

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 100mV_{pp}，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。

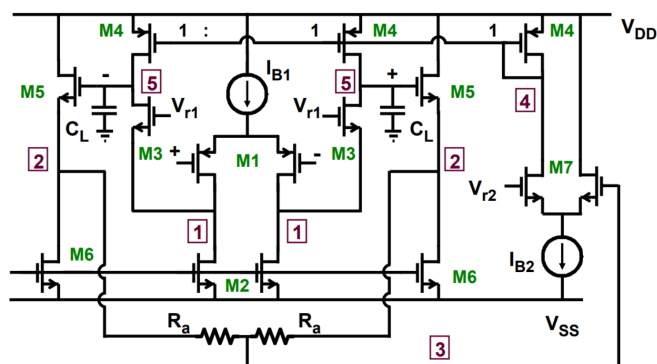


图 1: 题目图

List of Figures

1	题目图	1
2	电路结构	3
3	饱和状态	3
4	差模增益	4
5	共模反馈电路	4
6	共模反馈增益	4
7	源随器级电流	5
8	共模电路	5
9	共模增益	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

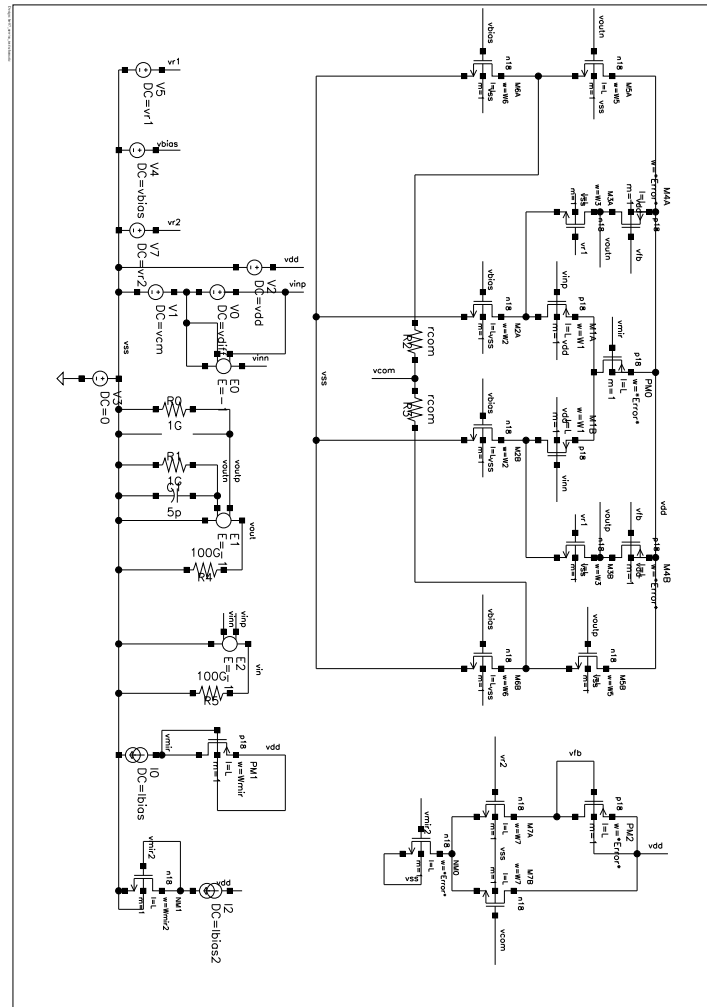


图 2: 电路结构

部饱和，如图 3。

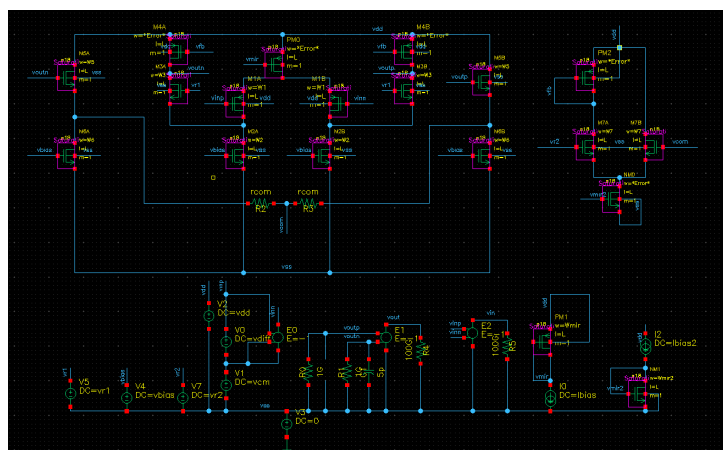


图 3: 饱和状态

3 性能

完成共模反馈后的差分增益 如 图 4。

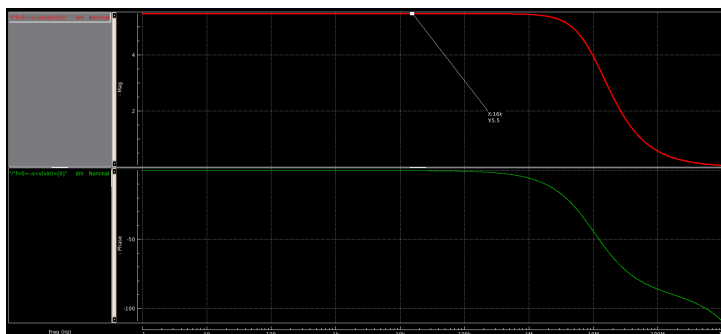


图 4: 差模增益

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。断开整体的差分电路，用理想电压源承载对应的静态工作点，测量输出和误差放大输入的比。

