

類比積體電路 HW_1

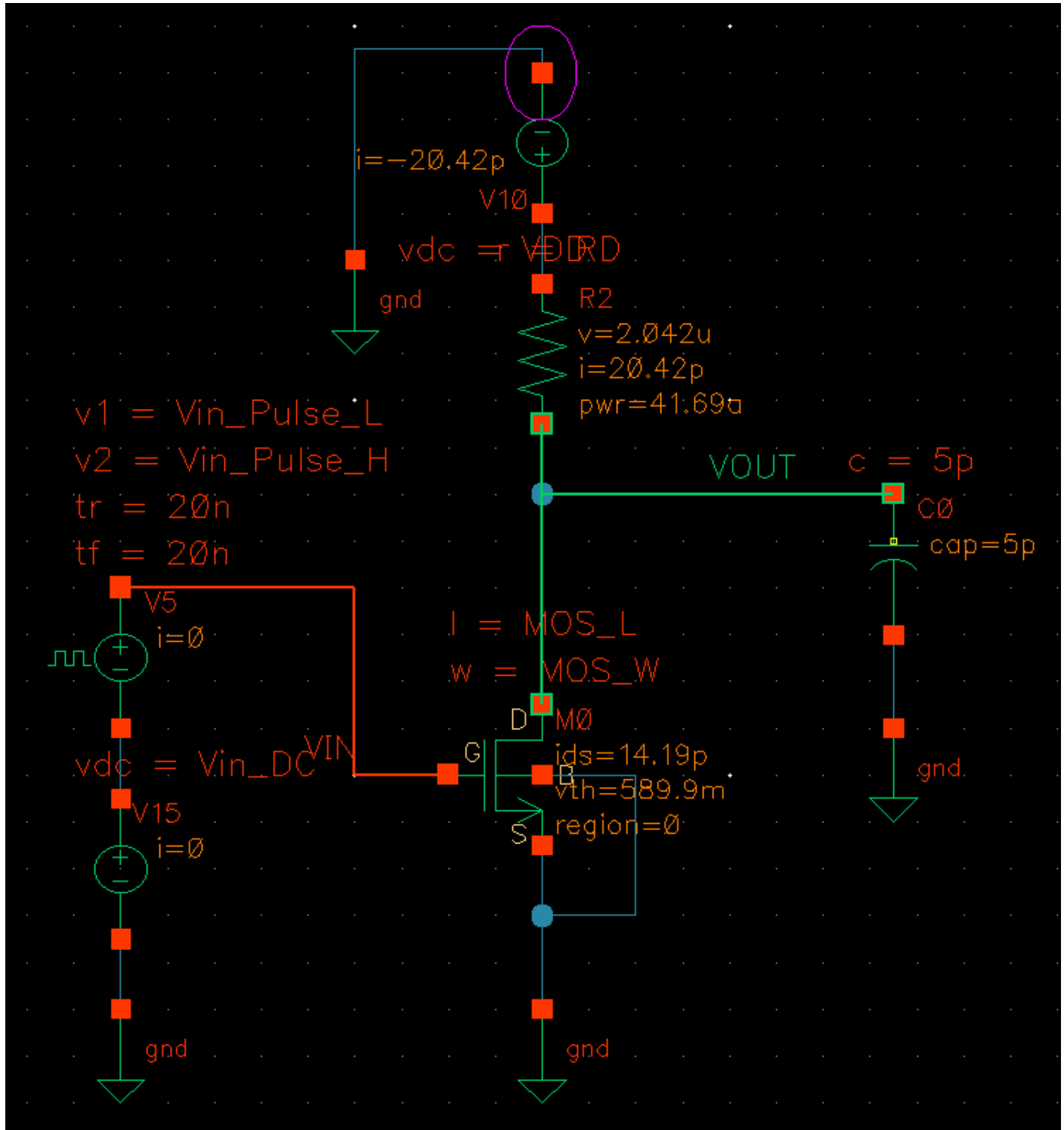
學員：陳彥邦 (學分班)

教授：陳科宏 教授

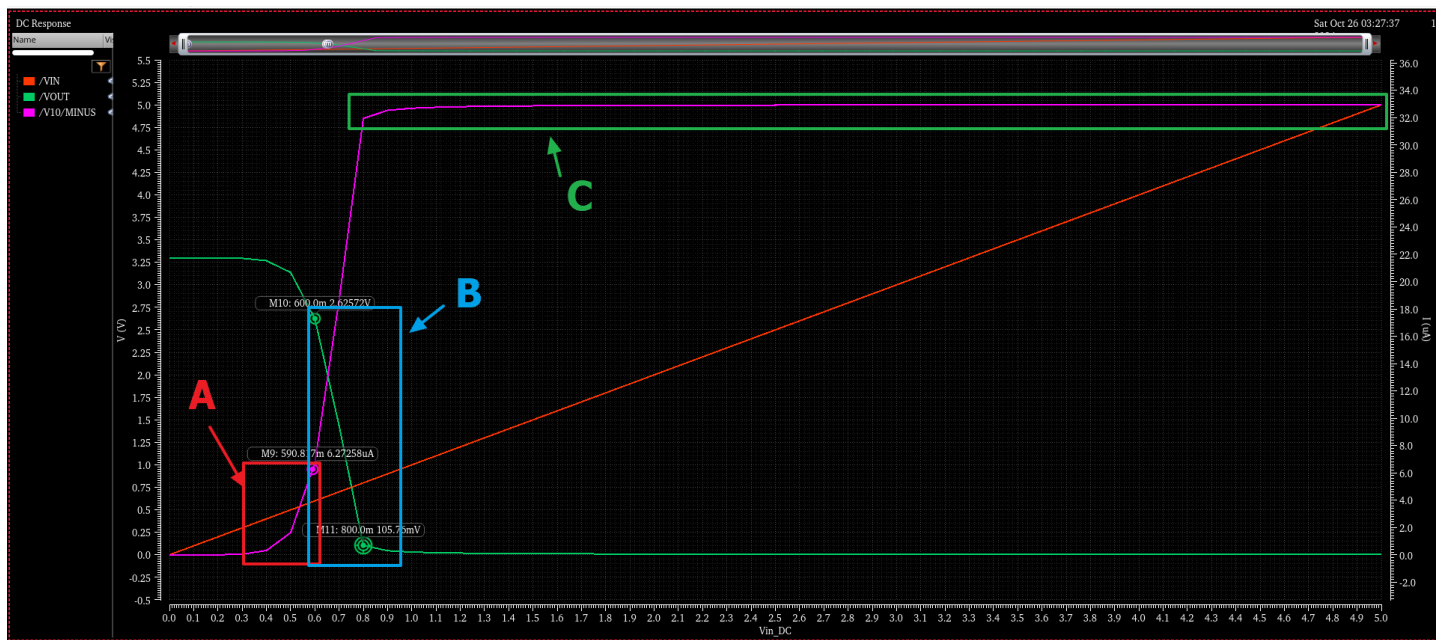
1. 第一題(I)

TT corner

- Schematic_DC operating points



- IV curve



A 區塊：因為 $V_{th}=589.9mV$ ，所以 A 區塊內都屬於 subthreshold region，會有漏電流的產生。

B 區塊：這裡是 saturation region，故後續 AC response 等實驗設定此 V_{in} 範圍(0.6V~0.8V)。

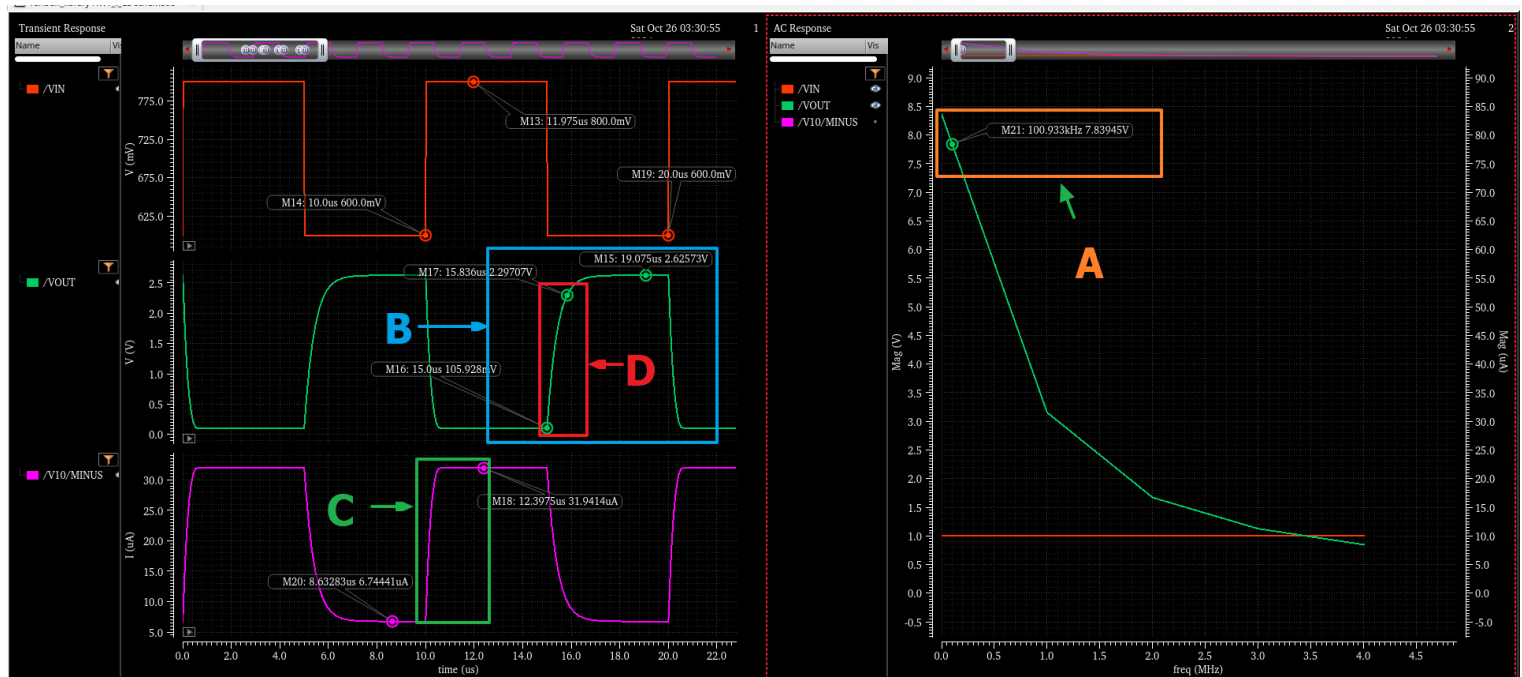
C 區塊：這裡是 linear region。

● Transient & AC response

➤ 參數設計

Design Variables		
	Name	Value
1	VDD	3.3
2	V_{in_DC}	0
3	$V_{in_Pulse_H}$	800m
4	$V_{in_Pulse_L}$	600m
5	MOS_L	400n
6	MOS_W	8u
7	Period_Vin	10u
8	RD	100K

➤ Simulation



A 區塊(計算 A_v) : V_{in} 是 1V，左邊模擬圖是用 V_{in_period} 10us = 100Khz，所以我的 $A_v = 7.83945/1 = 7.83945(V/V)$

B 區塊(計算 V_{sw}) : $V_{sw} = V_{out_H} - V_{out_L} = 2.62573 - 0.105928 = 2.519802V$

C 區塊(計算 P_{dd}) : $P_{dd} = V_{DD} * I_{DD} = 3.3 * ((31.9414 + 6.74441)/2) = 63.831 \mu W = 0.000063831W$

D 區塊(計算 S_t) : $S_t = \Delta V / \Delta T = (2.2970 - 105.9 * 10^{-9}) / (15.836 - 15) = 2.7476V/\mu s$

統計:

$$A_v = 7.83945(V/V)$$

$$V_{sw} = 2.519802V$$

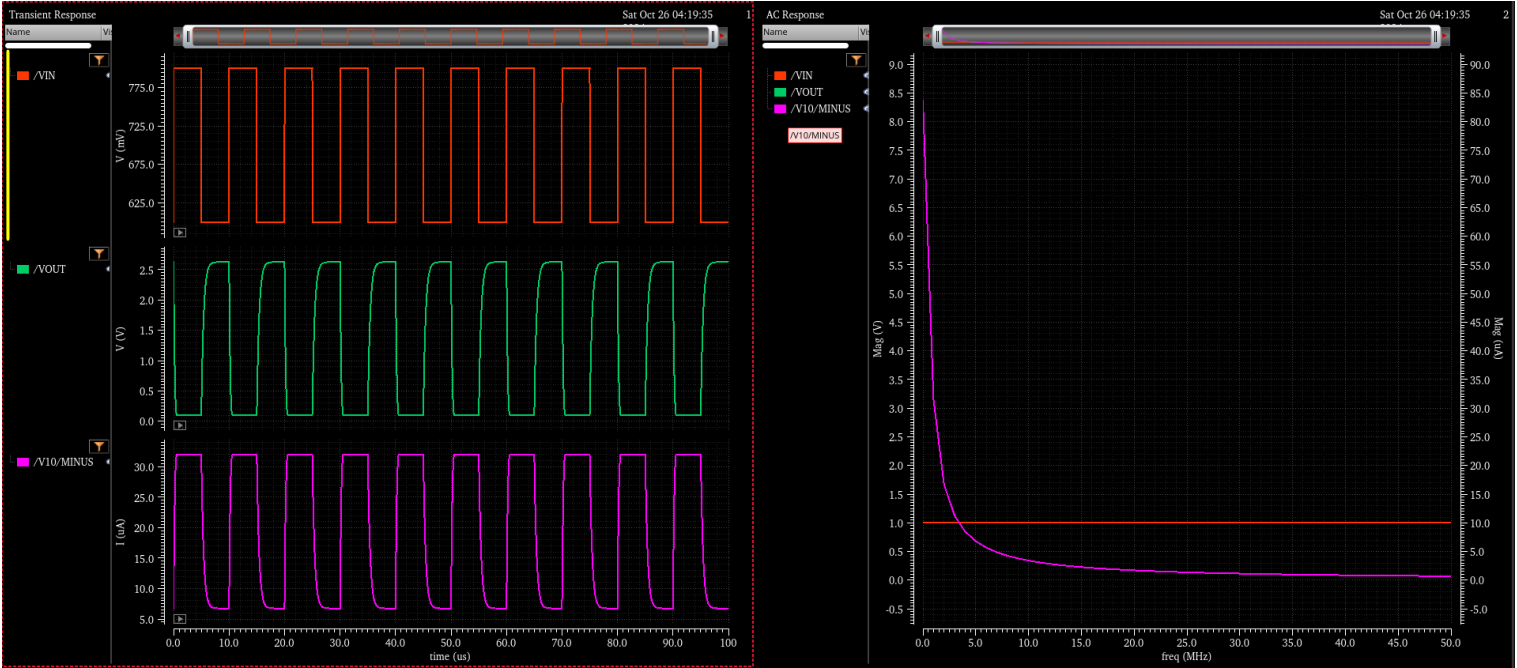
$$P_{dd} = 0.000063831W$$

$$S_t = 2.7476V/\mu s$$

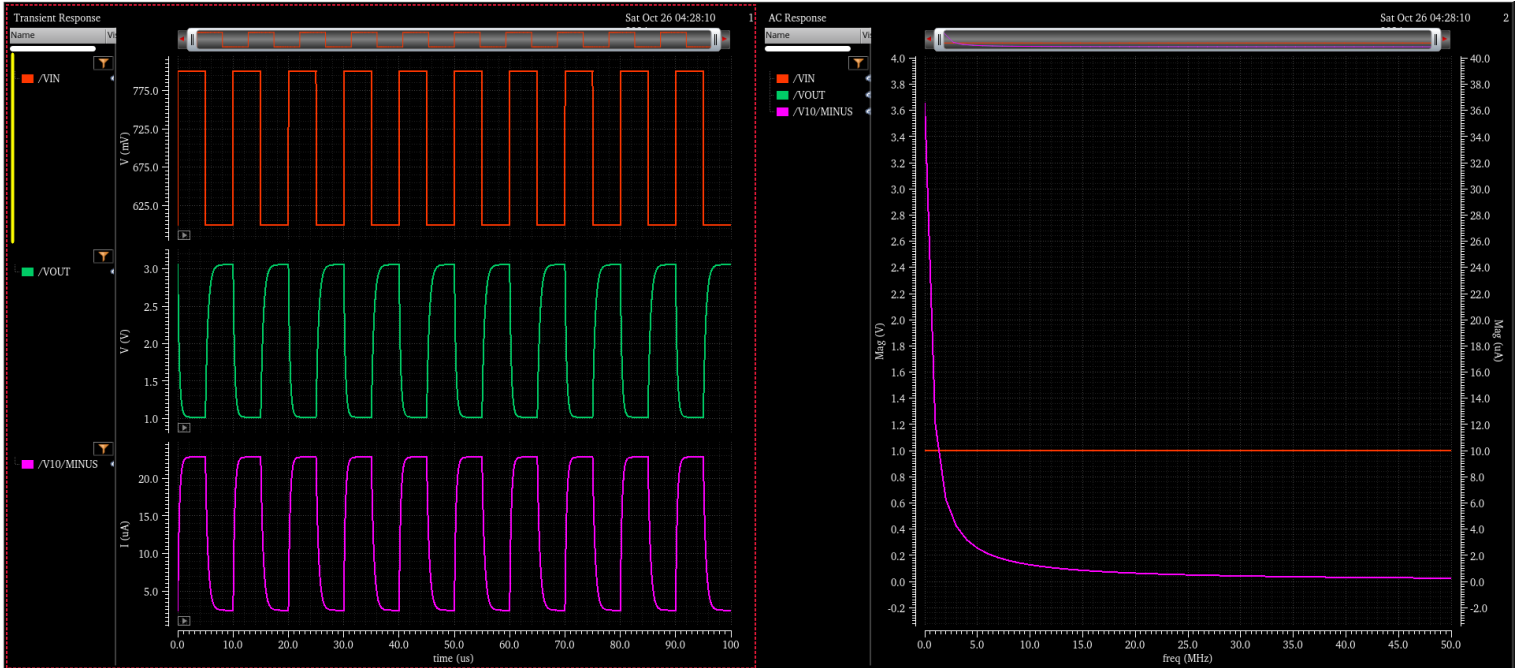
$FOM=7.83945*2.519802*2.7476/0.000063831=850303$

Corner compare

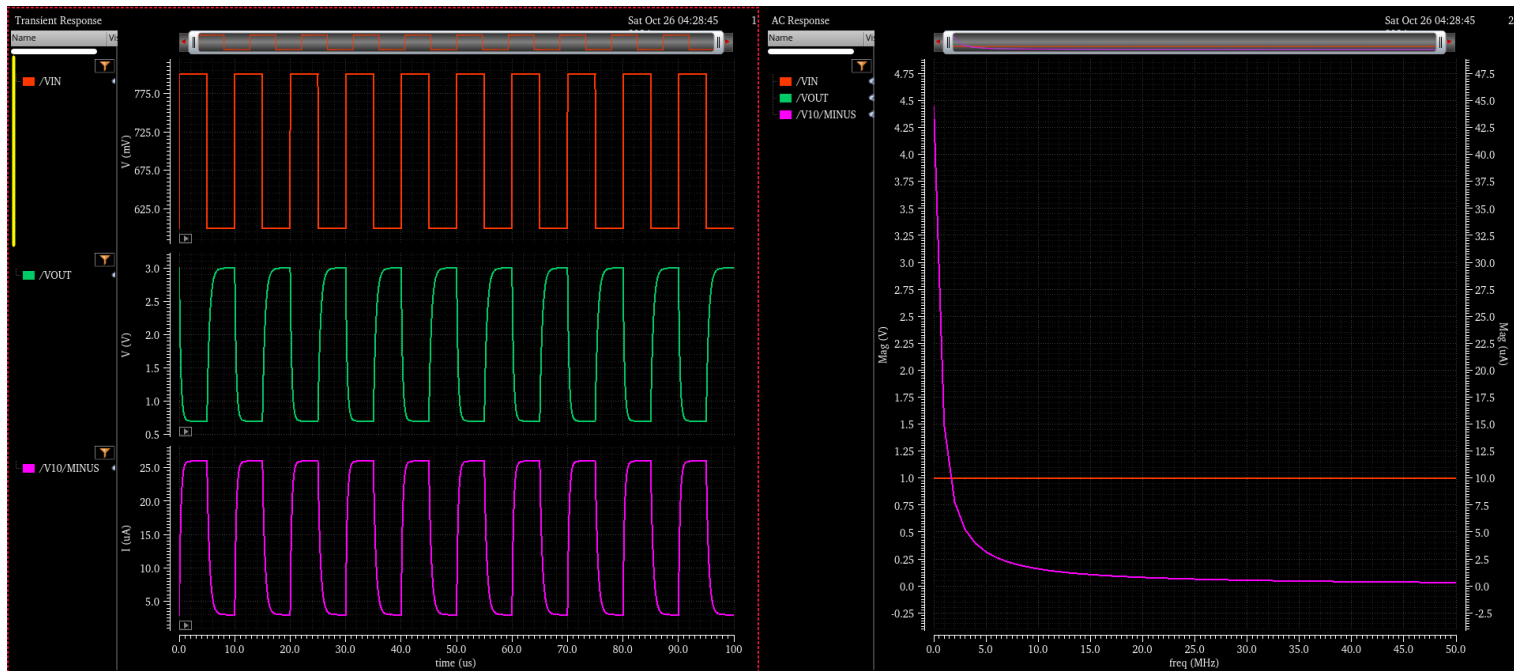
● TT



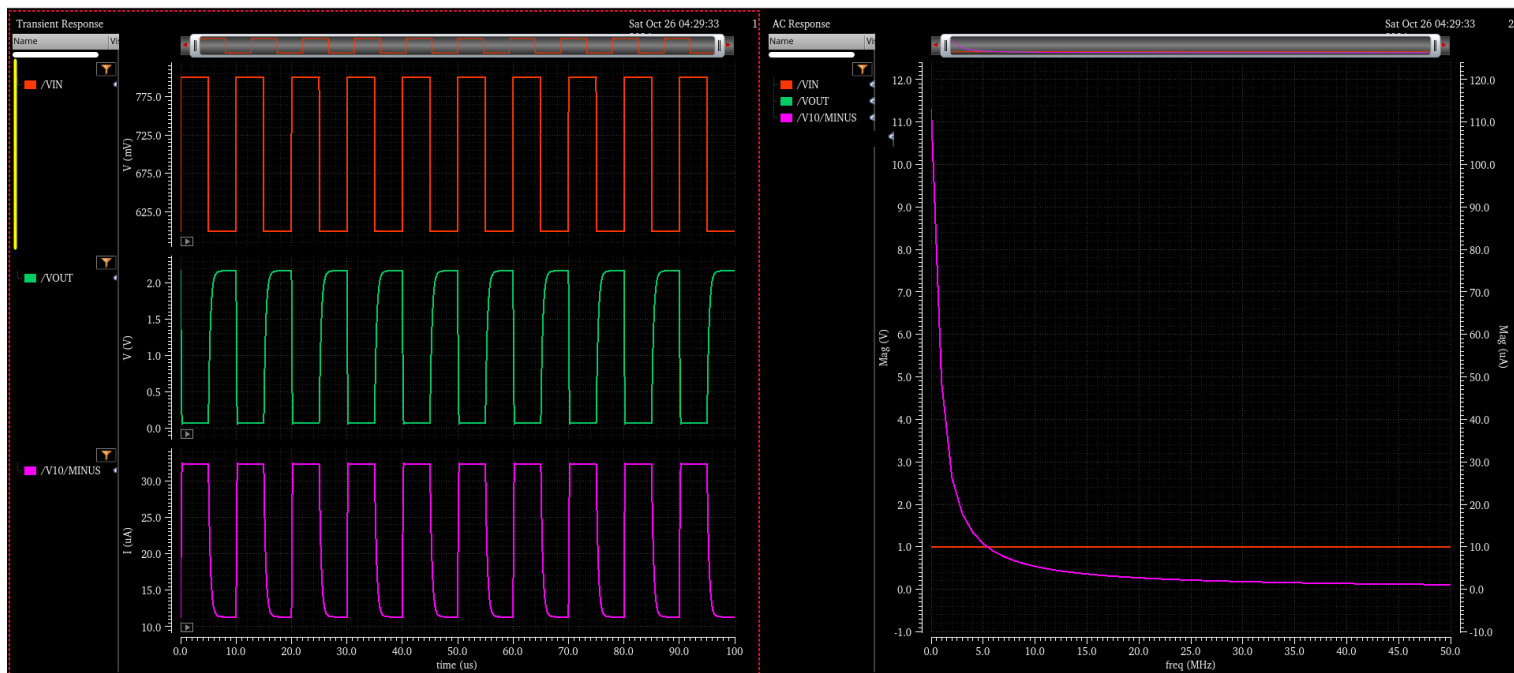
● SS

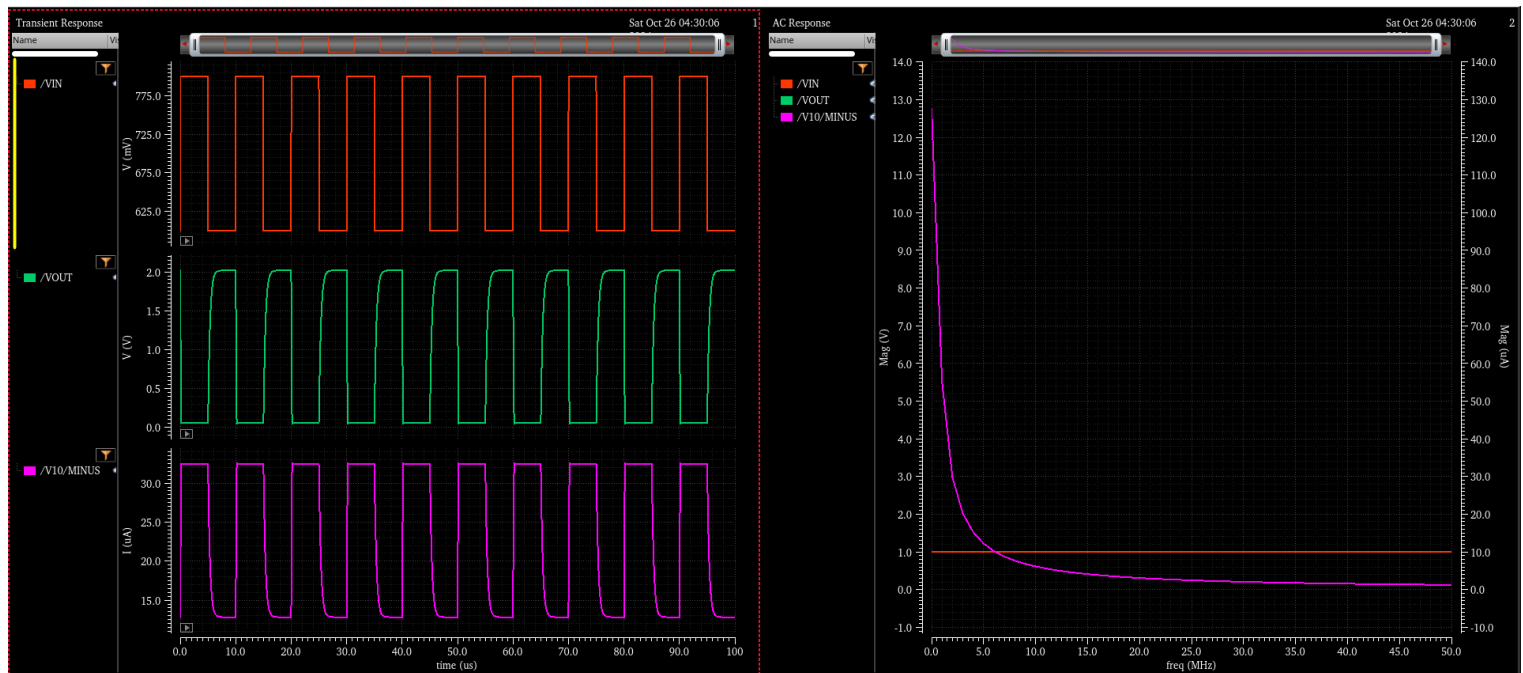


● SF



● FS





➤ 心得:

Corner 是去調整一些 MOS 的參數，像是 μ_n 、 μ_p ...等參數值。

這次做了 TT、SS、SF、FS、FF 的 corner，T 表示 Typical、S 表示 Slow、F 表示 Fast。

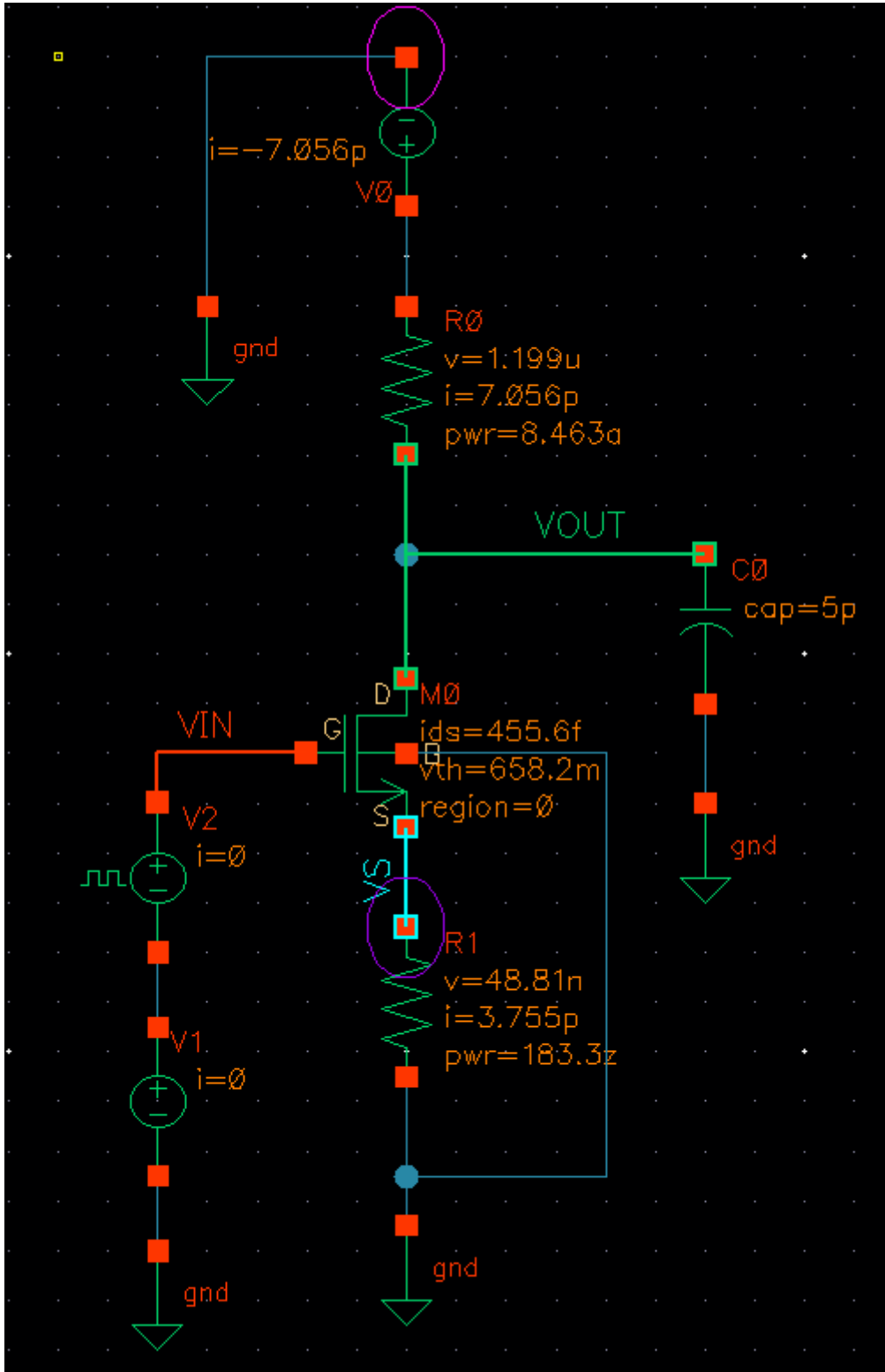
從上面模擬可以看到 A_v 增益由大排到小的順序是:FF->FS->TT->SF->SS。故可得知第一個英文字母是 F 對 NMOS 來說是模擬最佳狀態，S 則反之，而第 2 個英文字母是對 PMOS 的。

且有發現在不同的 corner，Drain 端電流會有些微變化。

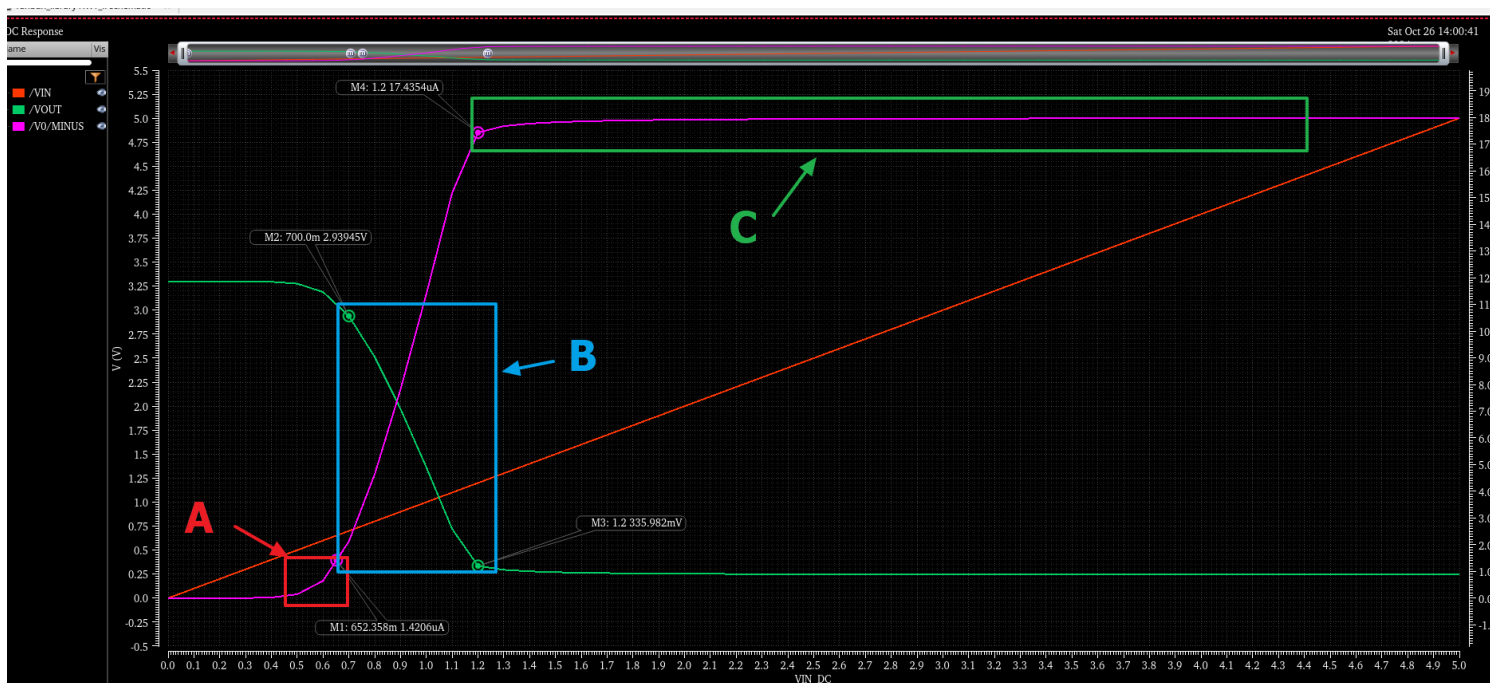
2. 第二題(II)

TT corner

- Schematic_DC operating points



- IV curve



A 區塊：因為 $V_{th}=658.2\text{mV}$ ，所以 A 區塊內都屬於 subthreshold region，會有漏電流的產生。

B 區塊：這裡是 saturation region，故後續 AC response 等實驗設定此 V_{in} 範圍($0.7\text{V}\sim 1.2\text{V}$)。

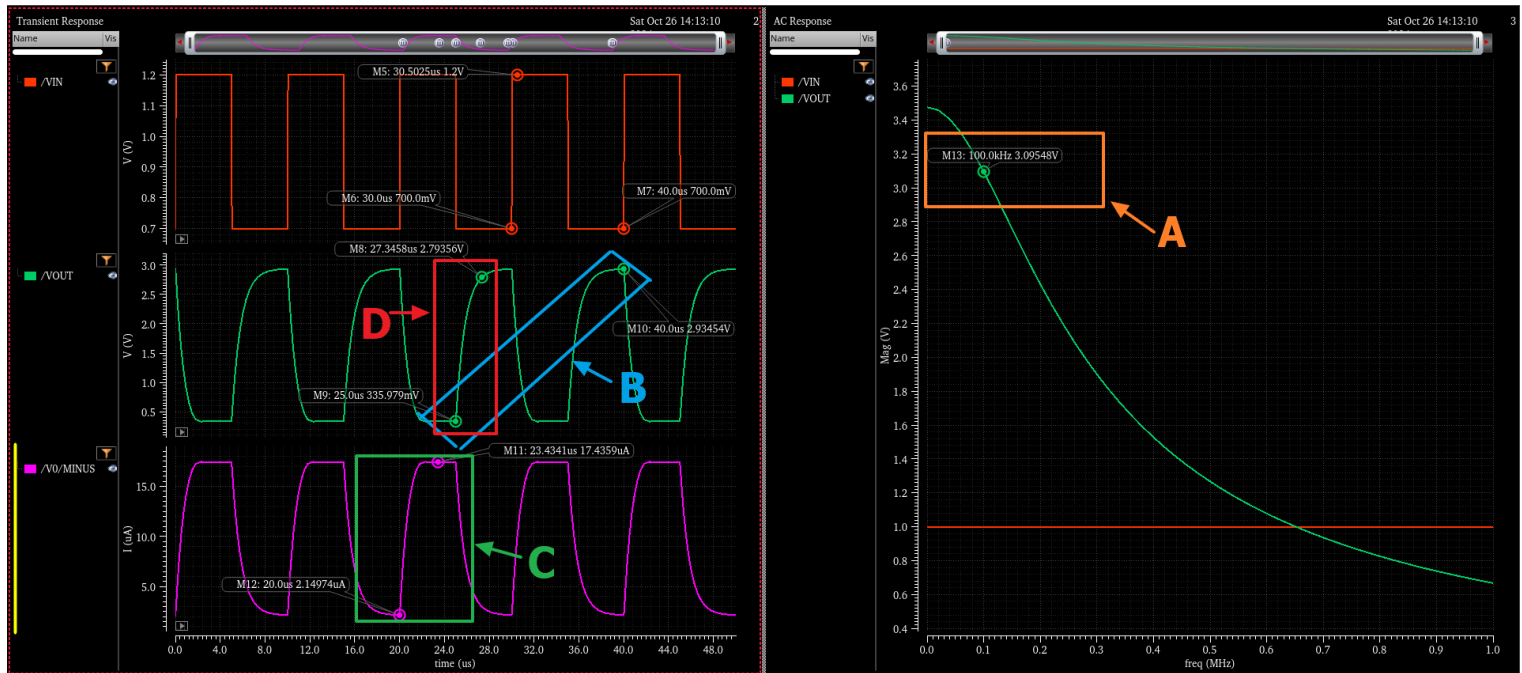
C 區塊：這裡是 linear region。

● Transient & AC response

➤ 參數設計

Name	Value
1 MOS_L	500n
2 MOS_W	3u
3 RD	170K
4 RS	13K
5 VDD	3.3V
6 VIN_DC	0
7 VIN_Pulse_H	1.2
8 VIN_Pulse_L	700m

➤ Simulation



A 區塊(計算 A_V) : V_{in} 是 1V，左邊模擬圖是用 V_{in_period} 10us = 100Khz，所以我的 $A_v = 3.05948 / 1 = 3.05948 (V/V)$

B 區塊(計算 V_{sw}) : $V_{sw} = V_{out_H} - V_{out_L} = 2.93454 - 0.33597 = 2.5986V$

C 區塊(計算 P_{dd}) : $P_{dd} = V_{DD} * I_{DD} = 3.3 * ((17.4359 + 2.74974) / 2) = 33.306 \mu W = 0.000033306W$

D 區塊(計算 S_t) : $S_t = \Delta V / \Delta T = (2.79356 - 0.3359) / (27.358 - 25) = 1.04226V/\mu s$

統計:

$$A_v = 3.05948 (V/V)$$

$$V_{sw} = 2.5986V$$

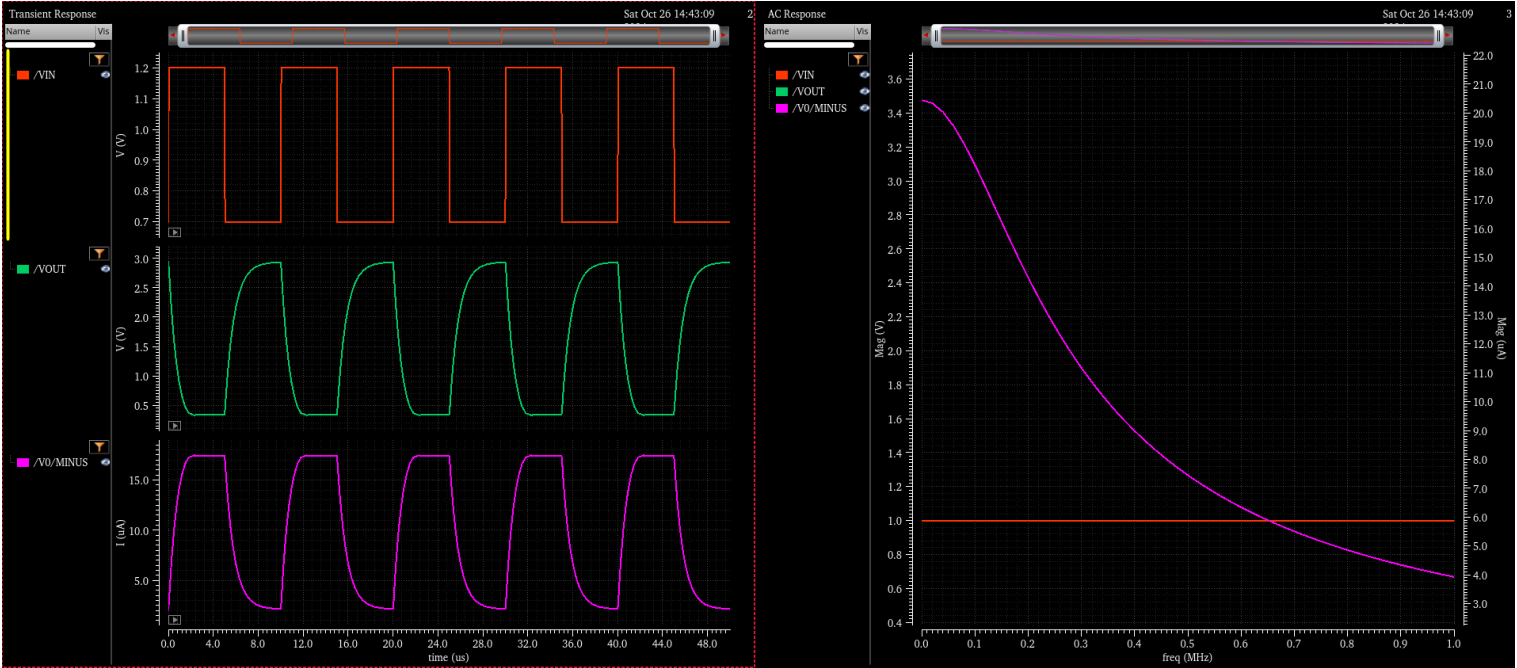
$$P_{dd} = 0.000033306W$$

$$S_t = 1.04226V/\mu s$$

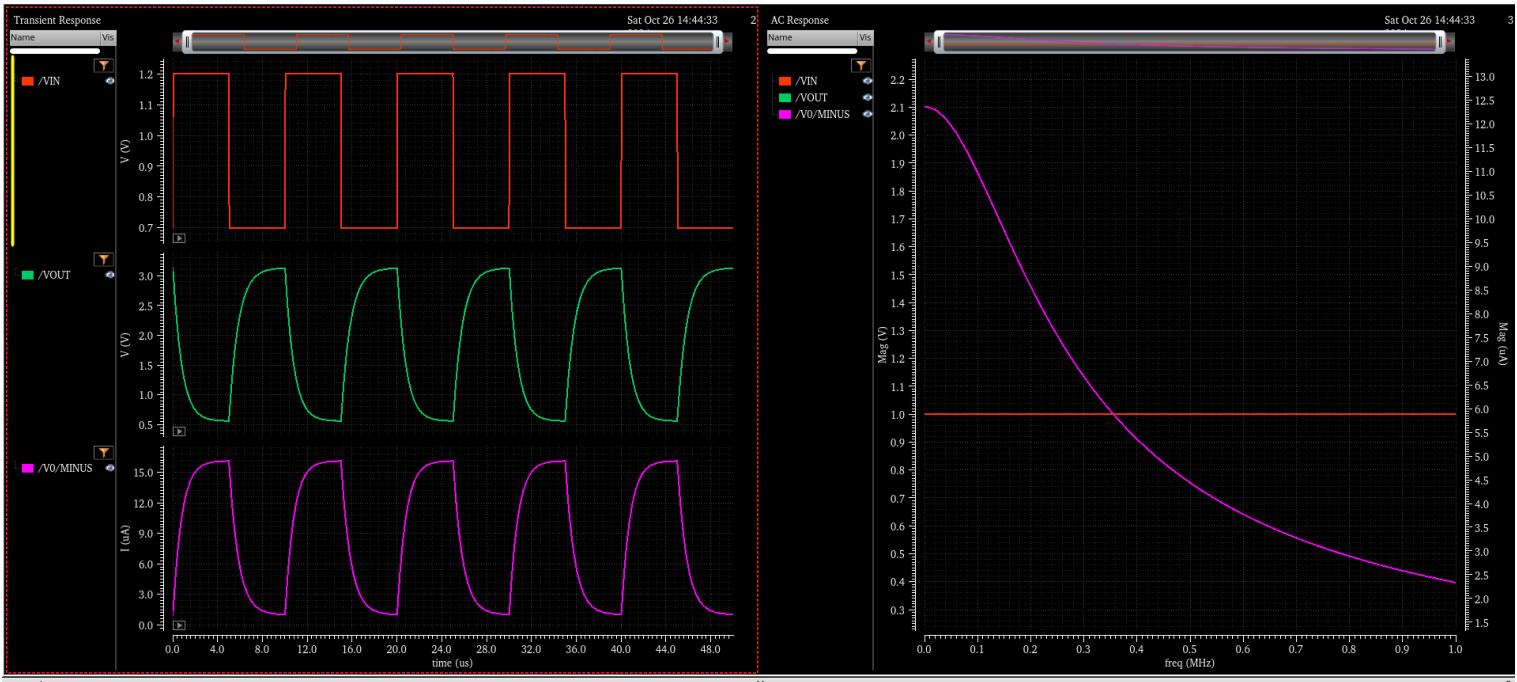
$FOM=3.05948*2.5986*1.04226/0.000033306=248794$

