

# CMOS 模拟集成电路原理 第八周作业

范云潜 18373486

微电子学院 184111 班

日期: 2020 年 11 月 6 日

作业内容: 设计一轨到轨输入运放, 要求指标:

$V_{DD} = 1.8V$

$GBW = 100MHz$ ,  $C_L = 10pF$

完成设计后给出以下参数:

PM

FOM

0.4V-1.4V 区间内的系统失调电压

0.4V-1.4V 区间内的 GBW 偏差

## 目录

<b>1 电路工作原理</b>	<b>2</b>
<b>2 电路设计</b>	<b>2</b>
<b>3 性能测试</b>	<b>3</b>
3.1 增益带宽积与相位裕度	3
3.2 FOM	3
3.3 失调电压	4
3.4 增益带宽积偏差	4
<b>4 调节过程</b>	<b>5</b>

## List of Figures

1 基本电路	2
2 仿真含参数电路搭建	3
3 不含参数电路	3
4 封装后的测试电路	3
5 差模增益测试参数	4
6 差模增益	4

7	单位增益接法电路	5
8	失调电压	5
9	蒙特卡洛仿真设置	6
10	增益带宽积蒙特卡洛仿真	6
11	增益带宽积偏差	7

## 1 电路工作原理

首先，为了平衡跨导，我们采用了三倍电流镜；其次为了使用该电流进行放大，使用简单电流镜负载，电路如图 1。

当输入的电压使得 P1 或者 N1 其一截止时，为了维持输出的电流，将原应该从 P1 或 N1 中流过的电流，通过放大使得未截止的管子流过原本四倍的电流，以满足  $g_{m,n} + g_{m,p} = \text{const}$ 。这也是三倍电流的来源。

将第一级的电路视作电流的提供者，这份电流实际上是提供了  $2g_m$  的跨导，因此电路有  $g_m \times 2 = 2\pi C_L \cdot GBW$ 。

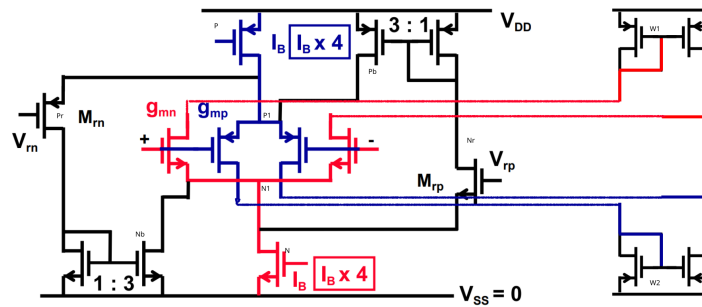


图 1: 基本电路

## 2 电路设计

电路的设计如图 2，采取了极度保守的设计，将目标增益带宽积设为  $240M$ ，来防止在输入极大或者极小的情况不满足预期。承载相同电流的管子的尺寸一致，得到的数据如下：

```

L: um: 0.5
In: uA: 753.9822368615504
Ip: uA: 753.9822368615504
W-p: um 269.27937030769647 #
IB-p: um 269.27937030769647
3*IB-p: um 807.8381109230894
W-n: um 67.31984257692412
IB-n: um 67.31984257692412
3*IB-n: um 201.95952773077235

```

带入电路中，得到电路如图 3，进一步封装。

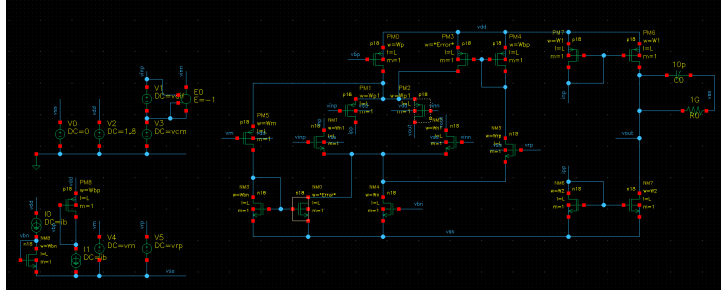


图 2: 仿真含参数电路搭建

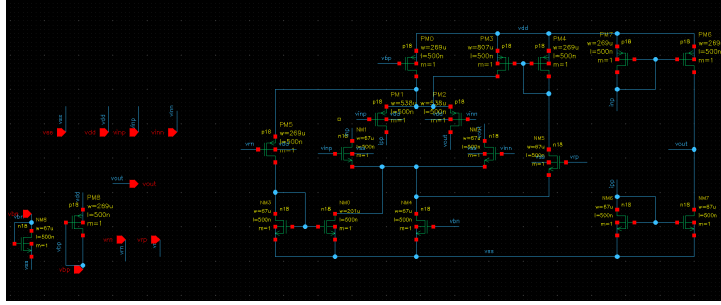


图 3: 不含参数电路

### 3 性能测试

#### 3.1 增益带宽积与相位裕度

首先进行差模输入，AC 测试其增益带宽积，测试电路如图 4，测试参数如图 5，结果如图 6，增益带宽积为  $270M$ ，相位裕度  $70^\circ$ 。基本符合预期。

