

ĐẠI HỌC GIAO THÔNG VẬN TẢI PHÂN HIỆU TPHCM



BÁO CÁO TỔNG KẾT

Môn học: Thiết kế IC

Giảng viên hướng dẫn: TS. Phạm Thanh Huyền

Sinh viên thực hiện: Ngô Huỳnh Quốc Huy

MSSV: 6251020057

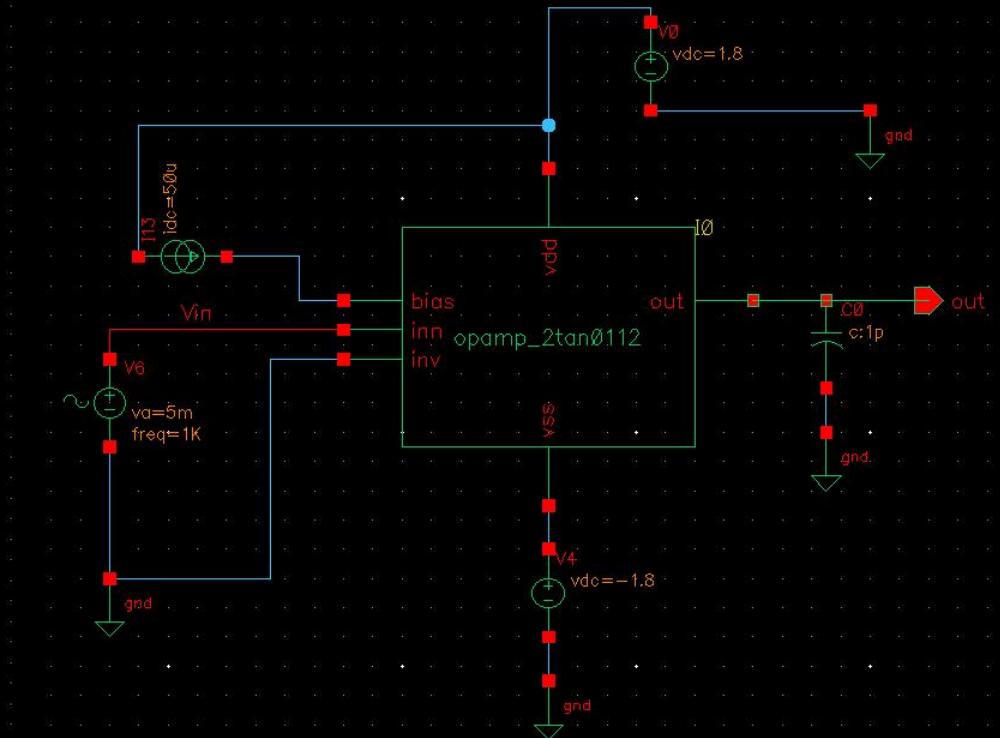
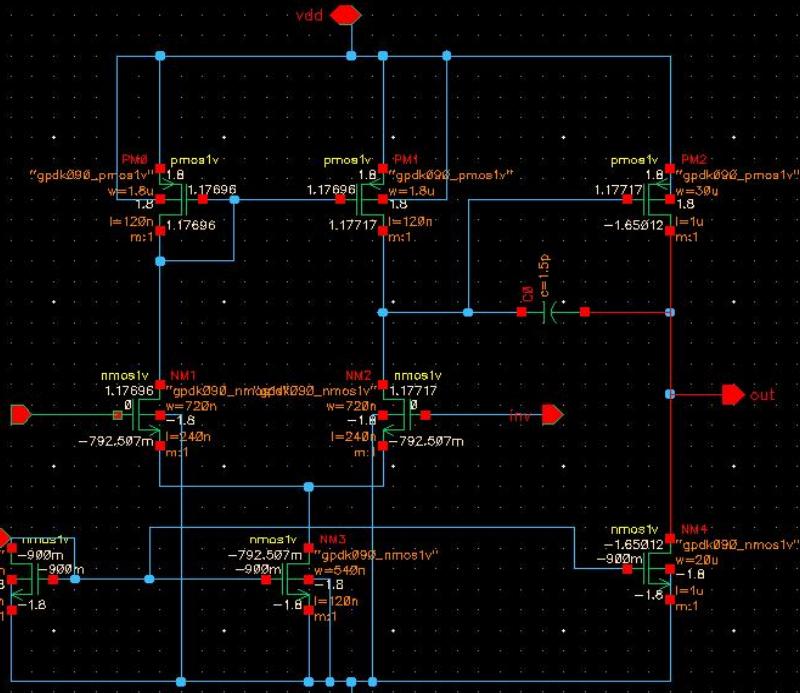
Lớp: CQ.62.KS.DTTH&CN



NỘI DUNG BÁO CÁO

- Xác định giá trị tối ưu để đạt kết quả theo yêu cầu
- Mục tiêu thiết kế mạch khuếch CMOS hai tầng (Two-Stage CMOS Operational Amplifier)
- Bổ sung sửa DC OFFSET

