

CMOS 模拟集成电路原理 第一周作业

范云潜 18373486

微电子学院 184111 班

日期：2020 年 10 月 31 日

作业内容：已知要求 $GBW_{DM}=50MHz$, $GBW_{CM}=100MHz$, $C_L=5pF$ 。设计一 共模 & 差模相位裕度均大于 70 的运放。通过仿真给出：差模增益 功耗 共模抑制比 CMRR

将上述设计的差分运放，通过电阻设置成 10 倍放大，观察输入差模和共模信号分别有 100mVpp, 10kHz 的正弦信号时，差模输出信号的大小，并分析是否符合预期。

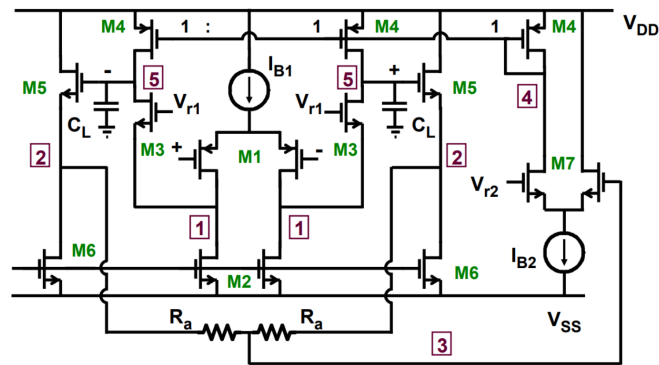


图 1: 题目图

List of Figures

| | | |
|----|-----------|---|
| 1 | 题目图 | 1 |
| 2 | 电路结构 | 2 |
| 3 | 饱和状态 | 3 |
| 4 | 差模增益 | 4 |
| 5 | 共模增益电路 | 4 |
| 6 | 共模增益 | 4 |
| 7 | 源随器级电流 | 5 |
| 8 | 共模电路 | 5 |
| 9 | CMRR | 6 |
| 10 | 共模输入正弦波电路 | 6 |
| 11 | 共模输入正弦波波形 | 6 |

| | | |
|----|-----------|---|
| 12 | 差模输入正弦波电路 | 6 |
| 13 | 差模输入正弦波波形 | 7 |

1 分析电路

M1 与 M2 构成一个 Cascode，输出到一个共栅极，通过一个源随器和电阻对消除差模，之后通过对电流源的电流吸取，途径 M7 反馈到输出端。那么 $GBW_{DM} = g_{m1}/2\pi C_L$ ， $GBW_{CM} = g_{m7}/2\pi 2C_L$ 。

首先是差模放大部分，其跨导来自于 M1，因此为了使得 GBW_{DM} 大，应该调大其 g_M ；同时注意到，共栅极的 M4 是一个复制管，和误差放大器的电流应该保持一致；最后是共模反馈部分，其跨导来自 M7。综上所述，为了增益带宽积大，需要调大 M1 和 M7 的电流，为了使得裕度更高，次级点的电流也应更大。同时 M4 的多次出现使得共栅极放大器的电流已经确定，因此需要控制的电流仅有源随器一级缓冲。

2 整体电路搭建

整体电路如 图 2，接下来主要通过 $W = 2I \cdot L/k/V_{gst}^2$ 进行估算，而阈值会产生一定的变化，通过打表进行估算，如 表 1。

表 1: 在 1 微米下的阈值

| n | 阈值 | p | 阈值 |
|-----|-------|-----|-------|
| 0 | 437.8 | 1.8 | 443.6 |
| 0.1 | 466.7 | 1.7 | 474 |
| 0.2 | 494.1 | 1.6 | 503.4 |
| 0.3 | 520.4 | 1.5 | 531.3 |
| 0.4 | 545 | 1.3 | 531.3 |
| 0.5 | 569.9 | | |
| 0.6 | 593 | | |
| 0.7 | 615 | | |
| 0.8 | 639 | | |
| 0.9 | 657 | | |
| 1.0 | 657 | | |