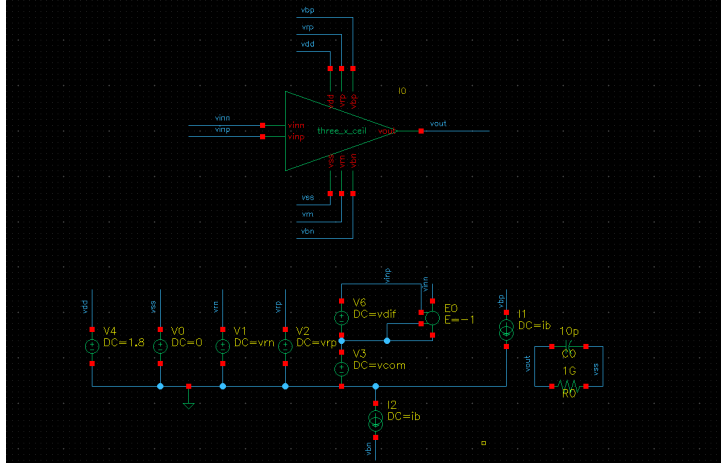


图 4: 封装后的测试电路

#### 3.2 FOM

计算品质系数:

$$FOM = \frac{GBW \cdot C_L}{I_B} = \frac{270M \cdot 10p}{7.754u} = 0.51156$$

Parameters		
	Name	Nominal
1	vcom	0.9
2	ib	754u
3	vrn	1.4
4	vrp	0.6
5	vdif	0

图 5: 差模增益测试参数

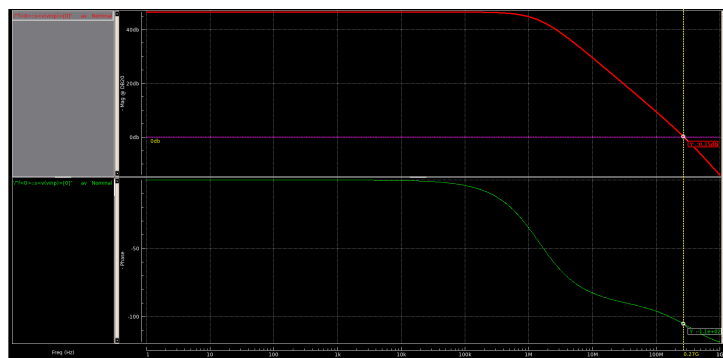


图 6: 差模增益

### 3.3 失调电压

为了测量失调的特性，需要对电路进行 Buffer 式接法，并且转换为 DC 仿真，电路如 图 7，其失调如 图 8，在  $3mV$  内。

### 3.4 增益带宽积偏差

为了实现在同时进行多个直流状态的交流测试，需要在 AC 仿真内部开启蒙特卡洛仿真的高级选项，对直流参数进行扫描，如 图 9。

最终得到仿真结果，如 图 10，图 11。增益带宽积偏差达到了  $140M$ ，但是最坏情况也满足要求。

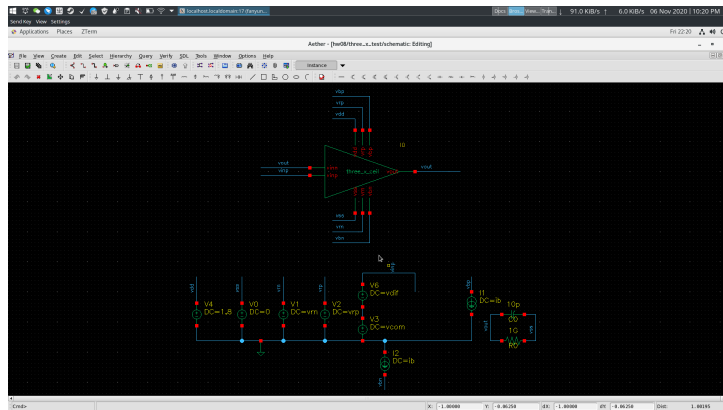


图 7: 单位增益接法电路

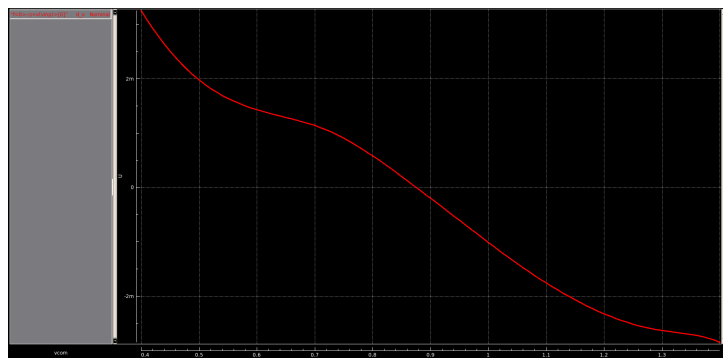


图 8: 失调电压

## 4 调节过程

本次电路没有经历任何的尺寸调节，但是对于参考电压  $V_{r,p/n}$  需要注意，在其造成的对应晶体管  $V_{GST}$  过大时，在输入为  $0V$  或者  $1.8V$  时，电流仍不能被完全抽取，因此应该适当调小其  $V_{GST}$ 。