MẠCH TỔNG QUAN

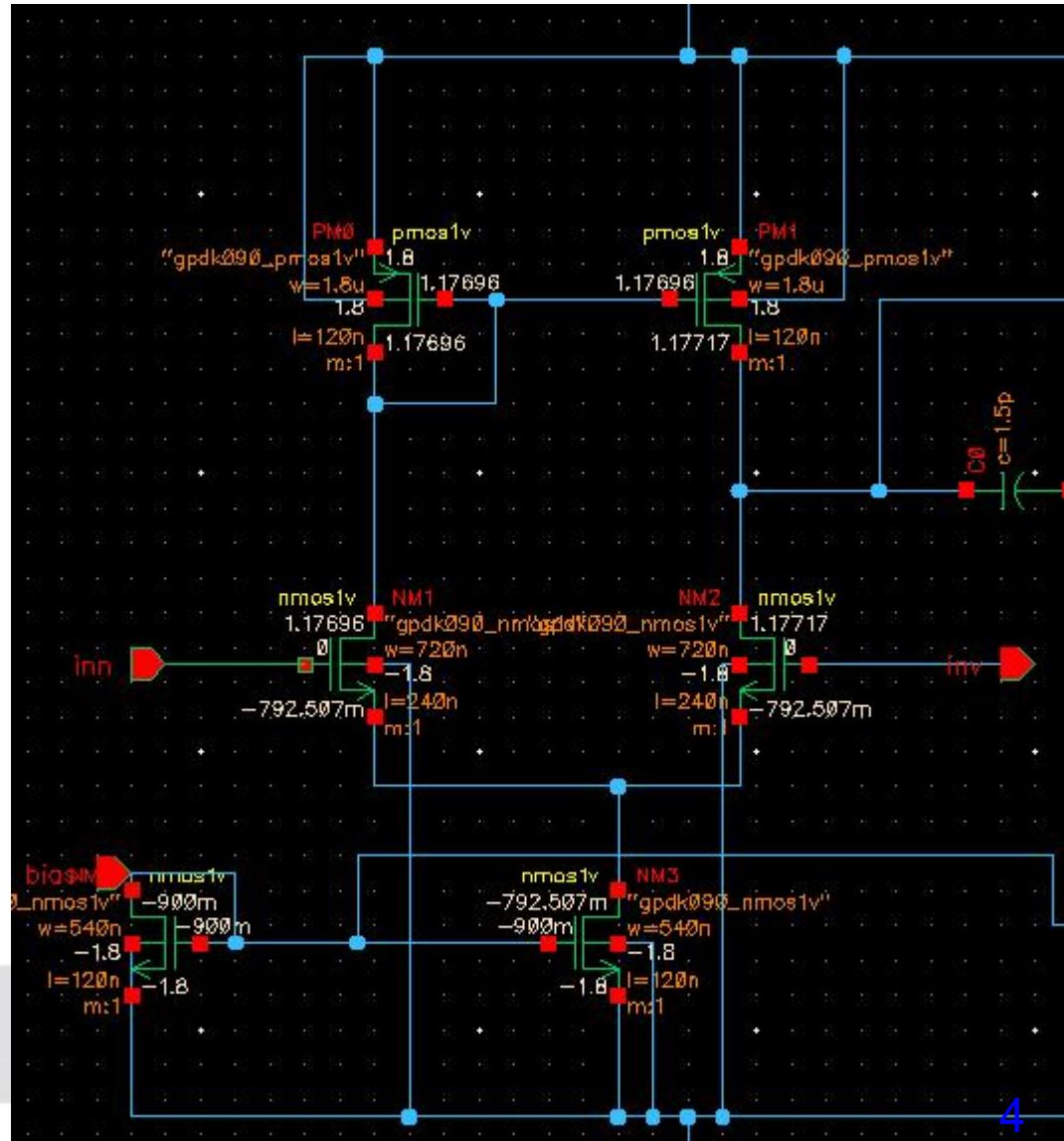


MẠCH TỔNG QUAN

NM3: Tạo dòng phân cực không đổi, giữ hoạt động tuyến tính và đối xứng.

PM0-PM1-NM1-NM2 (gương dòng): Tạo dòng chuẩn và phân phối dòng qua các nhánh khuếch đại phía trên.

NM1 :BIASN



MẠCH TỔNG QUAN

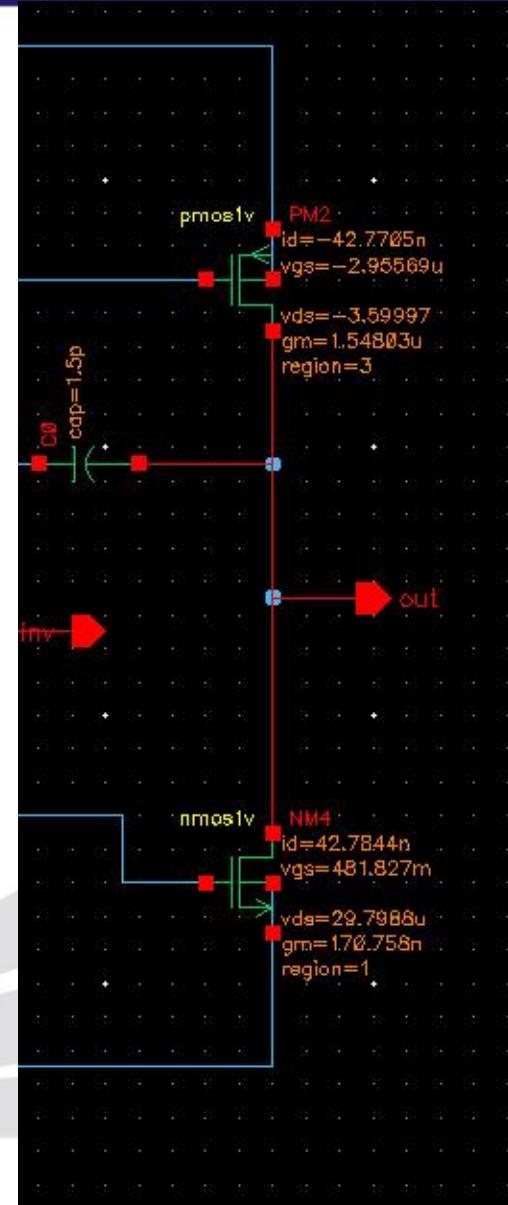
NM4 là phần tử khuếch đại chính. Khi Vin tăng → Vgs tăng → dòng Id tăng → điện áp tại ngõ ra giảm, tạo đảo pha 180° giữa đầu vào và đầu ra.

PMOS đóng vai trò tải chủ động, cung cấp dòng gần như không đổi, giúp độ khuếch đại lớn hơn so với dùng điện trở tải.