计算得到两个关键管子 M1 和 M7 的跨导，分别是 $1.5m$ ， $6m$ ，进而可以得到两路的电流，同时 M4 的复制导致共源共栅极的电流也确定了，自行设定源随器一级的电流为 $20u$ 。最终全

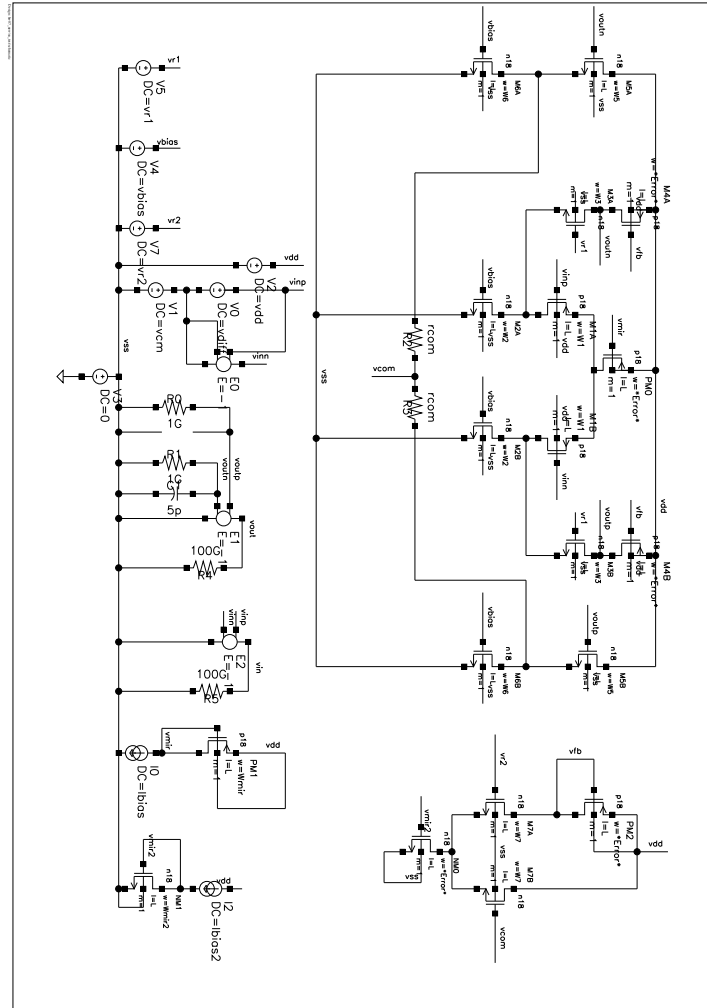


图 2: 电路结构

部饱和, 如图 3。

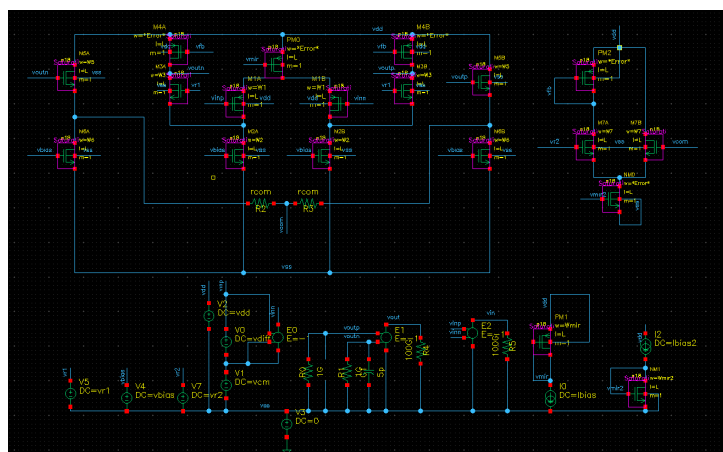


图 3: 饱和状态

3 性能

完成共模反馈后的差分增益如图4。

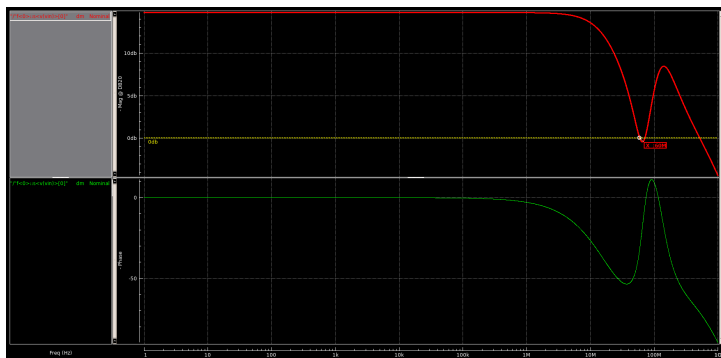