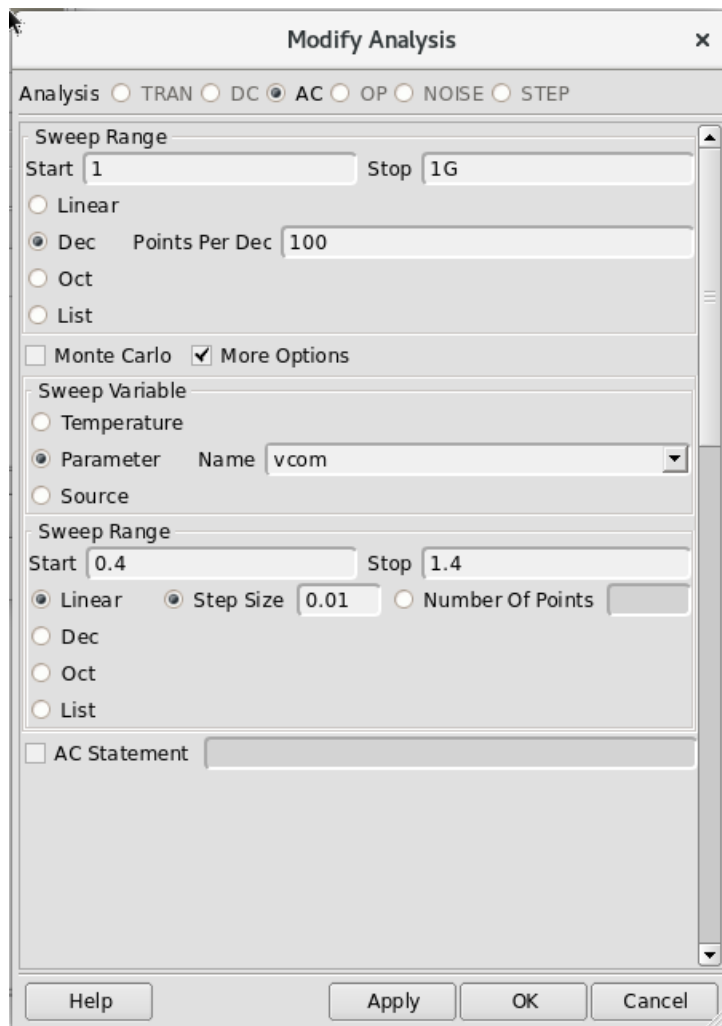


图 9: 蒙特卡洛仿真设置

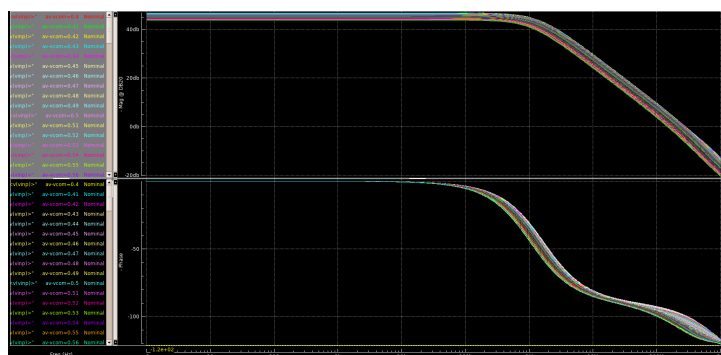


图 10: 增益带宽积蒙特卡洛仿真

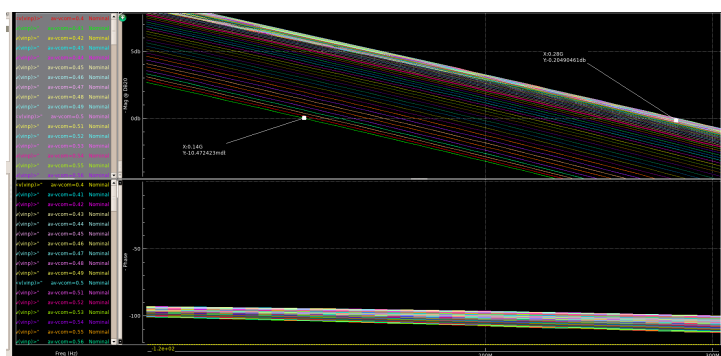


图 11: 增益带宽积偏差