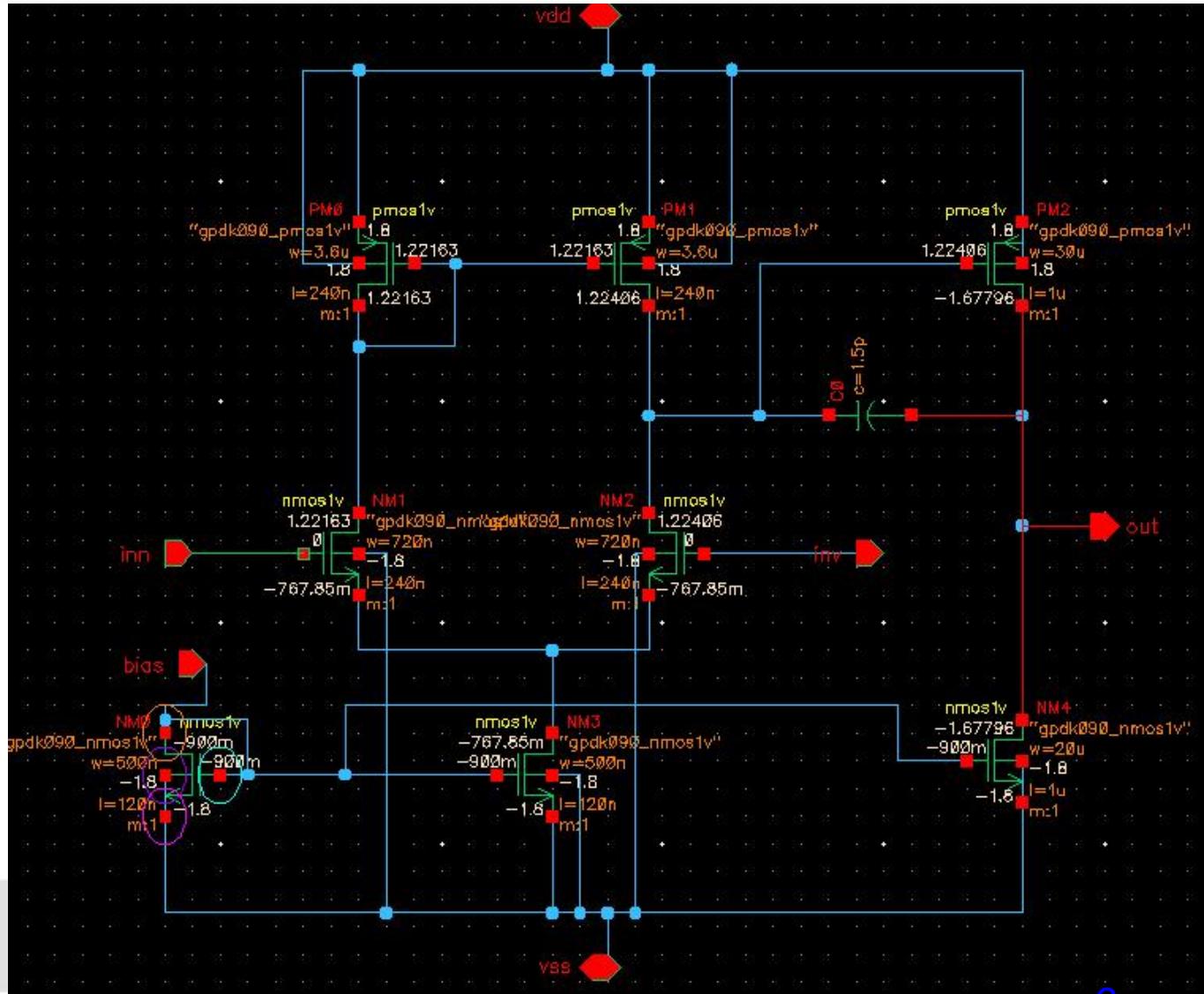
Để mạch khuếch đại tuyến tính, NMOS phải làm việc trong vùng bão hòa, tức là thỏa điều kiện:

$$VDS > VGS - V_{th}$$

Khi điều kiện này đúng, mạch cho tín hiệu ra sạch, tuyến tính và ít méo.



MẠCH TỔNG QUAN



MẠCH TỔNG QUAN

Symbol opamp_2tan0112 là dạng đóng gói của mạch khuếch đại vi sai CMOS.

Symbol có 6 chân:

inn: tín hiệu vào không đảo của cặp vi sai.

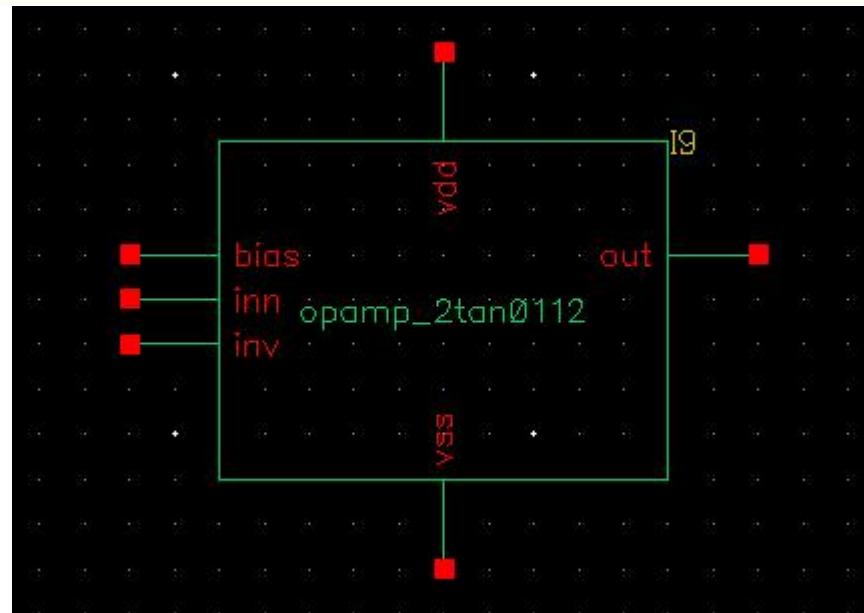
inv: tín hiệu vào đảo.

out: lấy tín hiệu khuếch đại từ tầng tải PMOS.

bias: phân cực nguồn dòng để thiết lập điểm làm việc.

vdd: nguồn dương của mạch.

vss: mass/nguồn âm.