图 4: 差模增益

共模反馈的增益，保证共模状态的同时，开启反馈的小信号，如图 5，图 6。

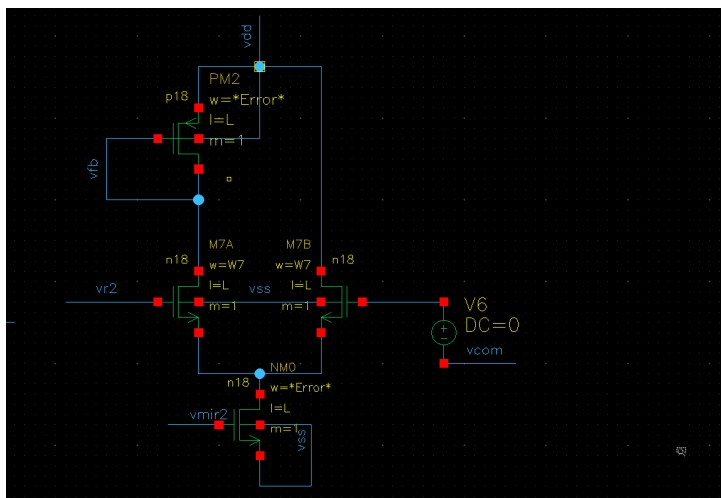


图 5: 共模增益电路

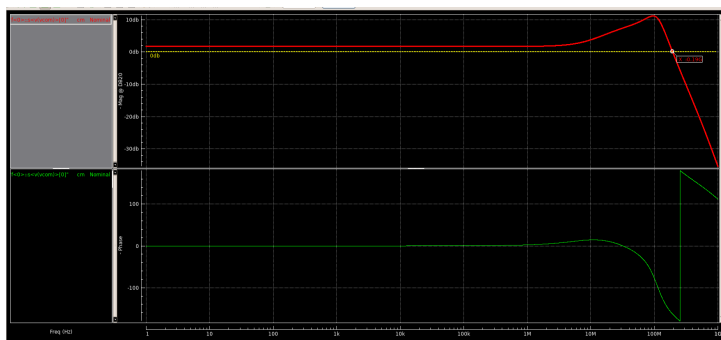


图 6: 共模增益

源随器级的电流可以用 OP 进行求解, 如 **图 7**, 是 170μ 。总功耗为 $2 \times (170\mu + 1.2m + 0.2m + 0.8m \times 4)1.8 = 6.066mW$ 。

