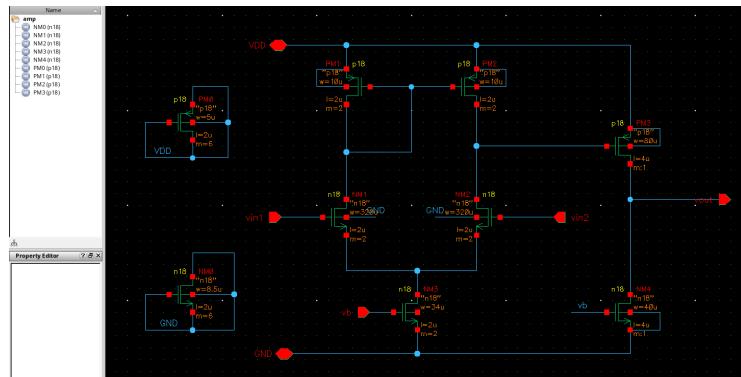
$$SR_1 = \frac{dV_{out}}{dt} \Big|_{max} = \frac{2I_{D,nm1}}{C_{c1}}$$

第二级运算放大器的压摆率为：

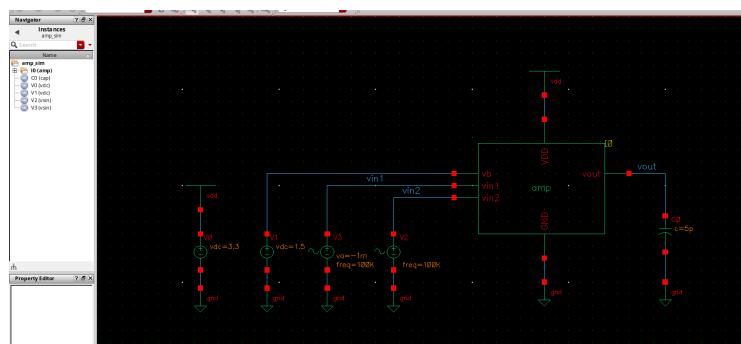
$$SR_2 = \frac{dV_{out}}{dt} \Big|_{max} = \frac{2I_{D,nm3}}{C_{c1} + C_L}$$

整体运算放大器的压摆率由以上两者的最小值决定。

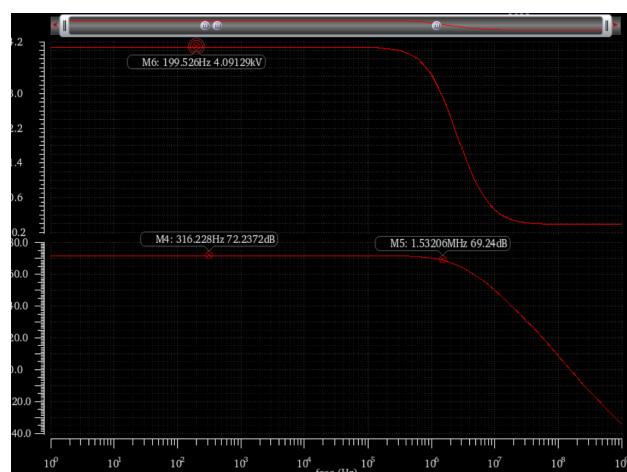
### 3.4 原理图输入



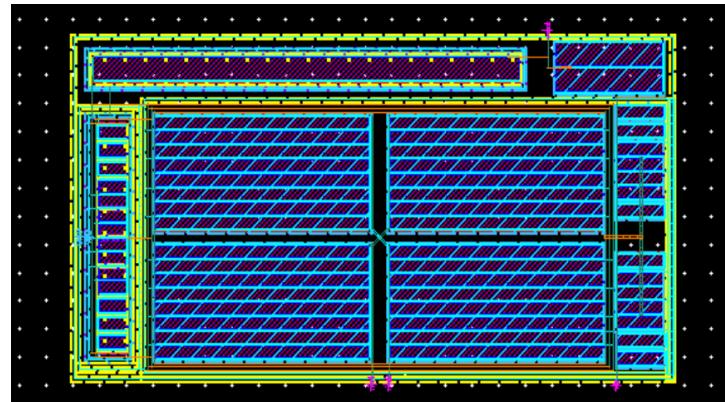
### 3.5 仿真原理图



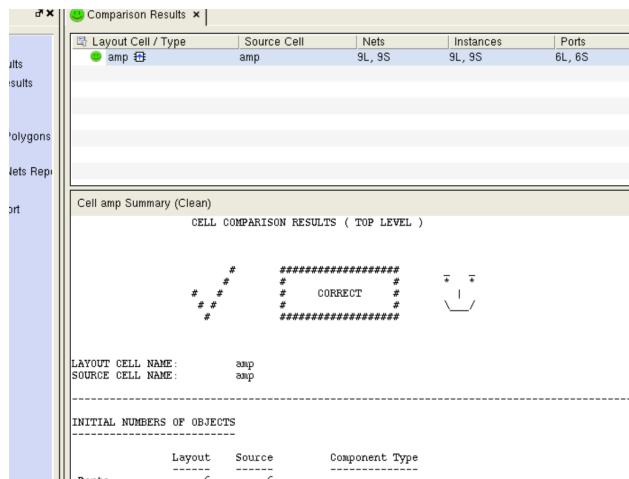
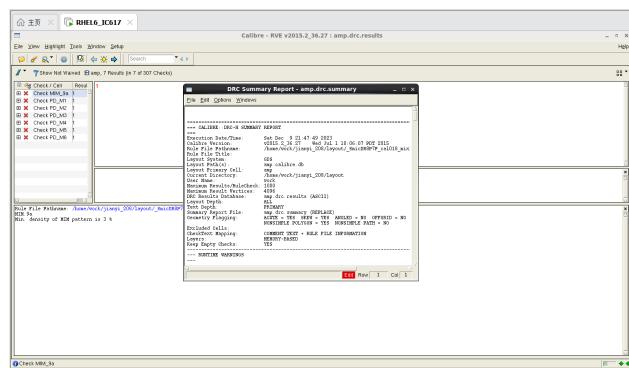
### 3.6 前仿真



### 3.7 版图设计



## 4 DRC,LVS



## 5 后仿真