ĐIỀU CHỈNH THÔNG SỐ NMOS, PMOS

NM1–NM2, chọn W lớn để tăng độ nhạy và khuếch đại . Với các mos phân cực như NM0 và NM3, chọn W/L nhỏ để tiết kiệm công suất. Những MOS nâng gain như NM4 và PM2 chọn L lớn để tăng điện trở ra và giúp mạch đạt độ lợi cao hơn. Các PMOS tải như PM0–PM1

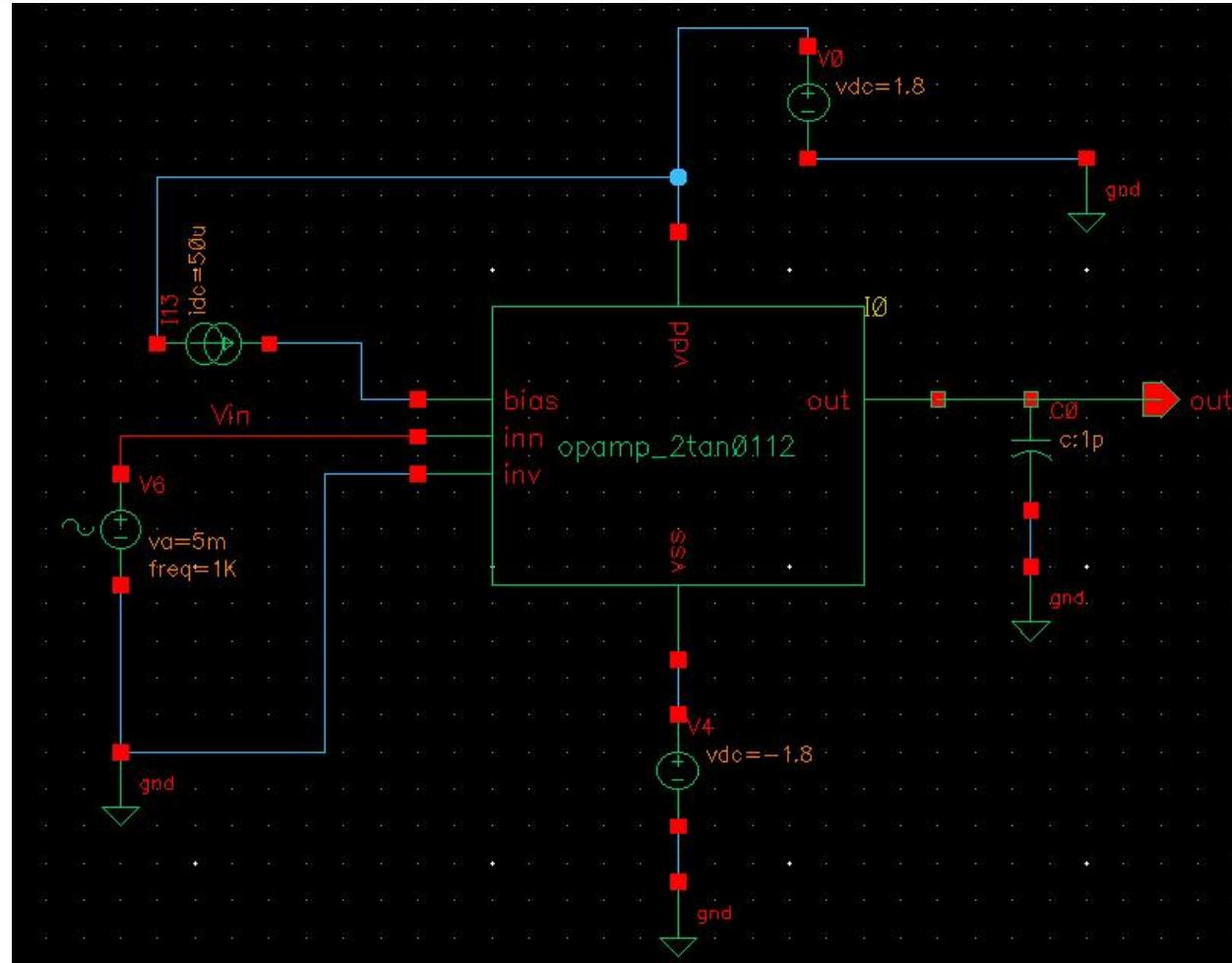
NMOS	W	L
NM0	0.5u	0.12u
NM1	0.72u	0.24u
NM2	0.72u	0.24u
NM3	0.5u	0.12u
NM4	20u	1u

PMOS	W	L
PM0	3.6u	0.24u
PM1	3.6u	0.24u
PM2	30u	1u

MẠCH SAU KHI ĐÓNG GÓI

V tạo điện áp thiên áp cho Biasn, Chân bias được cấp một mức phân cực DC cố định để thiết lập dòng hoạt động bên trong,
. Các nguồn VDD = 1.8 V và VSS = -1.8 V cung cấp môi trường hoạt động hai cực, đảm bảo headroom cho các transistor trong toàn bộ op-amp.

Tại ngõ ra, một tụ tải 2 pF được mắc xuống mass nhằm mô phỏng điện dung tải thực tế, đồng thời đánh giá khả năng đáp ứng tần số và ổn định của mạch sau khi đóng gói. 12/24/2025



THIẾT LẬP THÔNG SỐ BIAS VÀ VSIN

Edit Object Properties

Apply To	only current	instance	
Show	<input type="checkbox"/> system	<input checked="" type="checkbox"/> user	<input checked="" type="checkbox"/> CDF
<input type="button" value="Browse"/> <input type="button" value="Reset Instance Labels Display"/>			
Property	Value	Display	
Library Name	analogLib	off	off
Cell Name	idc	off	off
View Name	symbol	off	off
Instance Name	I15	off	off
<input type="button" value="Add"/> <input type="button" value="Delete"/> <input type="button" value="Modify"/>			
User Property	Master Value	Local Value	Display
lvsgnore	TRUE	off	off
<input type="button" value="Add"/> <input type="button" value="Delete"/> <input type="button" value="Modify"/>			
CDF Parameter	Value	Display	
Noise file name		off	off
Number of noise/freq pairs	0	off	off
DC current	20u A	off	off
AC magnitude		off	off
AC phase		off	off
Multiplier		off	off
Temperature coefficient 1		off	off
Temperature coefficient 2		off	off
Nominal temperature		off	off
XF magnitude		off	off
PAC magnitude		off	off