测量 CMRR 实用电阻匹配法，电路如图 8，测量得到 CMRR 如图 9。

对其共模加入正弦信号，电路如图 10，共模波形如图 11。

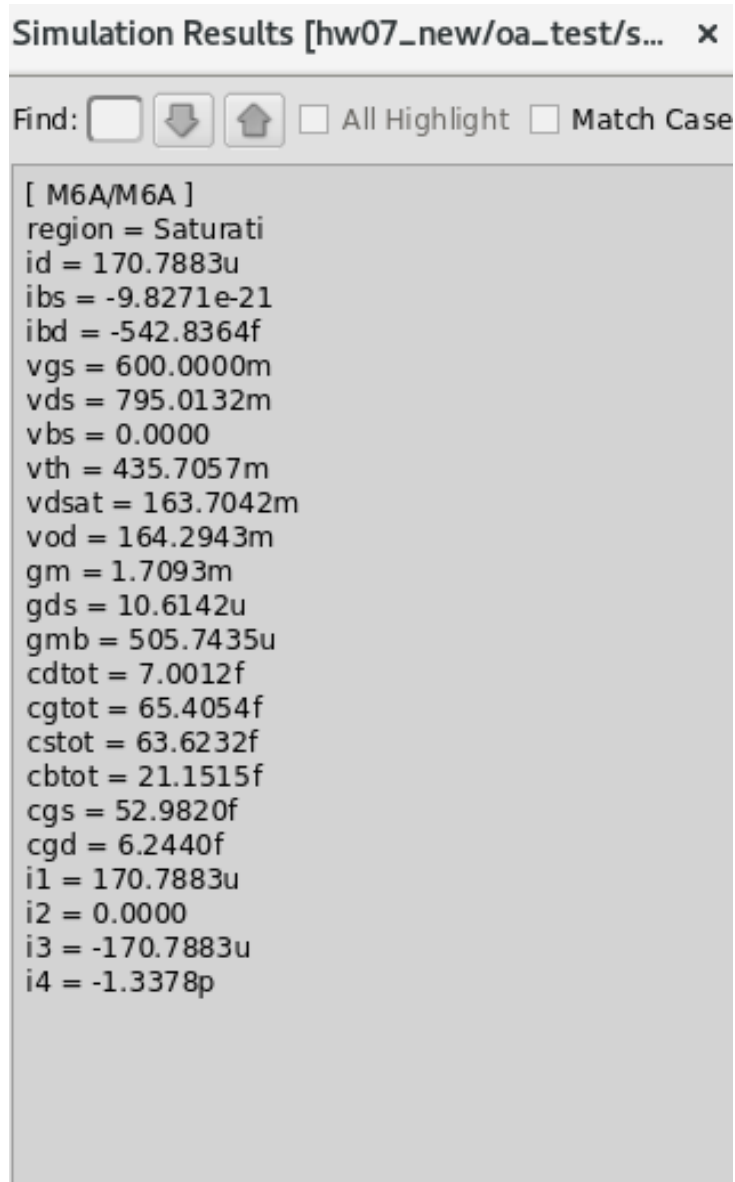


图 7: 源随器级电流

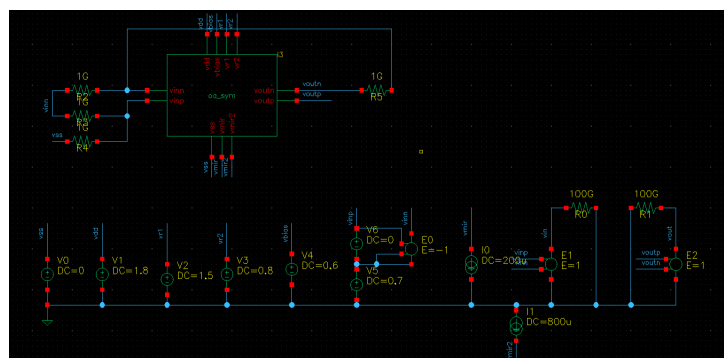


图 8: 共模电路

对其差模加入正弦信号，电路如 图 10 ，差模波形如 图 11 。

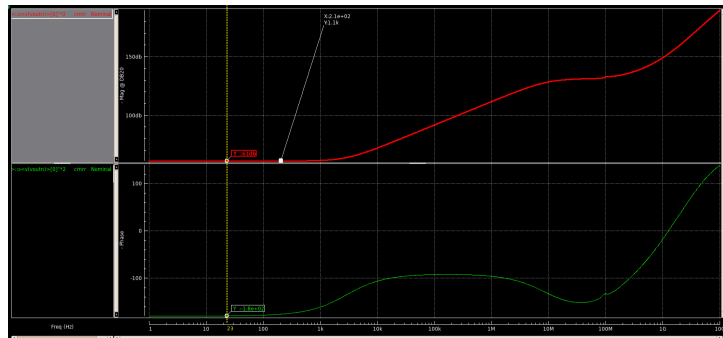