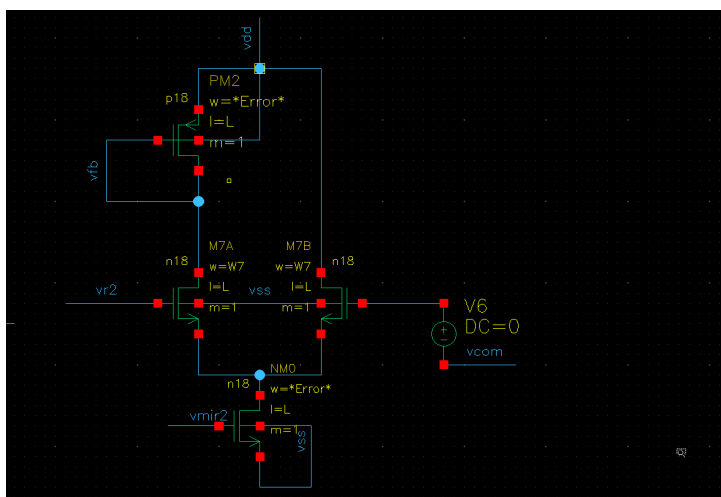


图 5: 共模反馈电路

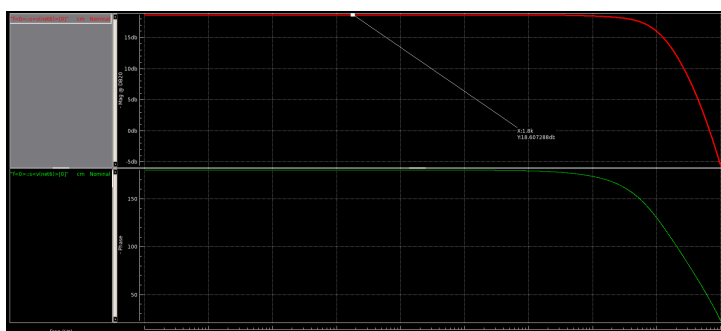


图 6: 共模反馈增益

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，测量得到共模增益如 图 9， $CMRR =$

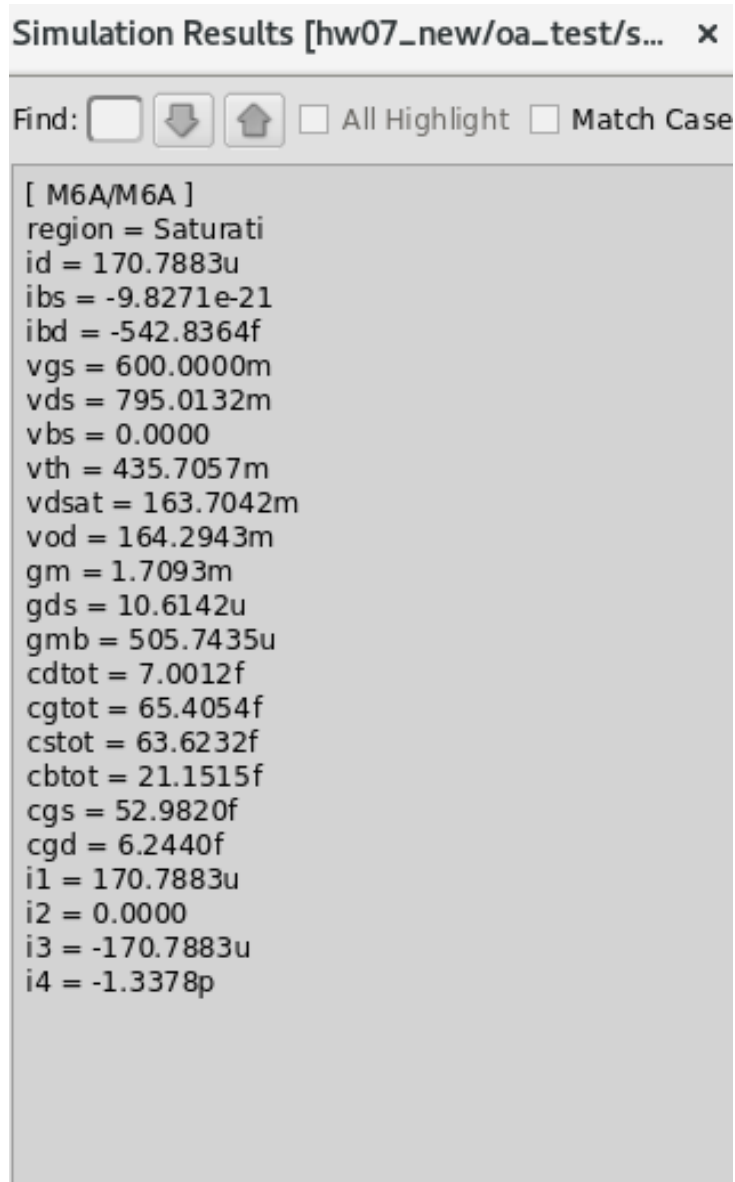