OK **Cancel** **Apply** **Defaults** **Previous** **Next** **Help**

Edit Object Properties

User Property	Master Value	Local Value	Display
lvsgnore	TRUE		off
<input type="button" value="Add"/> <input type="button" value="Delete"/> <input type="button" value="Modify"/>			
CDF Parameter	Value	Display	
First frequency name		off	off
Second frequency name		off	off
Noise file name		off	off
Number of noise/freq pairs	0	off	off
DC voltage		off	off
AC magnitude	1 V	off	off
AC phase		off	off
XF magnitude		off	off
PAC magnitude		off	off
PAC phase		off	off
Delay time		off	off
Offset voltage		off	off
Amplitude	5m V	off	off
Initial phase for Sinusoid		off	off
Frequency	1K Hz	off	off
Amplitude 2		off	off
Initial phase for Sinusoid 2		off	off
Frequency 2		off	off
FM modulation index		off	off
FM modulation frequency		off	off
AM modulation index		off	off

OK **Cancel** **Apply** **Defaults** **Previous** **Next** **Help**

CỬA SỔ PHÂN TÍCH DC, AC, TRAN

Choosing Analyses -- ADE L (1)

Analysis	<input checked="" type="radio"/> tran	<input type="radio"/> dc	<input type="radio"/> ac	<input type="radio"/> noise
	<input type="radio"/> xf	<input type="radio"/> sens	<input type="radio"/> dcmatch	<input type="radio"/> acmatch
	<input type="radio"/> stb	<input type="radio"/> pz	<input type="radio"/> lf	<input type="radio"/> sp
	<input type="radio"/> envlp	<input type="radio"/> pss	<input type="radio"/> pac	<input type="radio"/> pstb
	<input type="radio"/> pnoise	<input type="radio"/> pxf	<input type="radio"/> psp	<input type="radio"/> qpss
	<input type="radio"/> qpac	<input type="radio"/> qnoise	<input type="radio"/> qpxf	<input type="radio"/> qpsp
	<input type="radio"/> hb	<input type="radio"/> hbac	<input type="radio"/> hbstb	<input type="radio"/> hbnoise
	<input type="radio"/> hbsp	<input type="radio"/> hbx		

Transient Analysis

Stop Time

Accuracy Defaults (errpreset)

conservative moderate liberal

Transient Noise

Dynamic Parameter

Enabled

Options...

OK **Cancel** **Defaults** **Apply** **Help**

Choosing Analyses -- ADE L (10)

Analysis	<input type="radio"/> tran	<input type="radio"/> dc	<input checked="" type="radio"/> ac	<input type="radio"/> noise
	<input type="radio"/> xf	<input type="radio"/> sens	<input type="radio"/> dcmatch	<input type="radio"/> acmatch
	<input type="radio"/> stb	<input type="radio"/> pz	<input type="radio"/> lf	<input type="radio"/> sp
	<input type="radio"/> envlp	<input type="radio"/> pss	<input type="radio"/> pac	<input type="radio"/> pstb
	<input type="radio"/> pnoise	<input type="radio"/> pxf	<input type="radio"/> psp	<input type="radio"/> qpss
	<input type="radio"/> qpac	<input type="radio"/> qnoise	<input type="radio"/> qpxf	<input type="radio"/> qpsp
	<input type="radio"/> hb	<input type="radio"/> hbac	<input type="radio"/> hbstb	<input type="radio"/> hbnoise
	<input type="radio"/> hbsp	<input type="radio"/> hbx		