Corner compare

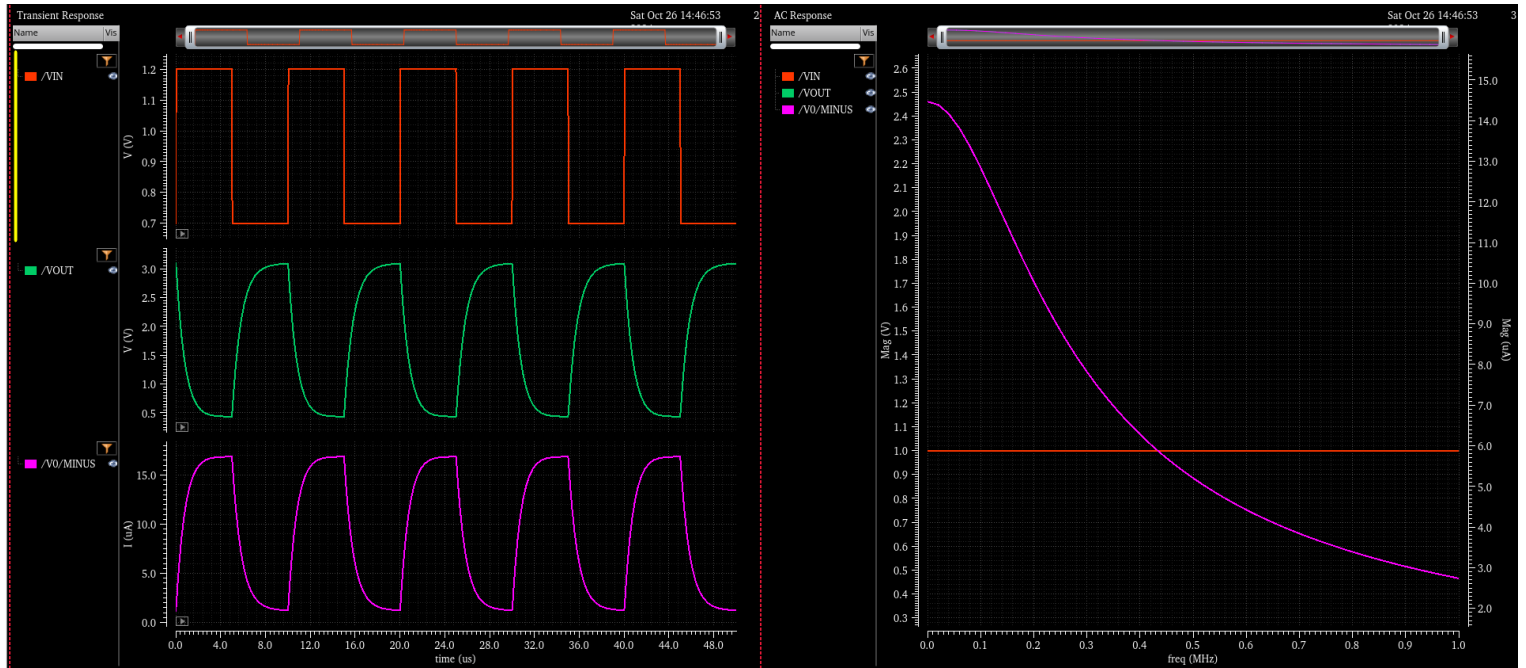
● TT



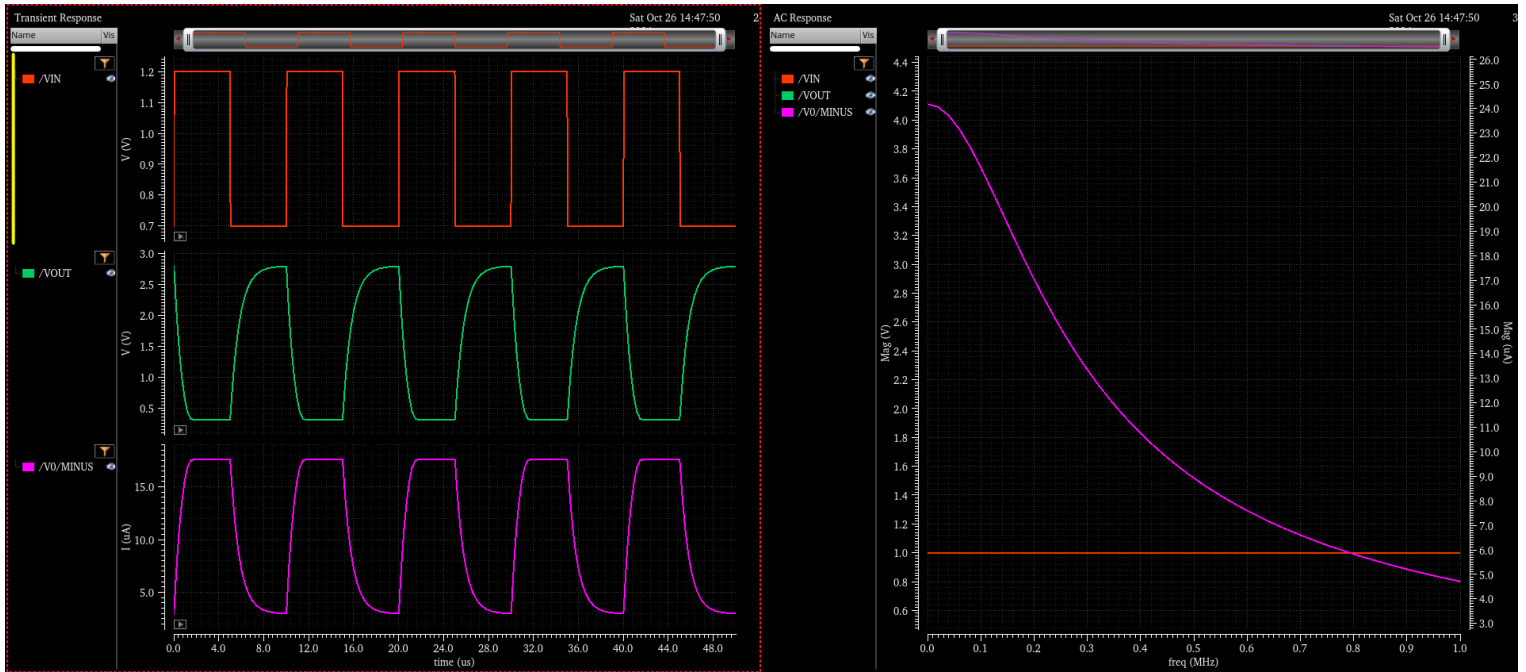
● SS

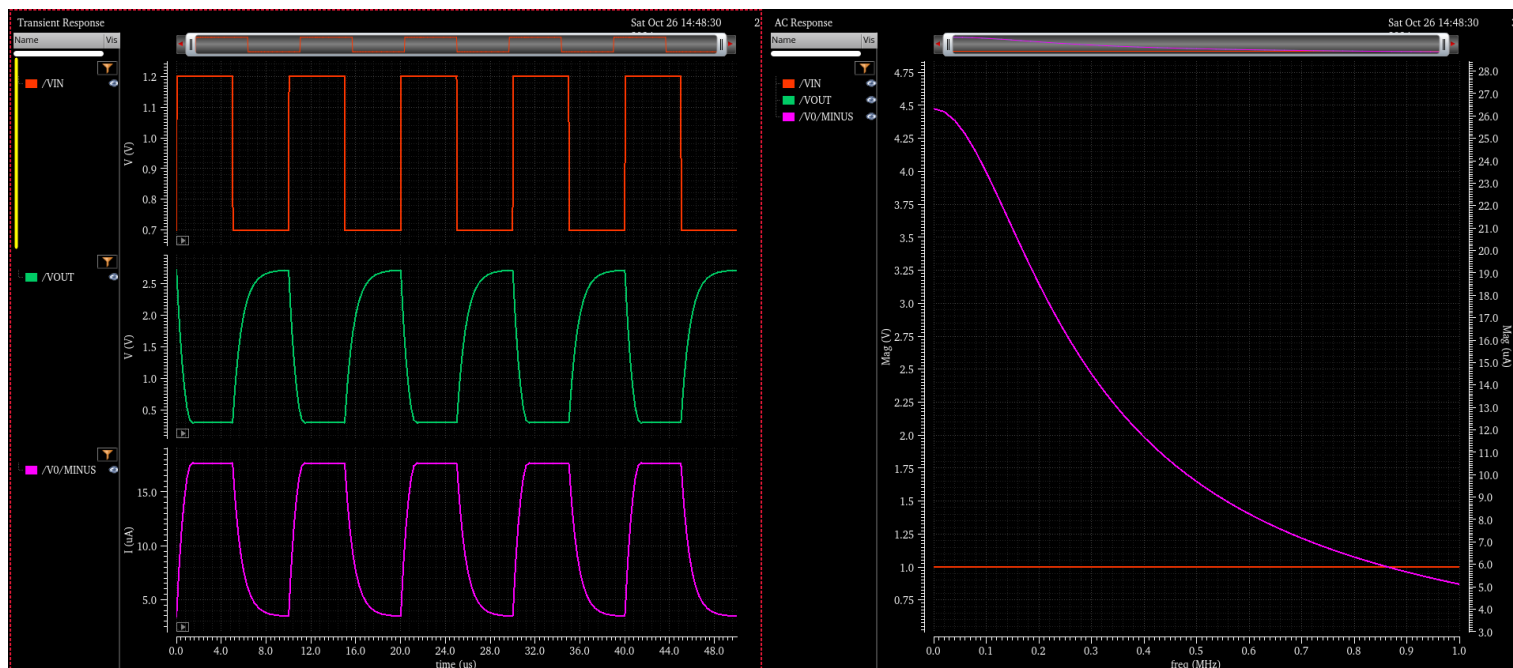


● SF



● FS





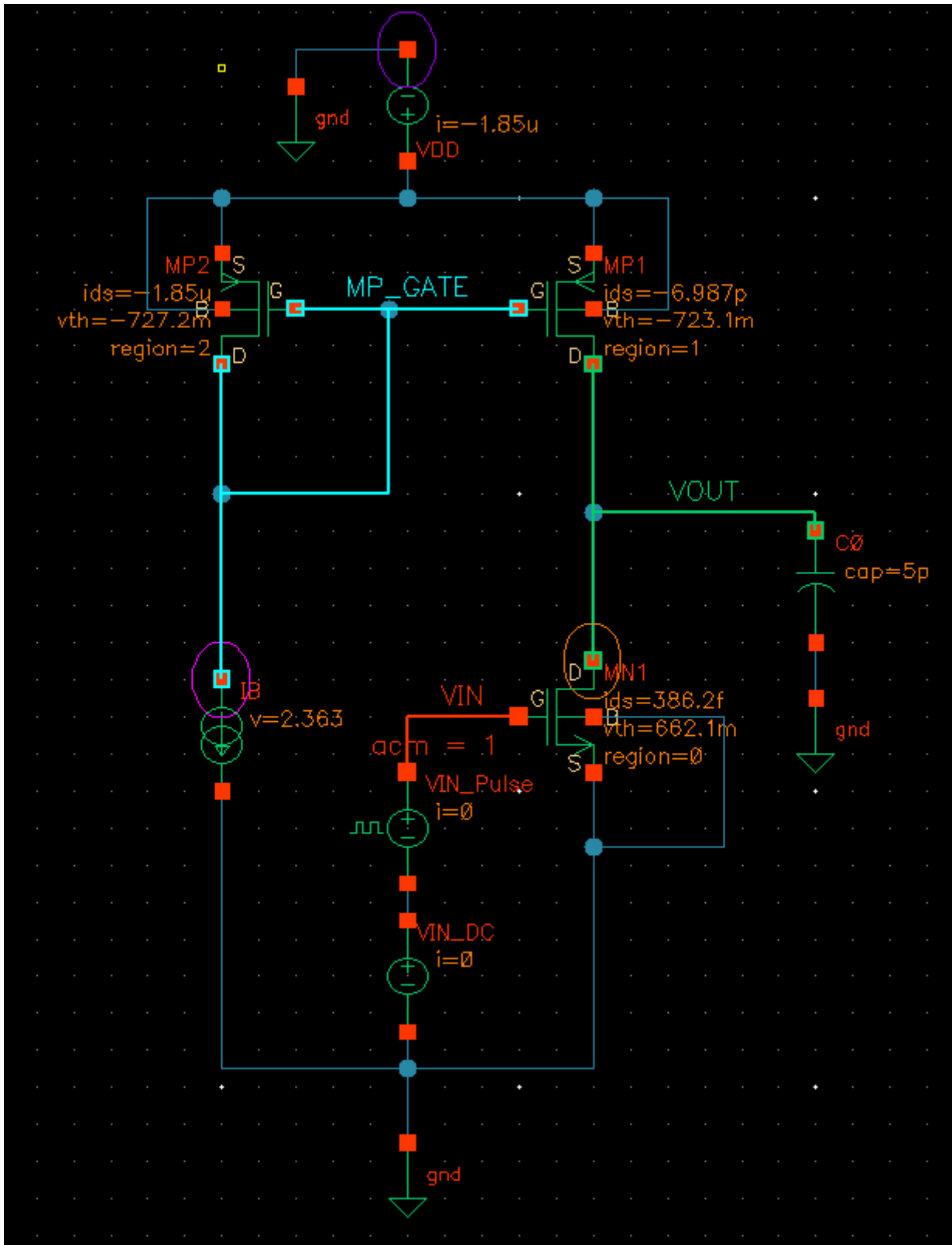
➤ 心得:

大致上同一題 corner 的心得，但相比第一題來說， A_v 和 Drain 端電流的變化量比較小，感覺第二題電路會比第一題的電路相對的穩定。

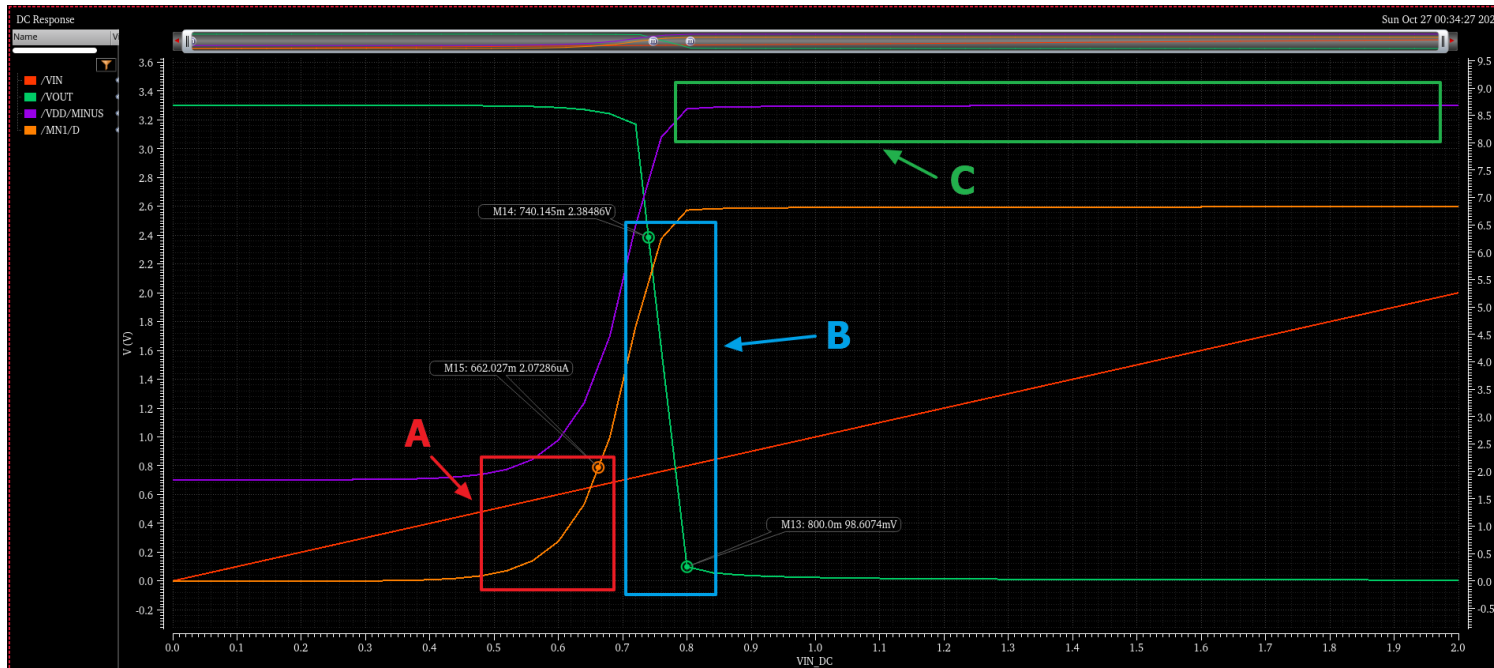
3. 第三題(III)

TT corner

- Schematic_DC operating points



- IV curve



A 區塊：因為 $V_{th}=662.027\text{mV}$ ，所以 A 區塊內都屬於 subthreshold region，會有漏電流的產生。

B 區塊：這裡是 saturation region，故後續 AC response 等實驗設定此 Vin 範圍(0.74V~0.8V)。

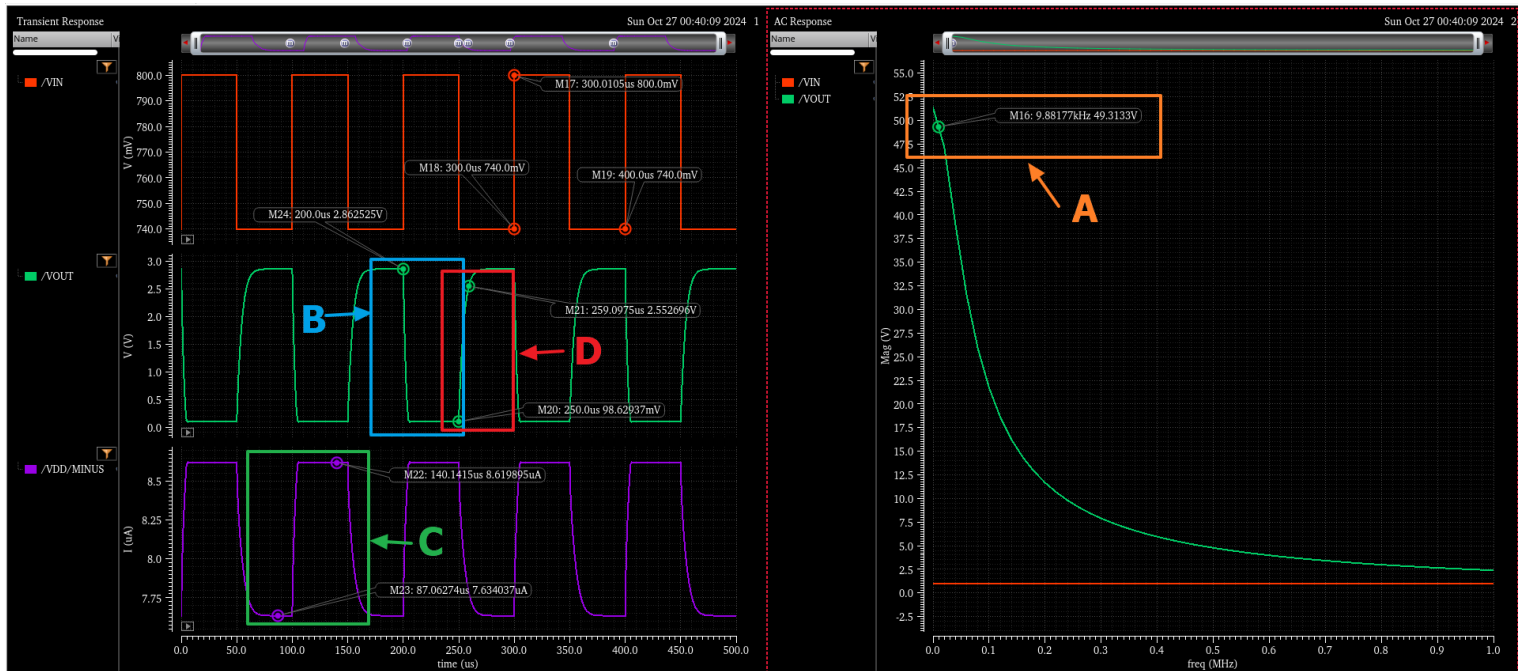
C 區塊：這裡是 linear region。

● Transient & AC response

➤ 參數設計

Design Variables		
	Name	Value
1	IB	1.85u
2	MN1_MOS_L	515n
3	MN1_MOS_W	3u
4	MP1_MOS_L	515n
5	MP1_MOS_W	3u
6	MP2_MOS_L	500n
7	MP2_MOS_W	1u
8	VDD	3.3v
9	VIN_DC	0
10	VIN_pulse_FALL	6n
11	VIN_pulse_H	800m
12	VIN_pulse_L	740m
13	VIN_pulse_Peiod	100u
14	VIN_pulse_RISE	6n

➤ Simulation



A 區塊(計算 A_V) : V_{in} 是 1V，左邊模擬圖是用 V_{in_period} 100us = 10Khz，所以我的 $A_v=49.3133/1=49.3133(V/V)$

B 區塊(計算 V_{sw}) : $V_{sw}=V_{out_H}-V_{out_L}=2.8625-0.09862=2.76388V$

C 區塊(計算 P_{dd}) : $P_{dd} = V_{DD} * I_{DD} = 3.3 * ((8.61985 + 7.634) / 2) = 26.818 \mu W = 0.000026818W$

D 區塊(計算 S_t) : $S_t = \Delta V / \Delta T = (2.5526 - 0.09862) / (259.097 - 250) = 0.269757V/\mu s$

統計:

$$A_v = 49.3133 (V/V)$$

$$V_{sw} = 2.76388V$$

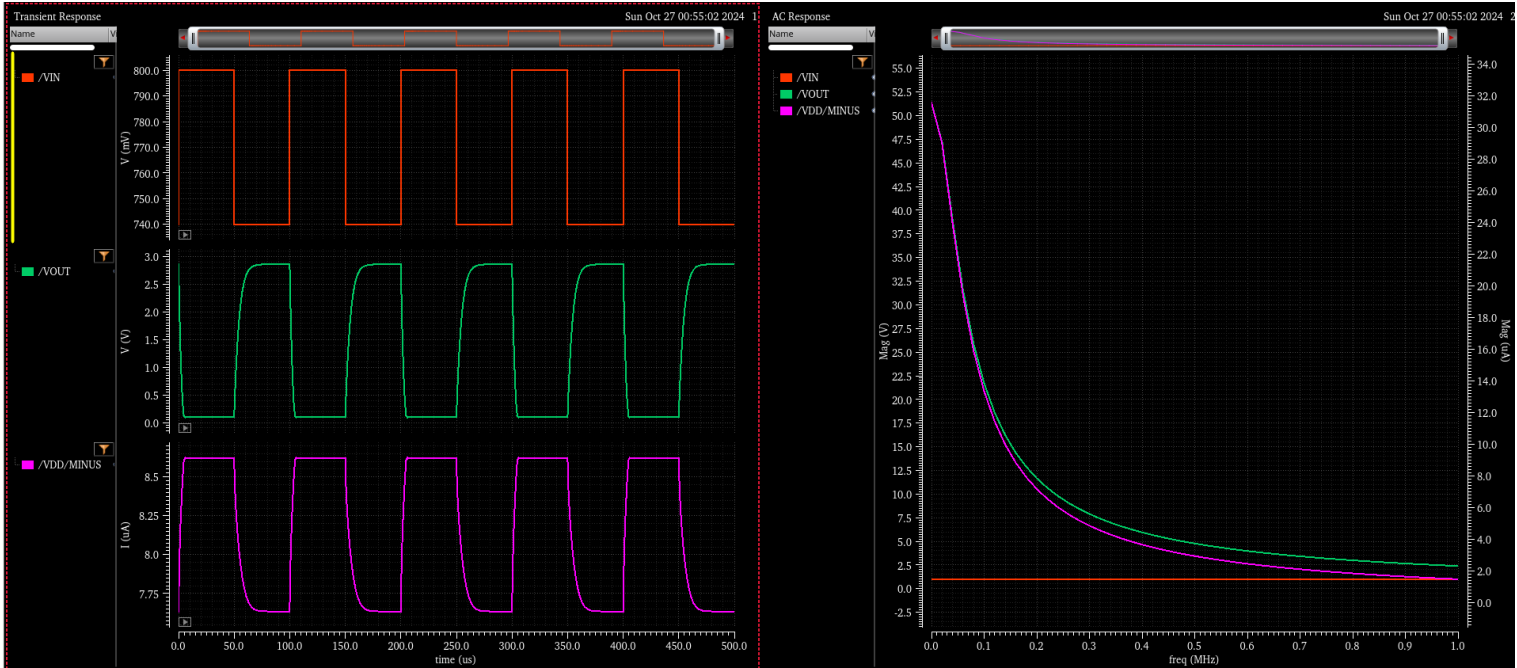
$$P_{dd} = 0.000026818W$$

$$S_t = 0.269757V/\mu s$$

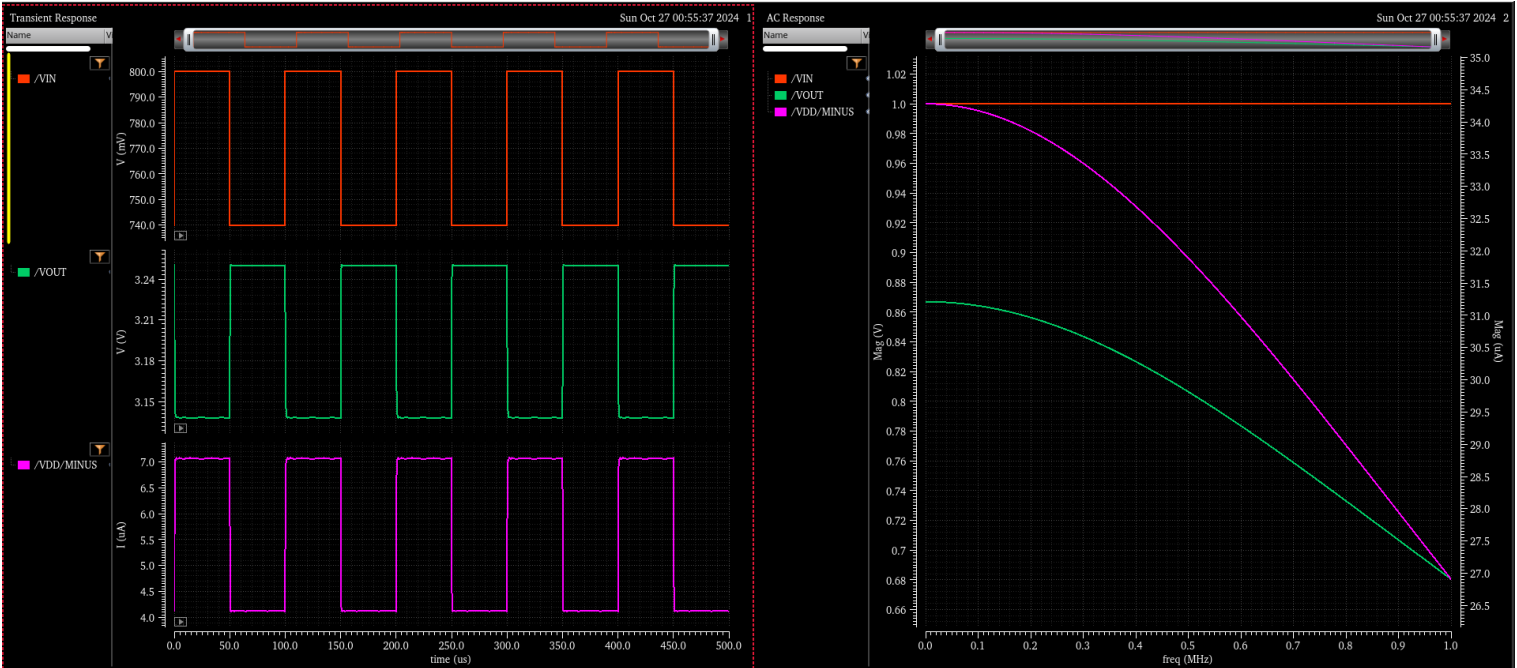
$FOM=49.3133 \times 2.76388 \times 0.269757 / 0.000026818=1370975$

Corner compare

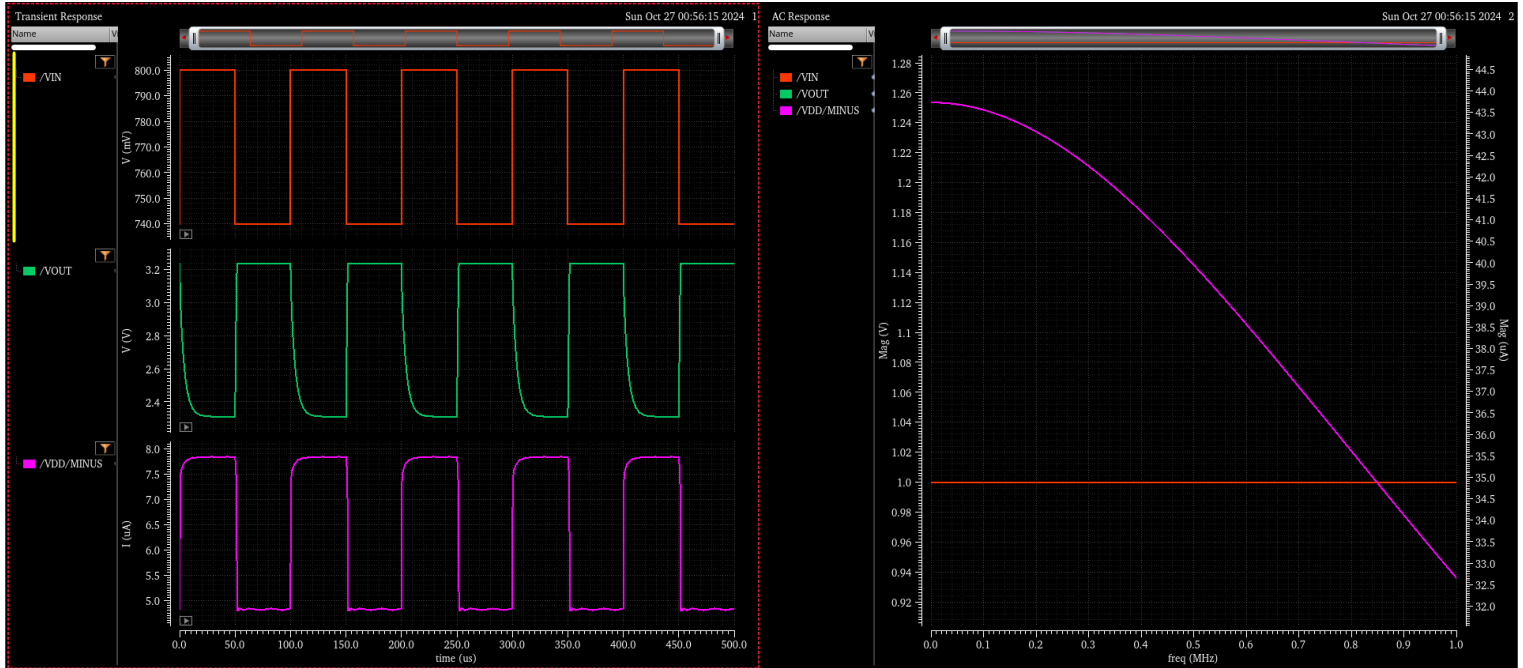
● TT



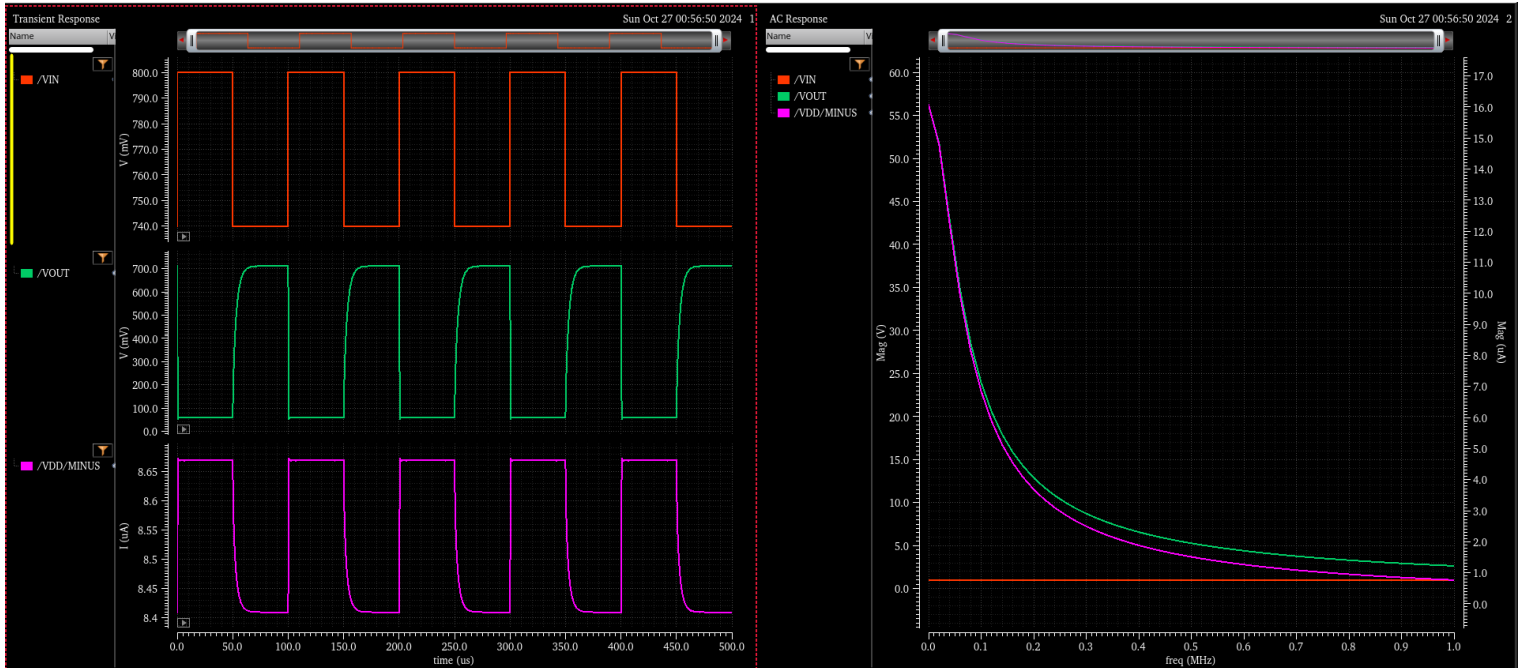
● SS

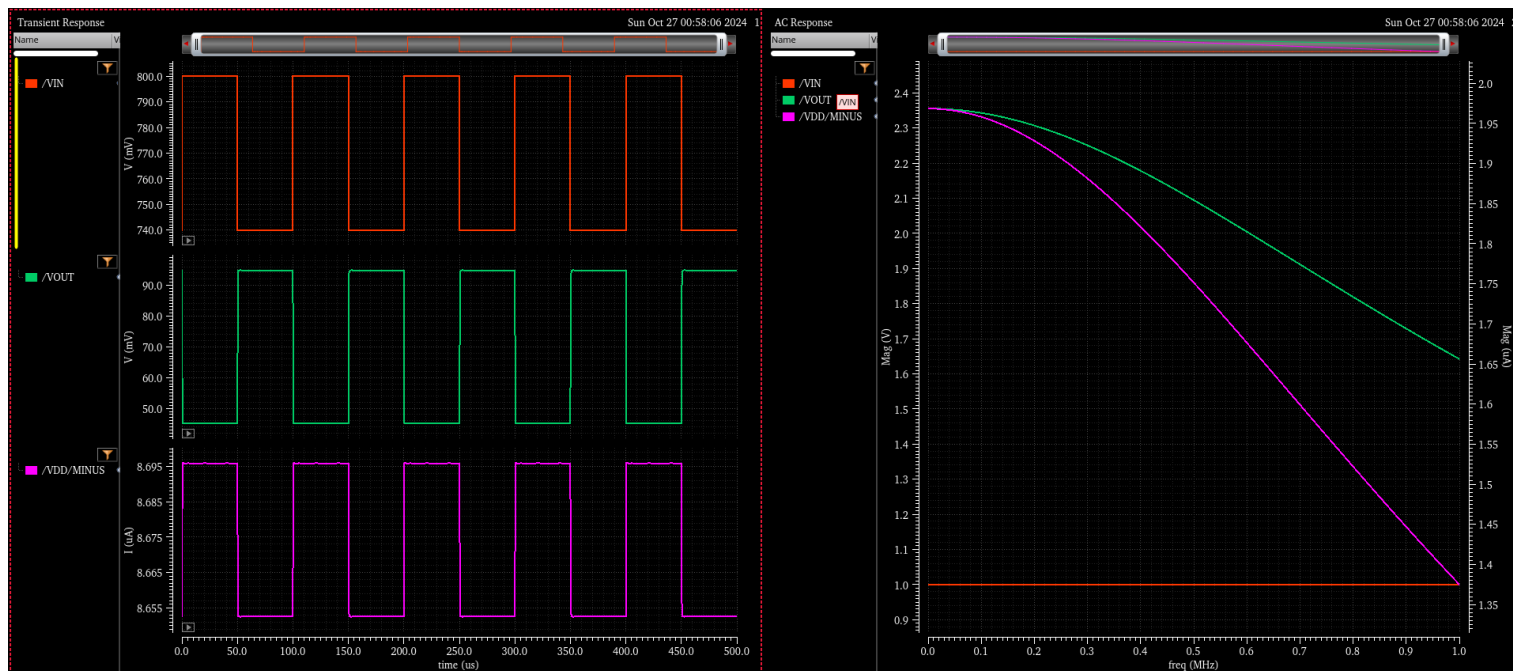


● SF



● FS





➤ 心得:

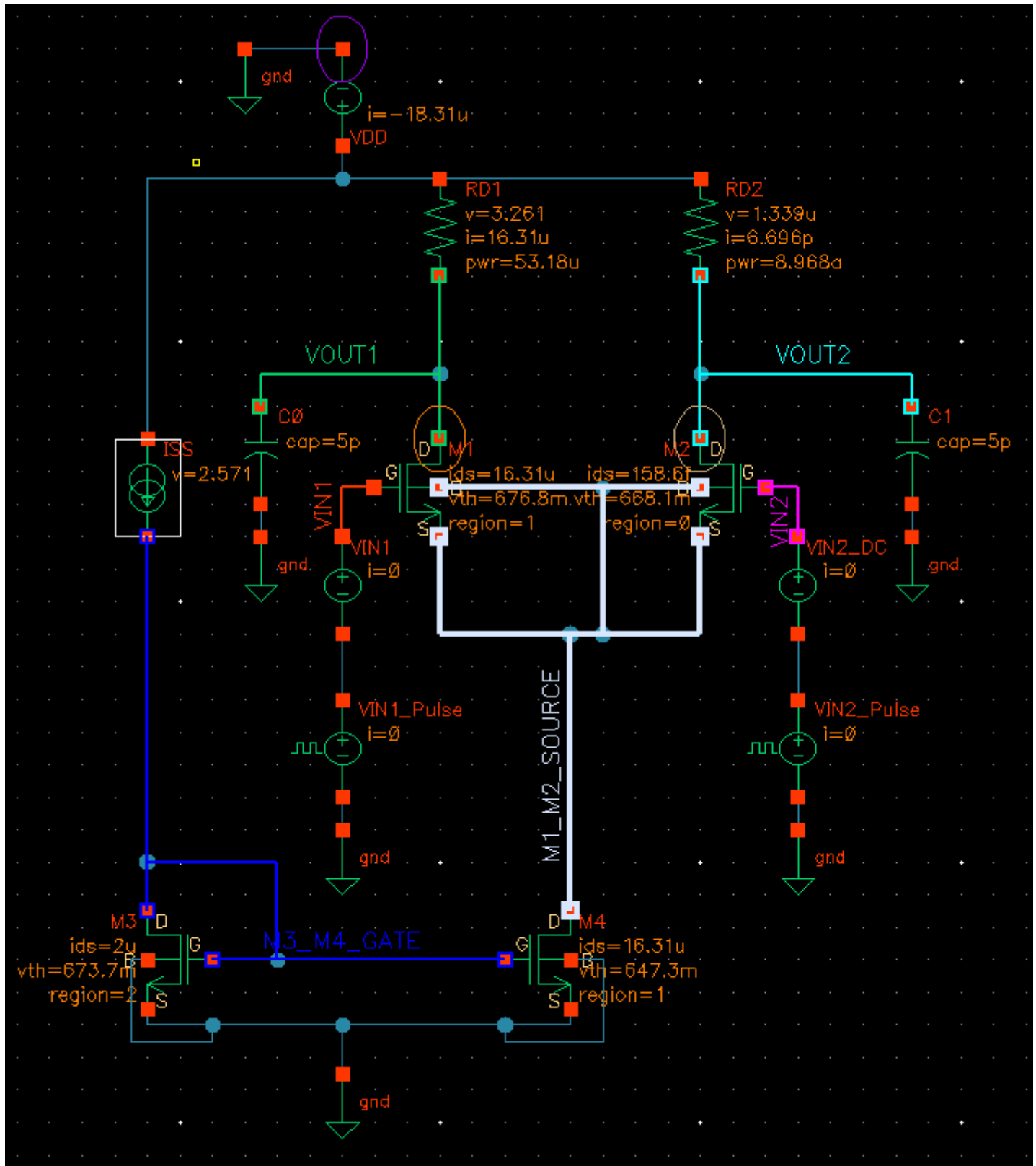
這一題跟前面兩題差異蠻大的，至少從 A_v 公式就知道了 ($A_v = 1/\lambda V_{ov}$)，基本上要從 V_{in} 去調整才能得到較大的 A_v 值。

至於 corner 部分，可以看到不同 corner 造成的 A_v 增益差異很大，其主要原因跟 ($A_v = 1/\lambda V_{ov}$) 中的 λ 相關，不像第一題第二題 A_v 跟 R_D 、 R_S ... 相關。

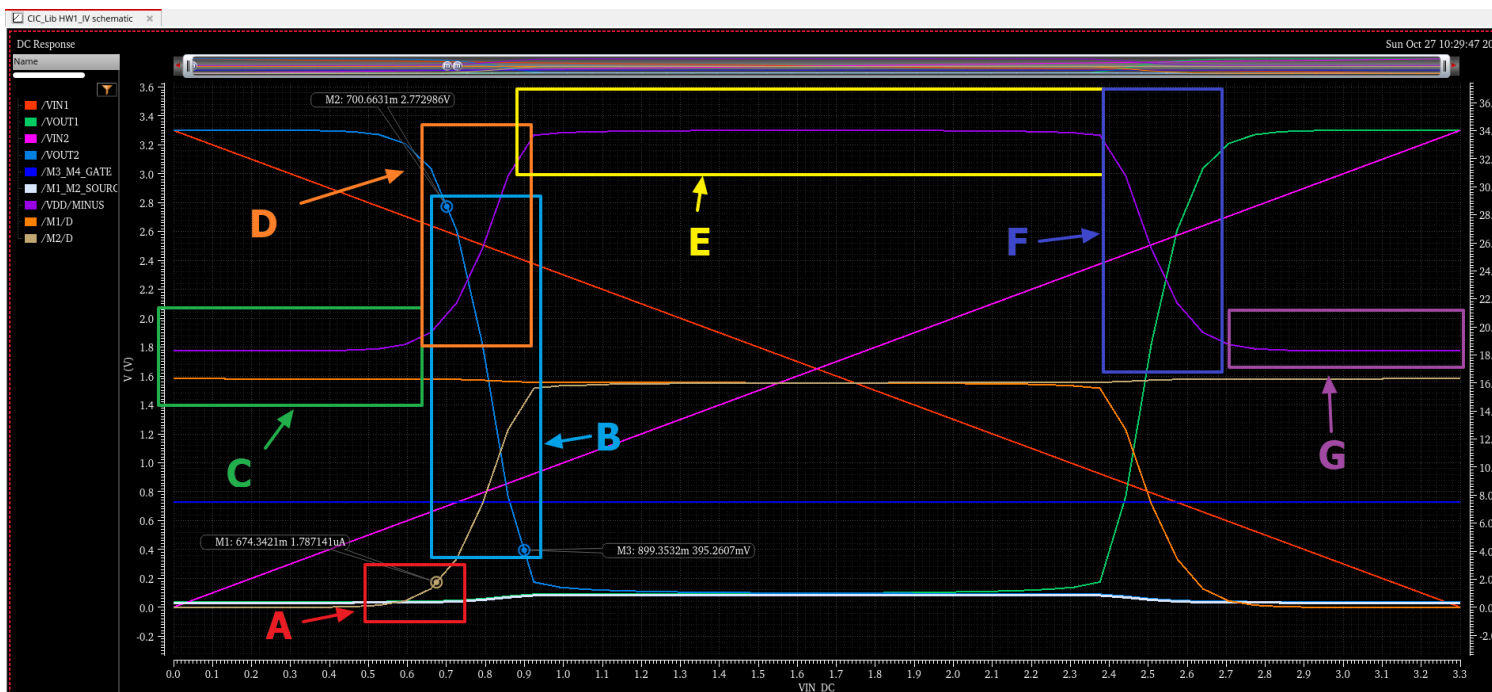
4. 第四題(IV)_ Differential amplifier

TT corner

- Schematic_DC operating points



- IV curve



A 區塊：因為 $V_{th}=676.8\text{mV}$ ，所以 A 區塊內都屬於 subthreshold region，會有漏電流的產生。

B 區塊：這裡是 saturation region，故後續 AC response 等實驗設定此 V_{in} 範圍($0.7\text{V}\sim 0.9\text{V}$)。

C~G 區塊：這裡做 V_{in} $0\sim 3.3\text{V}$ 的模擬，根據 VDD 的電流變化去判斷 M1、M2 的 region。

- ◆ C 區塊=>M1: Cut off ; M2: linear
- ◆ D 區塊=>M1: saturation ; M2: linear
- ◆ E 區塊=>M1: linear ; M2: linear
- ◆ F 區塊=>M1: linear ; M2: saturation
- ◆ G 區塊=>M1: linear ; M2: Cut off

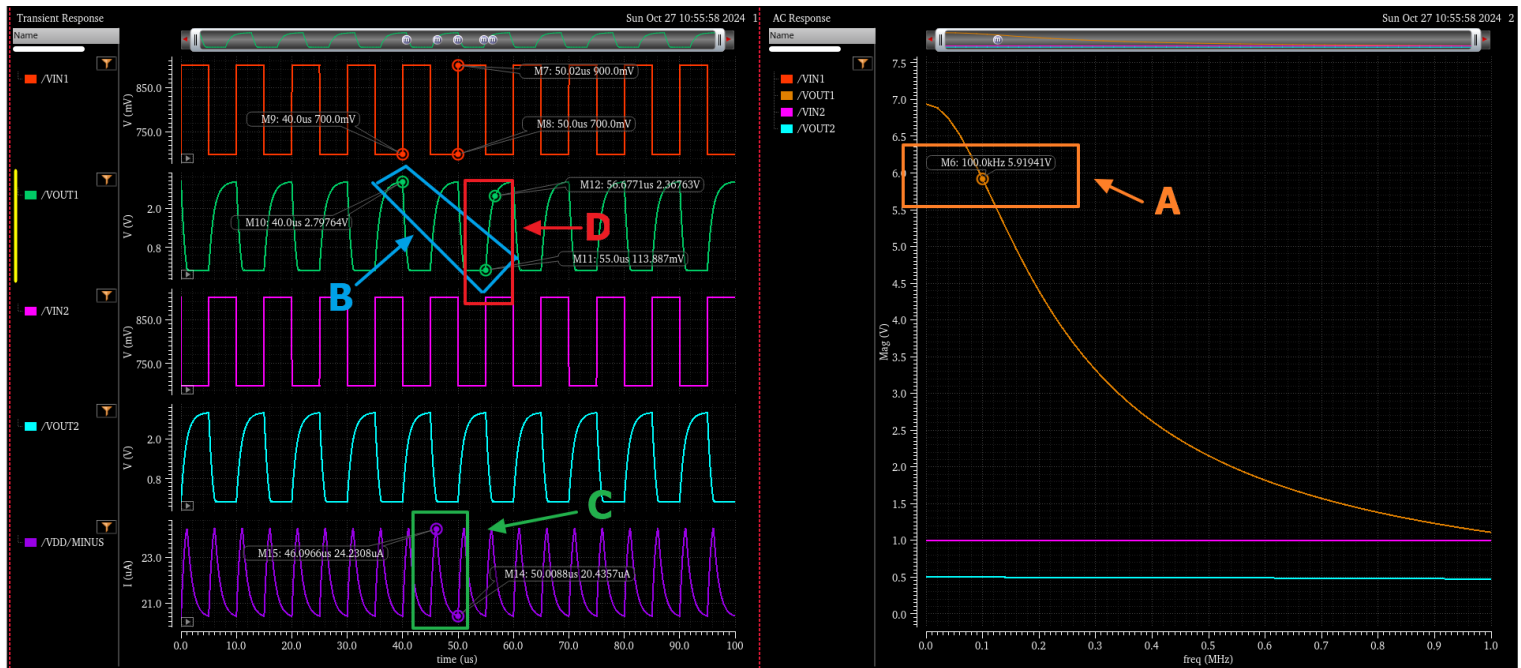
● Transient & AC response

➤ 參數設計

Design Variables

	Name	Value
1	VIN_DC_HV	0
2	VIN_DC	0
3	ISS	2u
4	M1_L	700n
5	M1_W	6u
6	M2_L	700n
7	M2_W	6u
8	M3_L	1u
9	M3_W	3u
10	M4_L	350n
11	M4_W	12u
12	RD1	200K
13	RD2	200K
14	VDD	3.3
15	VIN1_Pulse_Fall	20n
16	VIN1_Pulse_H	900m
17	VIN1_Pulse_L	700m
18	VIN1_Pulse_Period	10u
19	VIN1_Pulse_Rise	20n
20	VIN2_Pulse_Fall	20n
21	VIN2_Pulse_H	900m
22	VIN2_Pulse_L	700m
23	VIN2_Pulse_Period	10u
24	VIN2_Pulse_Rise	20n

➤ Simulation



A 區塊(計算 A_v) : V_{in} 是 1V，左邊模擬圖是用 V_{in_period} 10us = 100Khz，所以我的 $A_v = 5.9194/1 = 5.9194(V/V)$

B 區塊(計算 V_{sw}) : $V_{sw} = V_{out_H} - V_{out_L} = 2.79764 - 0.113887 = 2.683753V$

C 區塊(計算 P_{dd}) : $P_{dd} = V_{DD} * I_{DD} = 3.3 * ((24.2308 + 20.4357)/2) = 73.699\mu W = 0.000073699W$

D 區塊(計算 S_t) : $S_t = \Delta V / \Delta T = (2.3676 - 0.11388) / (56.677 - 55) = 1.343899V/\mu s$

統計:

$$A_v = 5.9194 (V/V)$$

$$V_{sw} = 2.683753V$$

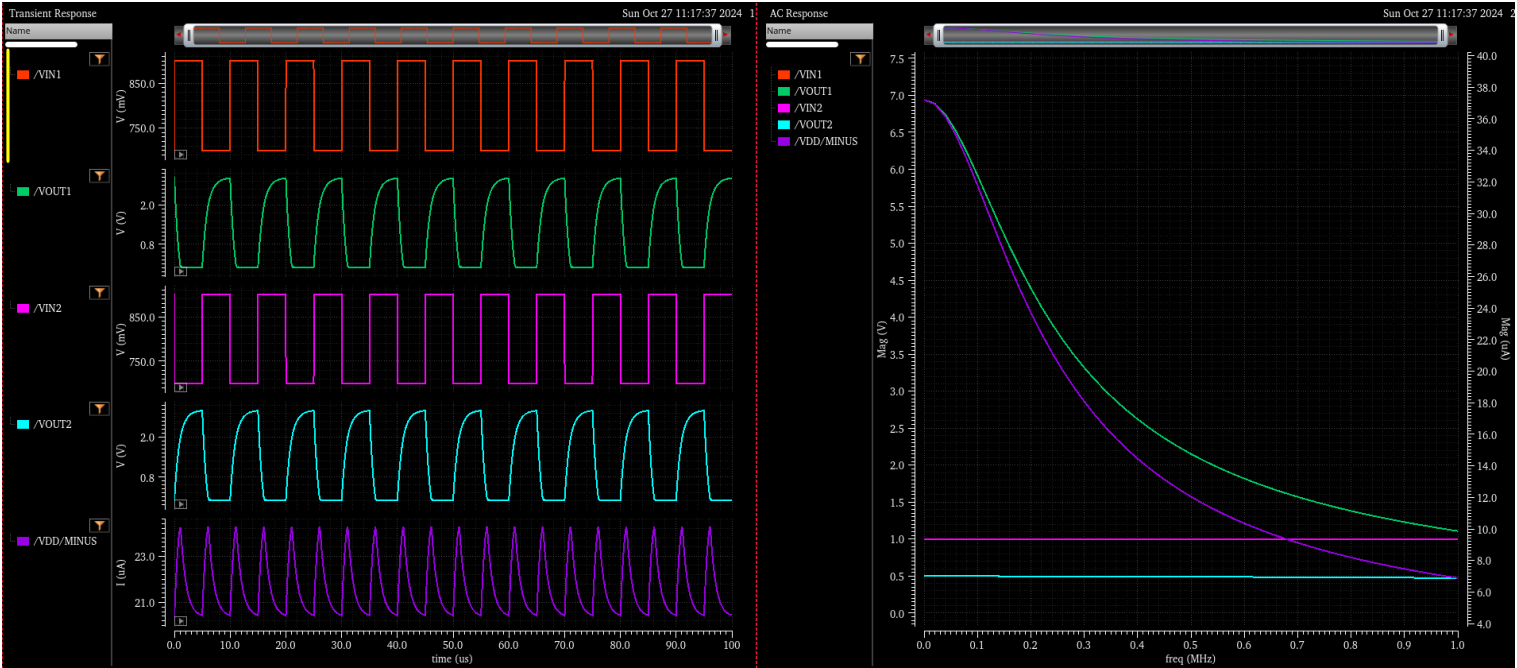
$$P_{dd} = 0.000073699W$$

$$S_t = 1.343899V/\mu s$$

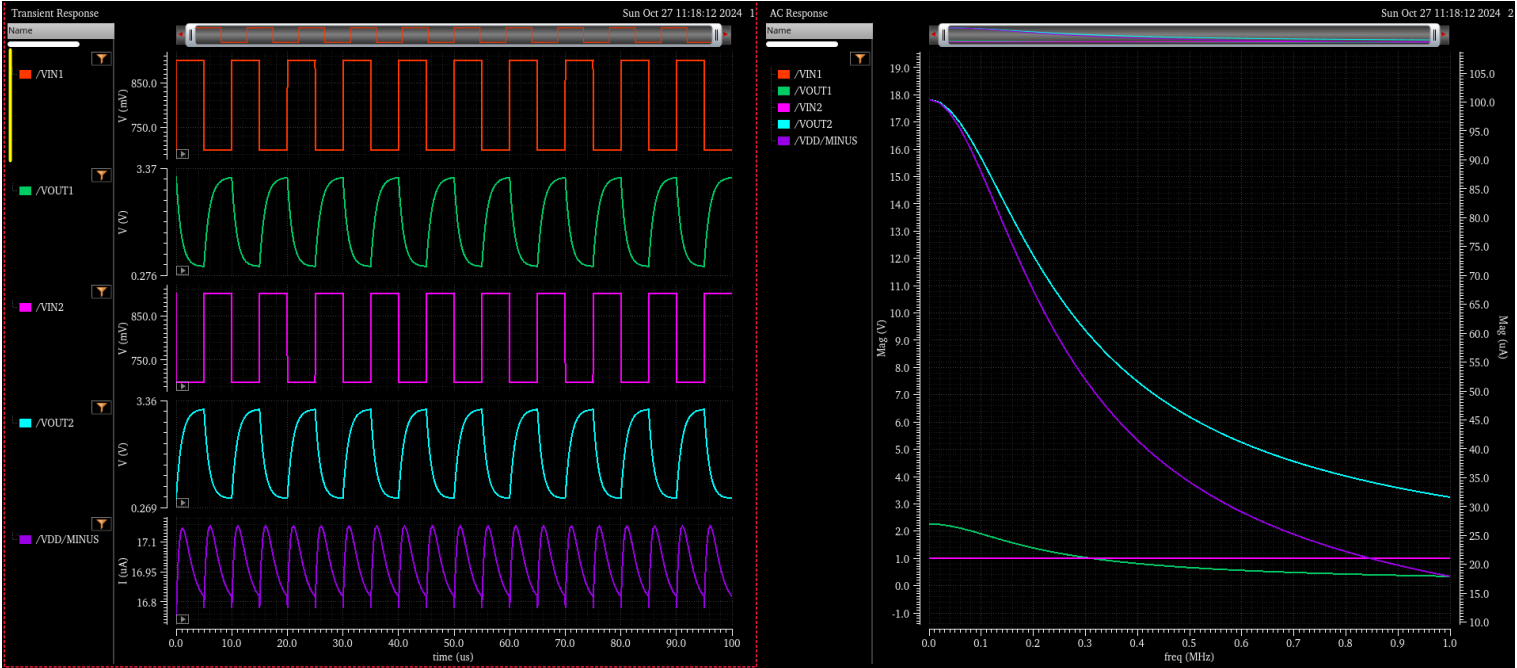
FOM=5.9194 *2.683753*1.343899/0.000073699=289684

Corner compare

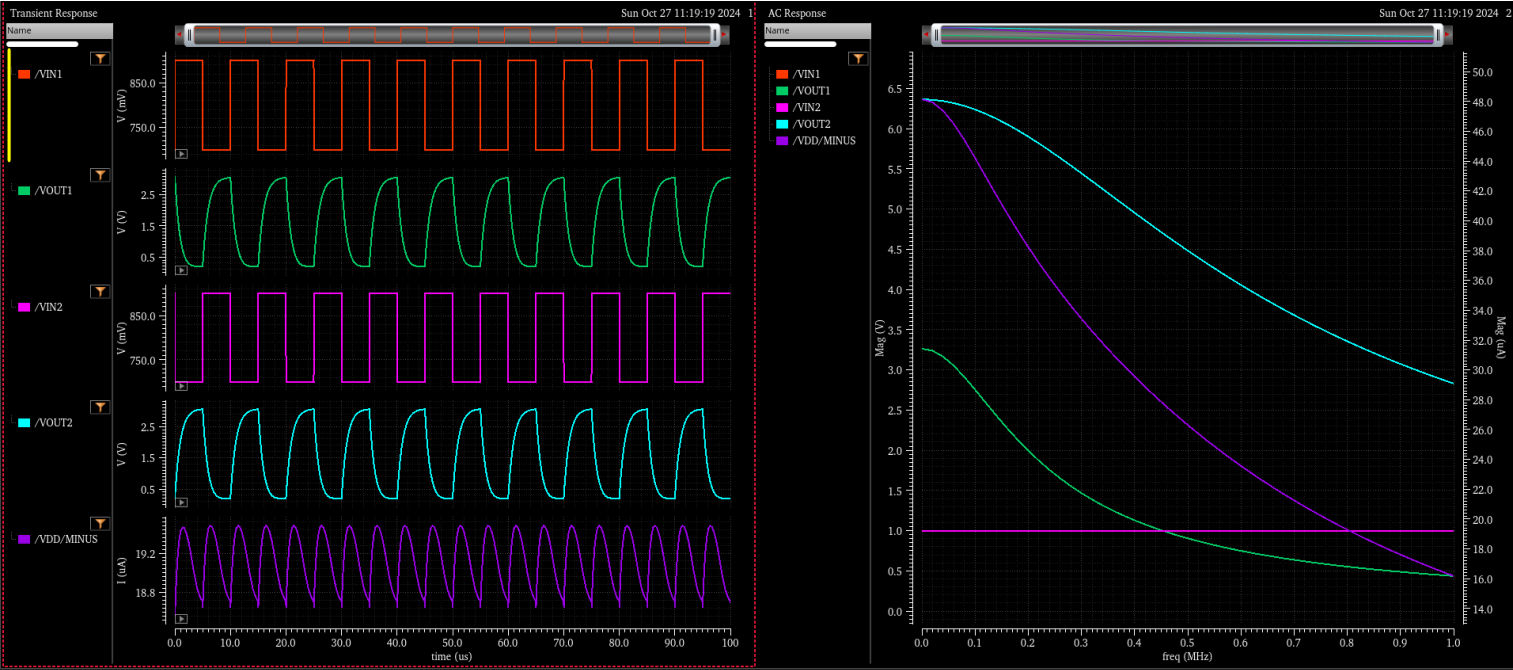
● TT



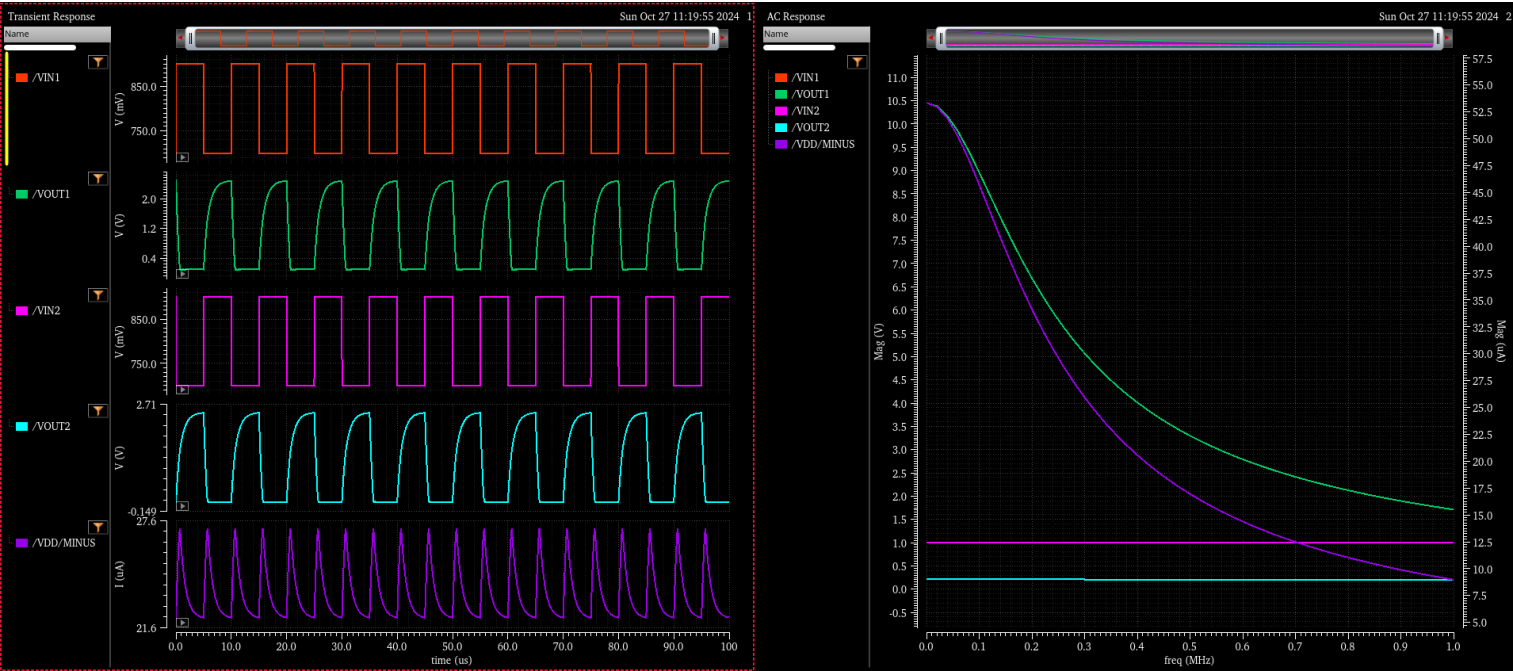
● SS

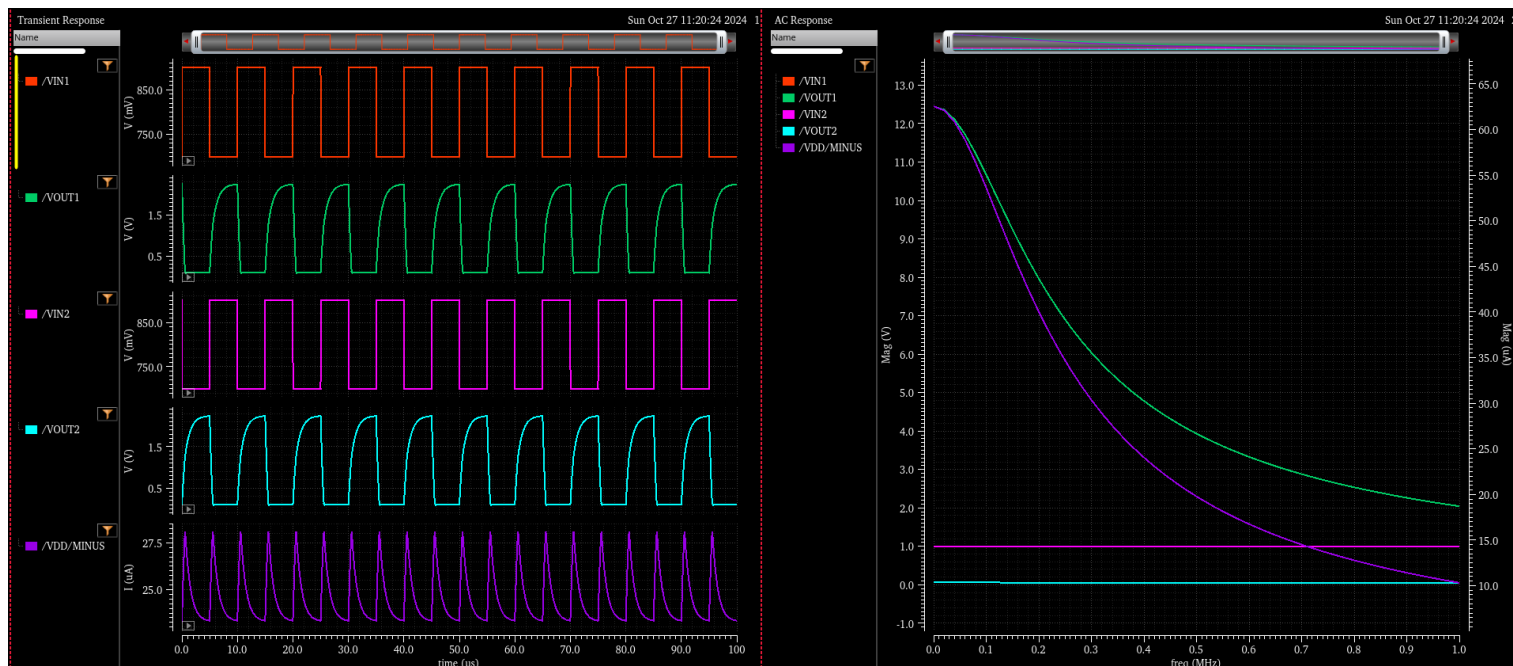


● SF



● FS





➤ 心得:

蠻意外的，SS corner 反而是增益最高的，因為電路都是 NMOS，我以為會是 FS 或 FF 會是增益最高的。這題我算是沒有太仔細去思考每個效應的影響，時間不太夠，所以先用暴力解法(一直帶值去模擬)。這次作業前 3 題我都有用 Excel 大概算出來理論值，但是跟實際模擬跑出來的有很大的誤差，雖然有些計算錯誤是因為我找不到製程的參數值像是 c_{ox} 、 μ_n 、 λ 之類的，只能用模擬去回推粗估值。所以期中考後會再回來看題目，去想哪些效應是我缺少考慮的，和如何找出參數值。