

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 20 日

作业内容: 已知要求 $GBW=50\text{MHz}$, $C_L=5\text{pF}$ 。设计一相位裕度大于 70° 的米勒运放。通过仿真结果, 给出该设计运放的: 1. FOM 2. 相位裕度 3. 输入等效总噪声

目录

1 基本参数计算	1
2 基本电路搭建	3
3 测试平台介绍	3
4 性能评估	3
4.1 FOM	3
4.2 相位裕度	3
4.3 输入等效噪声	3

List of Figures

1 基本电路图	3
2 基本参数设置	4
3 各管状态	5
4 增益波形	5
5 偏置电流	5

1 基本参数计算

接下来将根据一系列公式进行计算。首先, 保证输出级特征频率 $f_t = \alpha\gamma(1+\beta)\cdot GBW$, 补偿电容和负载电容满足 $C_c = C_L/\alpha$, 寄生电容满足 $C_{gs6} = C_C/\beta$, 那么 $g_{m6} = f_t \cdot 2\pi C_{gs6} = 0.00209$, $g_{m1} = 2\pi C_C GBW$ 。估算长度, 暂时取 $n = 1$, $L = \sqrt{2\mu V_{gst6}/(4\pi f_t)}$ 。估算宽度, $W_6 = C_{gs6}/k$ 。电流按照 $g_m/10$ 估算。为了让 g_{m6} 充分大, 并且 g_{m6}/g_{m1} 充分大, 那么 α, γ 也要充分大, 最终尝试多次后, $\alpha\beta\gamma = 6, 3, 6$ 可以满足条件。

Listing 1: 估算程序

```
import math

kn = 280e-6
kp = 60e-6

alpha = 6
beta = 3
gamma = 6
vgst6 = 0.2
vgst1 = 0.2
vgst3 = 0.2

mu = 33e-3

gbw = 50e6
cl = 5e-12

ft = alpha * gamma * (1 + beta) * gbw

cc = cl / alpha
cgs6 = cc / beta
gm6 = ft * 2 * math.pi * cgs6
gm1 = 2 * math.pi * cc * gbw

l = (3 * mu * vgst6 / (4 * math.pi * ft))**0.5

k = 2e-15/1e-6
w6 = cgs6 / k
i6 = gm6/2 * vgst6

i1 = gm1/10

w1 = 2 * i1 * l / kp / vgst1**2
w3 = 2 * i1 * l / kn / vgst3**2

print('l:u ', l*1e6)
print('w6:u ', w6*1e6)
print('w1:u ', w1*1e6)
print('w3:u ', w3*1e6)
print('cc ', cc)
print('gm6 ', gm6)
print('gm1 ', gm1)
print('i6:u ', i6*1e6)
print('i1:u ', i1*1e6)
print('i6/i1: ', i6/i1)
```

2 基本电路搭建

一个基本的 OTA 电路填入计算的参数，计算剩余参数，完成偏置。

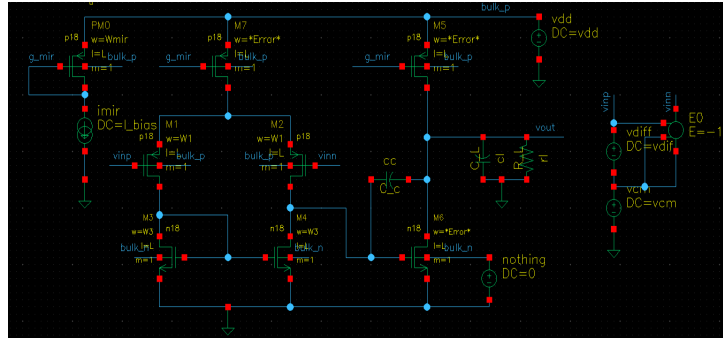


图 1: 基本电路图

最终确定共模电压 $0.3V$ ，参考电流 $26.1\mu A$ 。电路如 图 1，参数如 图 2¹

3 测试平台介绍

首先进行 OP 仿真确定各个管子的工作状态，如 图 3 和估计值几乎吻合，因此保留了下来。接下来进行增益测试，如 图 4， $GBW = 64M$ ， $PM = 72^\circ$ 。