AC Analysis

Sweep Variable

Frequency

Design Variable

Temperature

Component Parameter

Model Parameter

None

Sweep Range

Start-Stop

Center-Span

Start Stop

Sweep Type

Logarithmic

Points Per Decade

Number of Steps

Add Specific Points

Specialized Analyses

Enabled

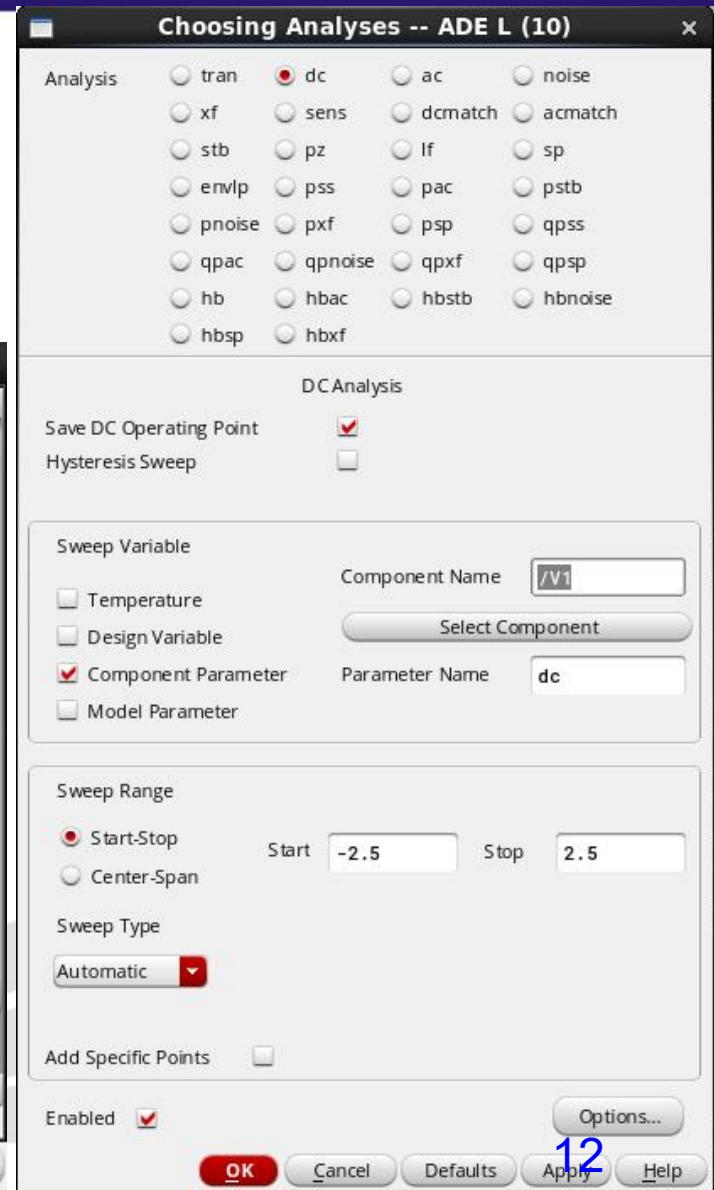
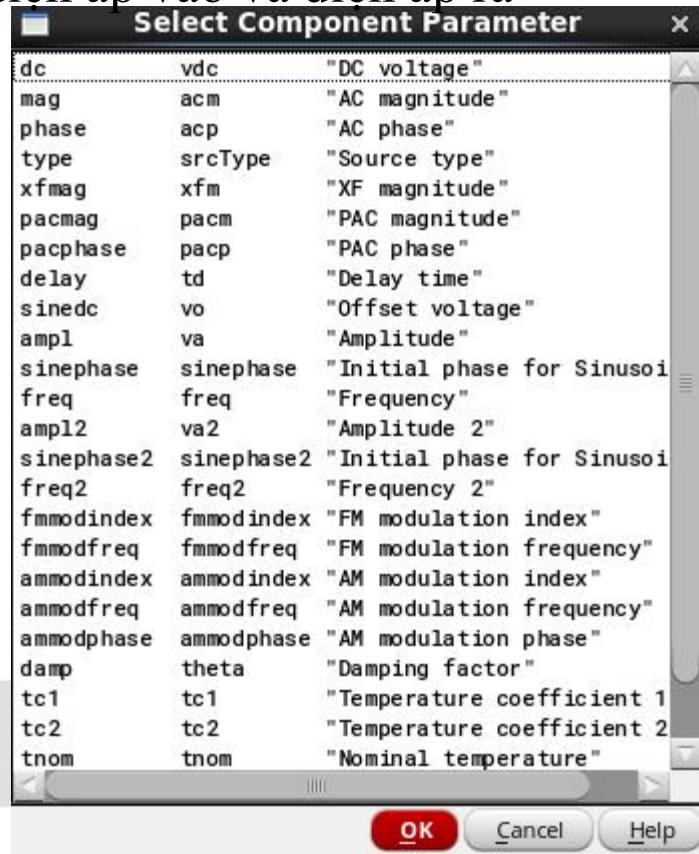
Options...

OK **Cancel** **Defaults** **Apply** **Help**

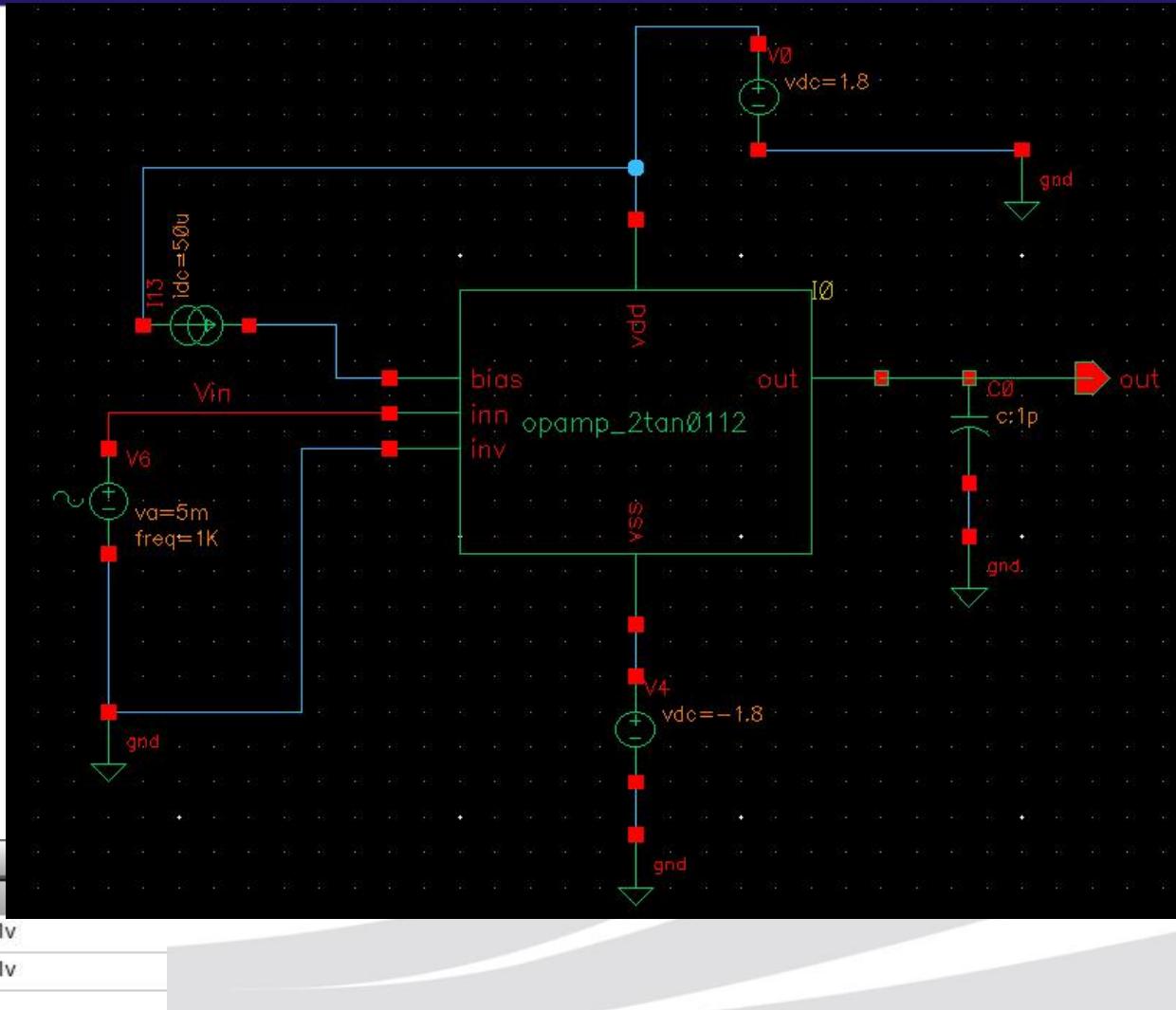
CỬA SỔ PHÂN TÍCH DC, AC, TRAN

Để thực hiện phân tích DC, tham số được quét là giá trị DC (dc) của nguồn tín hiệu VSIN.