图 9: CMRR

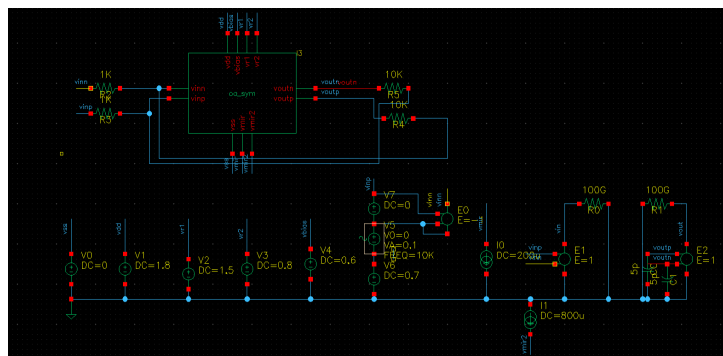


图 10: 共模输入正弦波电路

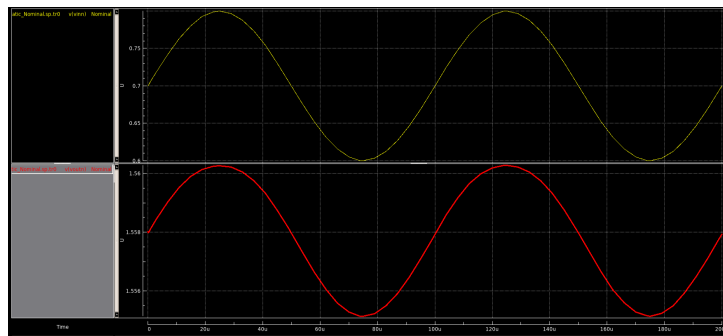


图 11: 共模输入正弦波波形

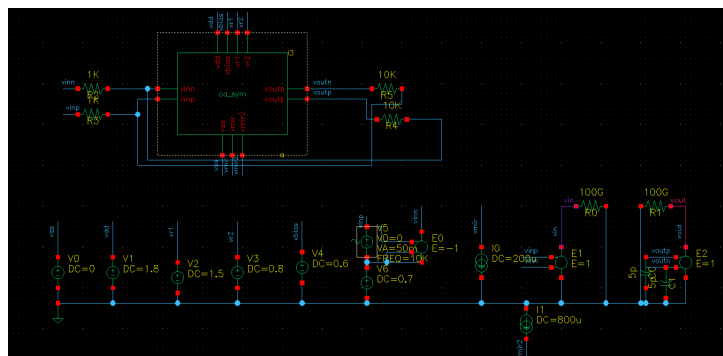


图 12: 差模输入正弦波电路

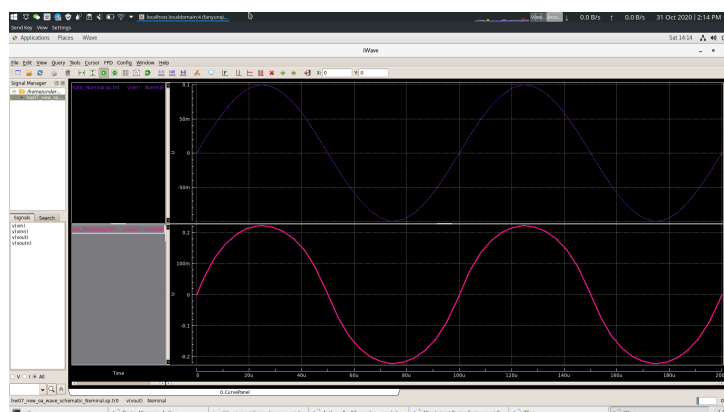


图 13: 差模输入正弦波波形