

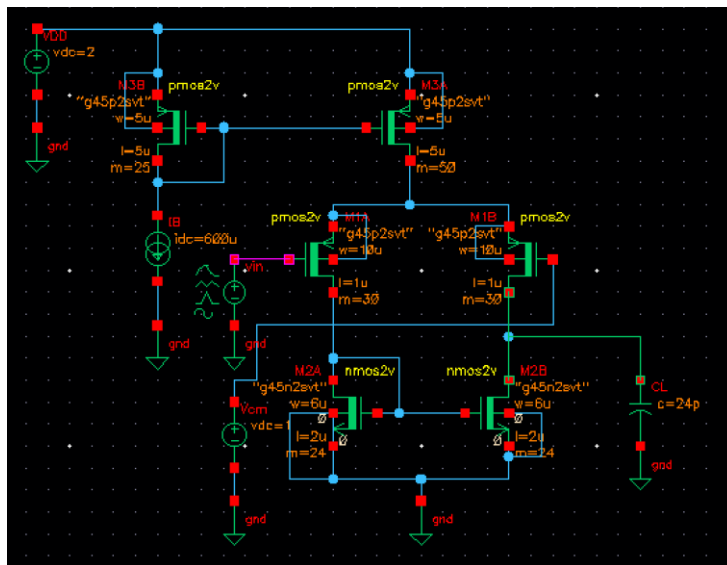
# PMOS\_5T\_OPAMP

- due date: 06/14 -

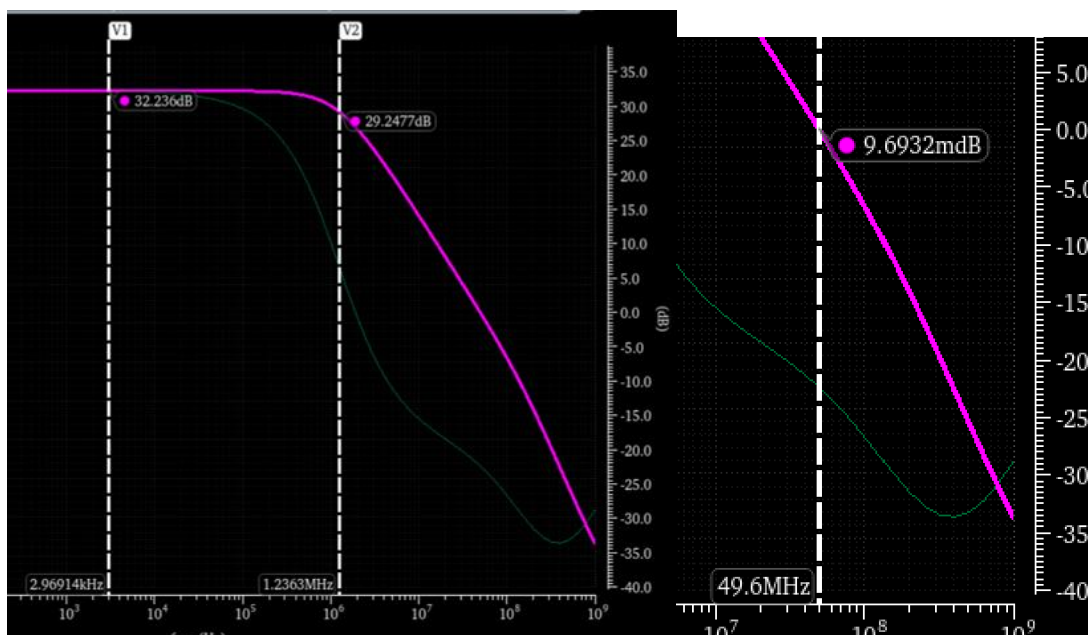
Student ID: 201939664

Name: 이주용

## 1. Schematic



## 2. AC simulation



DC gain & -3db Frequency & Unity Gain Frequency

### 3. Specs Table

Tail current & Load Devices					
pmos tail	M <sub>3</sub>	pmos input	M <sub>1</sub>	nmos load	M <sub>2</sub>
Id	1.2E-3	Id	600.0E-6	Id	600.0E-6
multi	50	multi	30	multi	24
Total Width	5E-6	Total Width	10E-6	Total Width	6E-6
length,pb	5E-6	length,pb	1.0E-6	length,nb	2E-6
rout,sim	1.2E+3	rout,sim	8.59E+3	rout,sim	13.7E+3
gm/id	2.53	gm/id	14.5	gm/id	8.1
		Id/w, gm id sim	1.94	Id/w, gm id sim	4.28
Final Width	250 E-6	Final Width	300E-6	Final Width	144E-6

Bias circuit		Result	
Iref	600.000E-6	DC gain (db)	32.23
Multi	25	$f_{-3db}$ [MHz]	1.23
Iref/Multi	24E-6	Unity Gain Frequency [MHz]	49.6
		Gain-Band width product[MHz]	50.43

- Hand Calculation

$$f_{-3db} = 1.25 [MHz], r_{op}/r_{on} = 5.3 [K\Omega], g_{mp} = 7.54 [mS], A_v = 40$$

### 4. Design Process

$g_m/I_D$  – based design은 회로의 동작점을 Lookup Table 기반으로 설정하는 것을 의미한다. 이 과정에서 소자의  $g_m$ 과 length, width를 정할 수 있다.