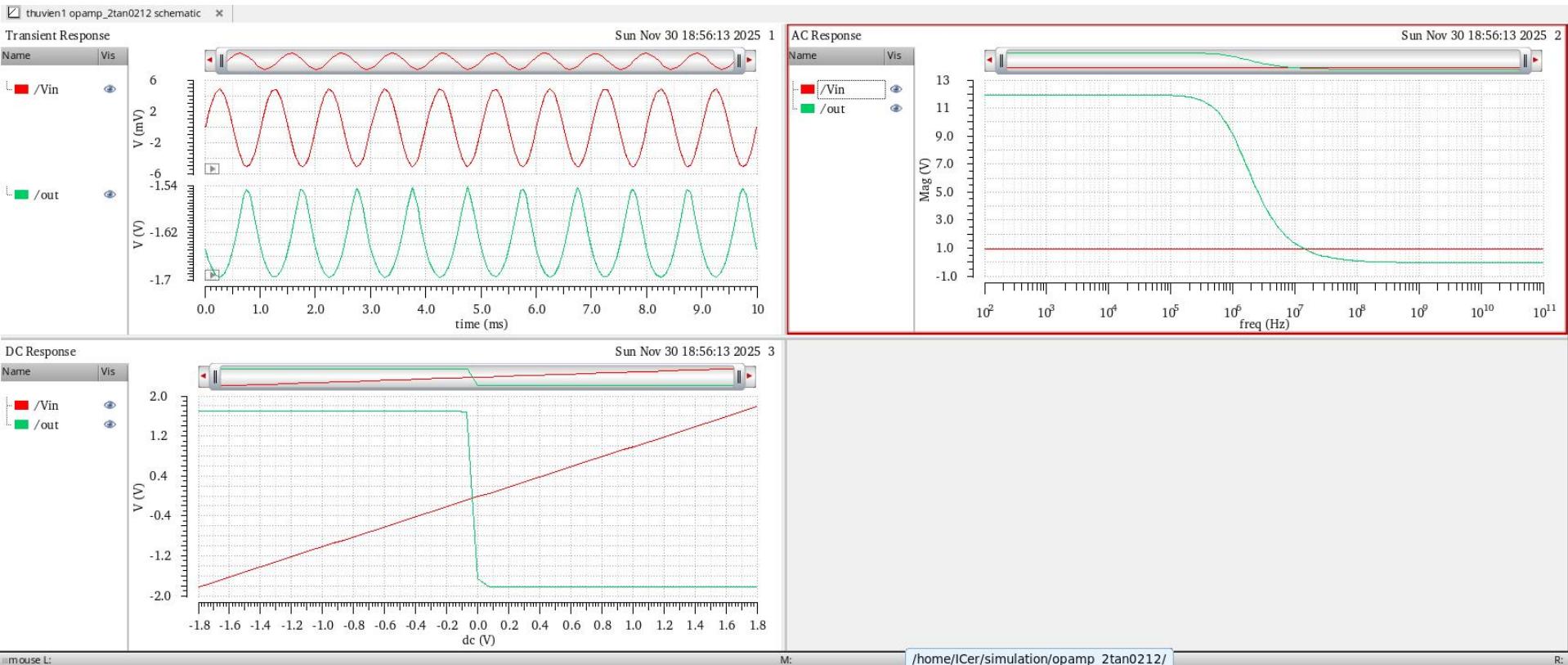
Trong cửa sổ Select Component Parameter, tham số dc của nguồn V1 được chọn, cho phép khảo sát quan hệ giữa điện áp vào và điện áp ra của mạch khuếch đại.