4 性能评估

4.1 FOM

偏置电流如 图 5， $FOM = GBW \cdot C_L / I_B = 64M5pF / (51.3/1000mA) = 6237MHzpF/mA$ 。

4.2 相位裕度

$PM = 72^\circ$ 。

4.3 输入等效噪声

如 表 ??。

¹由于存在如 $par(B) * par(Width)$ 的参数，软件显示为 “*Error*”，但是可以正常仿真。

Parameters		
	Name	Nominal
1	vdif	0
2	vdd	1.5
3	vcm	0.3
4	rl	1G
5	cl	5p
6	cc	1p
7	Wmir	6u
8	W6	138.9u
9	W3	2.18u
10	W1	10.2u
11	L	0.467u
12	I_bias	26.1u
13	B	48

图 2: 基本参数设置

表 1: 等效输入

Freq(Hz)	1	10	100	1k	10k
Noise,eq,in(V/Hz ^{0.5})	88.9926m	31.7779m	11.7971m	4.4839m	1.7283m
100k	1meg	10meg	19.9526meg	39.8107meg	50.1187meg
675.9841u	271.4872u	40.9206u	13.6151u	4.9753u	3.7160u

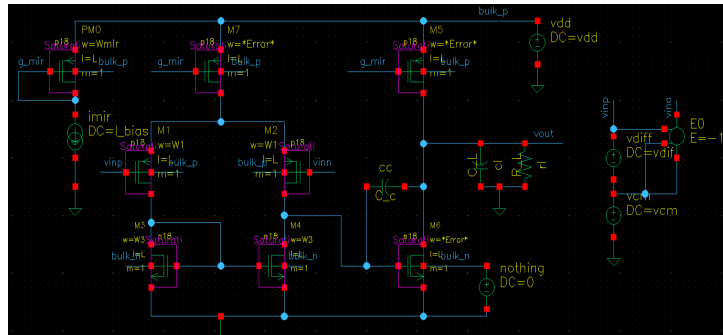


图 3: 各管状态

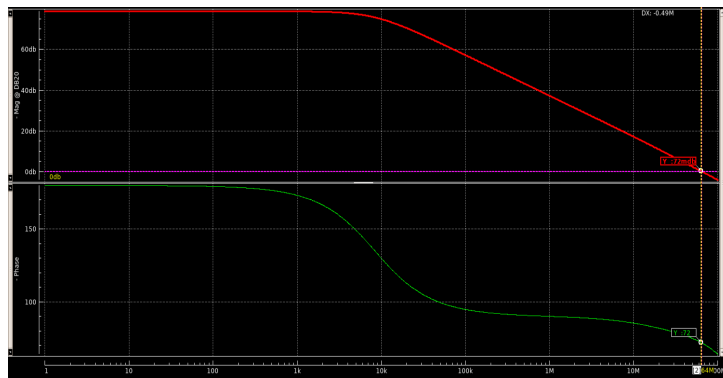


图 4: 增益波形

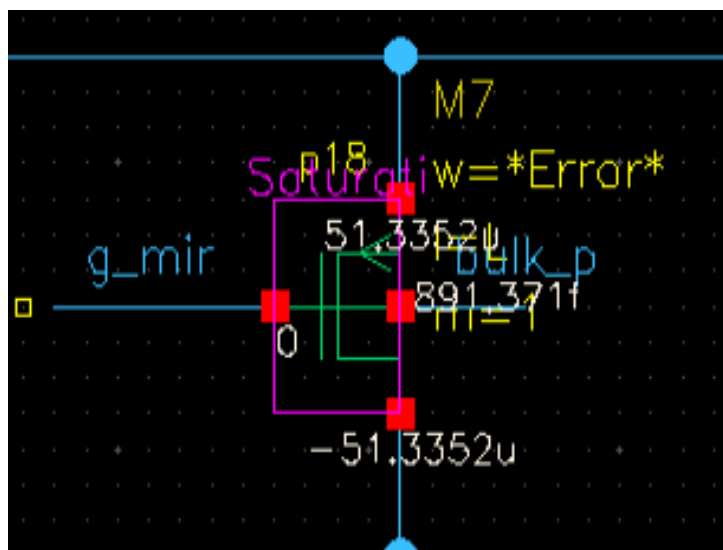


图 5: 偏置电流