图 7: 源随器级电流

$$A_{dm}/A_{cm} = 5.5/5.4m = 100。$$

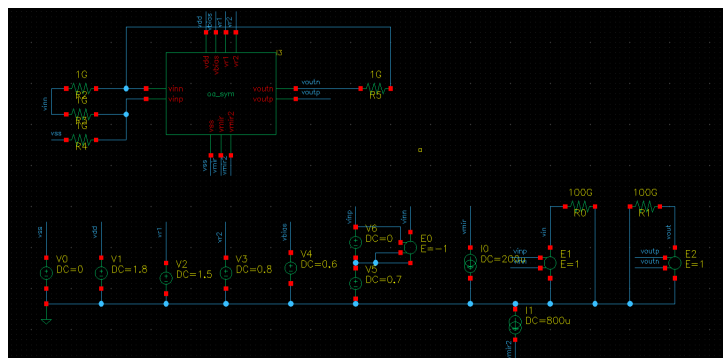


图 8: 共模电路

对其共模加入正弦信号，电路如 图 10 ，共模波形如 图 11 。

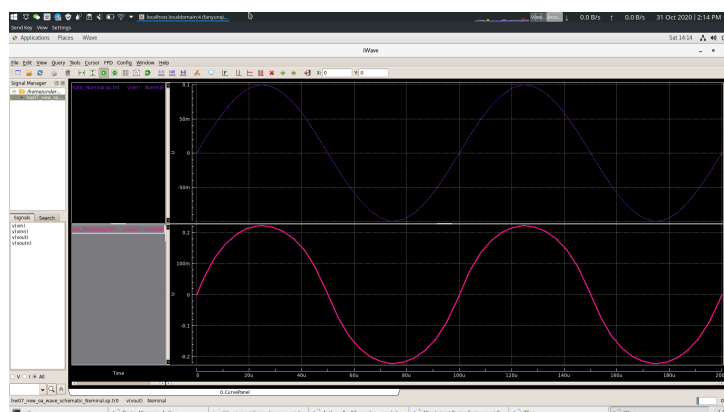


图 13: 差模输入正弦波波形