#### 1) $g_m/I_D$ simulation

$$A_v \cong g_{mp}(r_{op}/r_{on})$$

원하는 DC gain과 GBW를 맞추기 위해선  $r_{op}/r_{on}$ 을 감소시켜 BW를 증가시킴과 동시에  $g_{mp}$

를 통해 이득을 맞추어 주어야 한다. 따라서 초기  $g_m/I_D$  simulation 설정 시  $M_1$ 은 비교적 큰 값으로  $M_2$ 는 비교적 작은 값으로 설정한다. (일정한  $I_D$ 에서  $M_2$ 의  $g_m$ 이 감소하면  $M_2$ 의  $V_D$ 는 증가해  $M_1$ 의 channel length modulation 효과가 커져  $r_{op}$ 는 감소한다,  $M_2$ 는  $V_{ov}$ 와  $V_{DS}$ 가 동시에 증가해  $r_{on}$ 는 크게 변하지 않을 것이다.)

#### 2) $g_m/w$ simulation

$g_m/I_D$ 에서 설정한  $g_m$ 을 가지는  $V_{GSQ}$ 를 설정하기 위해  $g_m/w$ 를 통해  $w$ 를 결정한다. ( $g_m/I_D$ ,  $g_m/w$  설계에서  $V_{DS}$  값은 영향이 작으므로 포화영역을 유지하는 임의의 값으로 설정한다)

### 3) AC simulation

- Simulation을 통해 DC gain을 확인하고 알맞지 않다면  $M_2$ 의  $L$ 값으로  $r_{on}$ 을 조절한다. (이때  $M_1$ 의  $V_{DS}$ 변동으로  $r_{op}$  값도 바뀌지만  $L$ 값 변화에 의한  $r_{on}$ 변동이 dominant할 것이다)
  - $M_1$ 의  $L$ 값을 조절할 수도 있지만 이는  $g_{mp}$ ,  $r_{op}$ 를 모두 변동시켜 바람 직 하지 않고 판단했다. (마찬가지의 이유로  $W$ 값을 변동시키는 것은  $g_{mp}$ ,  $r_{op}$ ,  $r_{on}$  모두를 변동시키기에 바람 직 하지 않다.)
- Band Width를 증가시키기 위해  $I_B$ 를 증가시켜  $r_{on}/r_{op}$ 를 감소시킨다 이때  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ 의  $W$ 도  $I_B$ 와 같은 비율로 증가시킨다. ( $g_m/I_D$ 에서 설정한 동작점을 유지하기 위해  $w$ 도 같이 증가시켜야 한다.)
  - $g_m$ 은  $I_D$ 의 증가로 sqrt하게 커지고  $w$ 의 증가로 sqrt하게 커지는 동시에  $r_o$ 는  $I_D$ 의 증가로 반비례하게 감소하므로 DC gain은 일정하게 유지된다.

$$g_m = \sqrt{2\mu_n C_{ox} \frac{w}{L} I_{D(sat)}}, \quad r_o = \frac{1}{\lambda I_{D(sat)}}$$

#### ● Discussion

1. 전류 복사를 하기 위해선  $M_3$ 도 포화영역에서 동작점을 설정해야 된다.

만약  $M_3$ 의  $w$ 는 유지한 상태로  $I_B$ 만 증가한다면  $M_{3B}$ 의  $g_m$ 은 sqrt하게만 증가하므로 증가한  $I_B$ 를 맞추기 위해  $M_{3B}$ 의  $V_{SD}$ 은 sqrt하게 증가한다. 즉,  $M_{3A}$ 의  $V_G$ 가 감소해  $V_{ov}$ 가 증가하는데  $V_{SD}$ 는  $M_1$ 에 의해 일정하게 유지돼  $M_{3A}$ 는 linear region으로 빠진다.

2.  $V_{out}$ 의 출력 범위는  $M_1$ ,  $M_2$ 의  $V_{ov}$ 에 의해 다음과 같이 제한된다.

$$V_{G(M2)} - V_{TH(M2)} \leq V_{out} \leq V_{G(M1)} + V_{TH(M1)}$$

$$\text{Let } V_{G(M1)} = V_{cm} = 1 [V]$$

따라서  $V_{out}$ 의 최대 전압 범위를 얻기 위해서는  $V_{out}$ 의 DC전압을 중간 값에 맞추는 필요가 있다. 하지만 이는 불필요하게 전력소모를 증가시킬 수 있다.

→  $V_{out}$ 의 출력 범위가 이 영역을 벗어나면 선형성이 깨져 출력의 왜곡이 발생한다.

#### 3. Parameter review

$M_3$ 의  $W$  값은 주어진 bias 전류에서 포화 상태를 유지하는 작은 값으로 설정한다.  $L$  값은 channel length modulation 효과를 줄이기 위해 큰 값으로 설정하는 것이 유리할 것이다.

$M_1$ 의  $W$ 값은  $g_{mp}$ 를 최대화하기 위해 커야 한다.  $L$  값은 BW를 늘리기 위해 작아야 한다.

$M_2$ 의  $W$ 값은  $V_{out}$ 의 DC voltage를 결정한다. 포화상태를 유지하는 적절한 값으로 설정한다.  $L$  값은 BW를 늘리기 위해 작아야 한다.