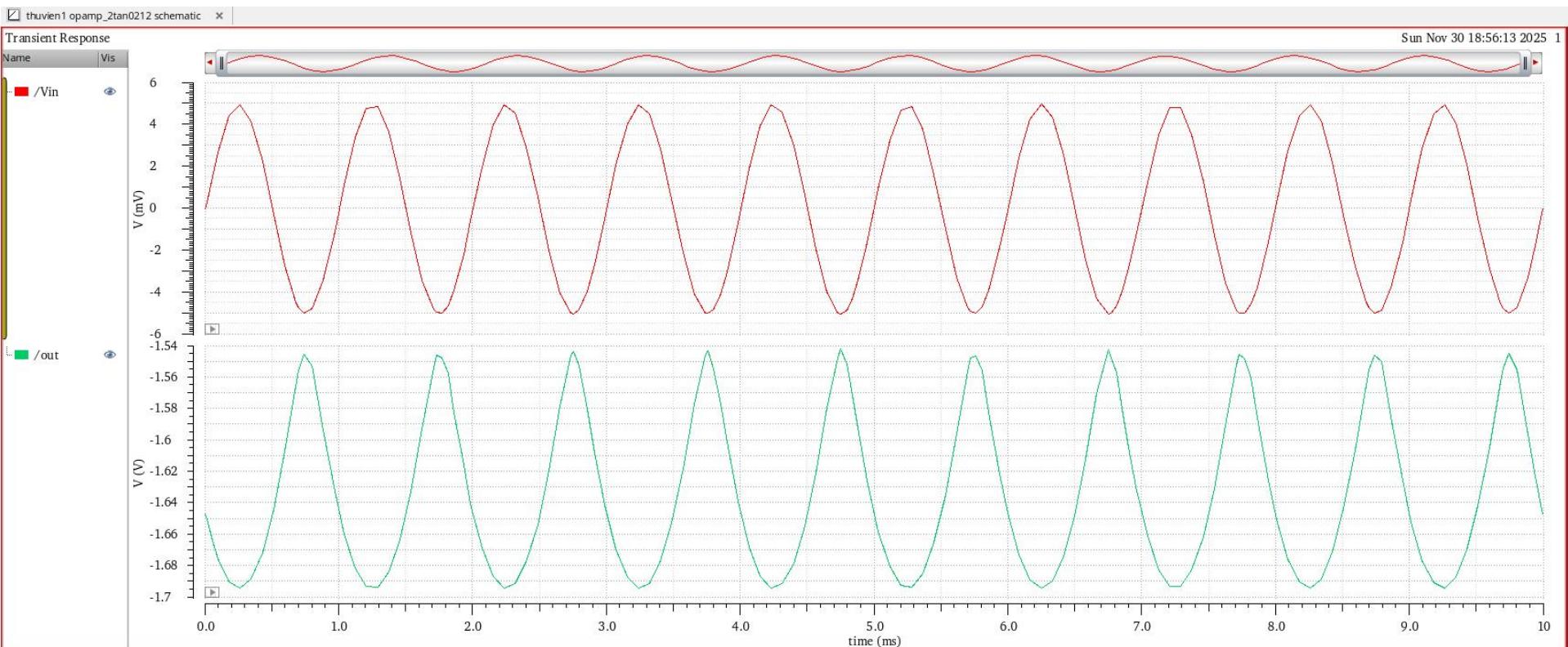
CHỌN ĐIỂM PHÂN TÍCH



KẾT QUẢ



PHÂN TÍCH CHẠY TRẠM





PHÂN TÍCH CHẠY TRAN

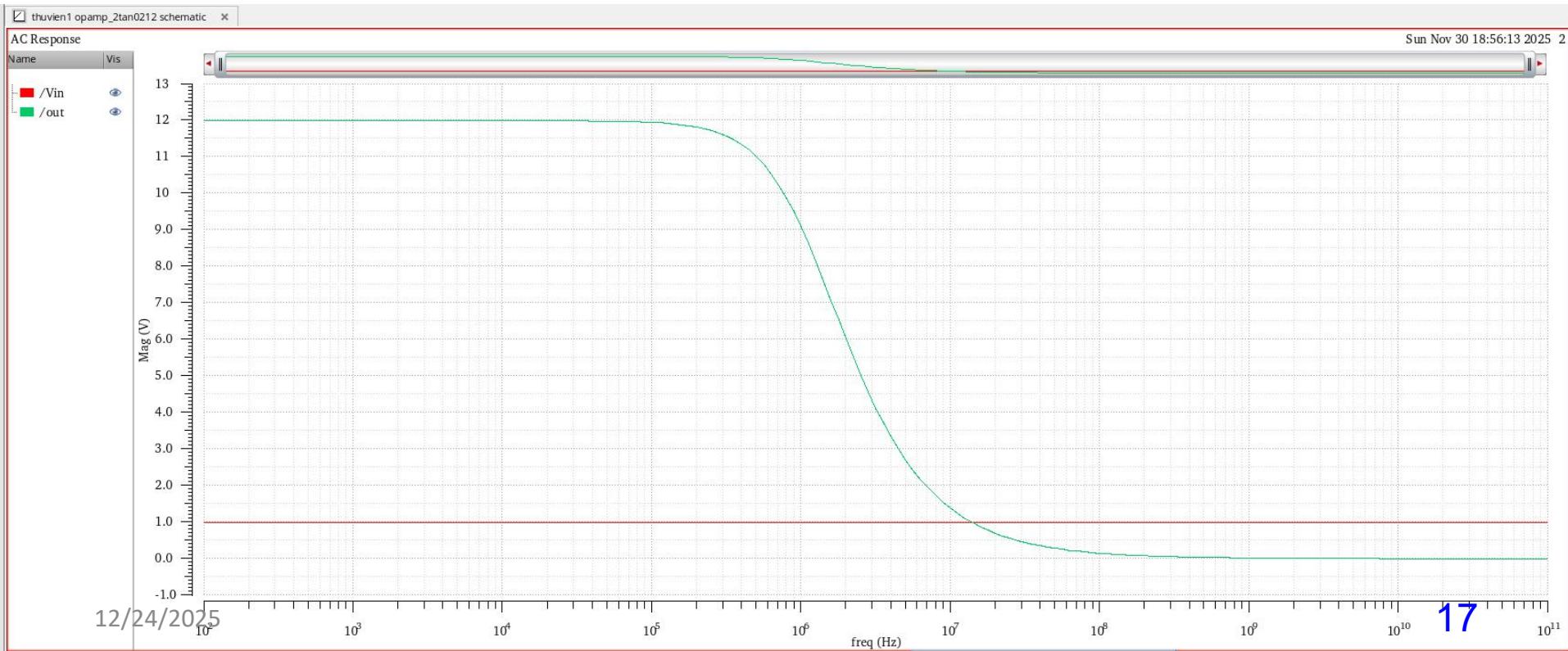
Quan sát dạng sóng cho thấy khi Vin đạt cực đại thì Vout lại rơi vào vùng cực tiêu và ngược lại. Điều này chứng tỏ tín hiệu ngõ ra bị đảo pha 180 độ so với ngõ vào, phù hợp với đặc tính của cấu trúc khuếch đại kiểu common-source. Mức DC của Vout xấp xỉ -1.63 V, cho thấy điểm phân cực DC ổn định và tín hiệu xoay chiều chỉ dao động nhỏ quanh giá trị này. Kết quả mô phỏng miền thời gian (TRAN) xác nhận mạch hoạt động trong vùng tuyến tính với độ lợi khoảng 12 và có đáp ứng đảo pha đúng như lý thuyết.

PHÂN TÍCH CHẠY AC

Gain biên độ

$$Av = |V_{out}/V_{in}|$$

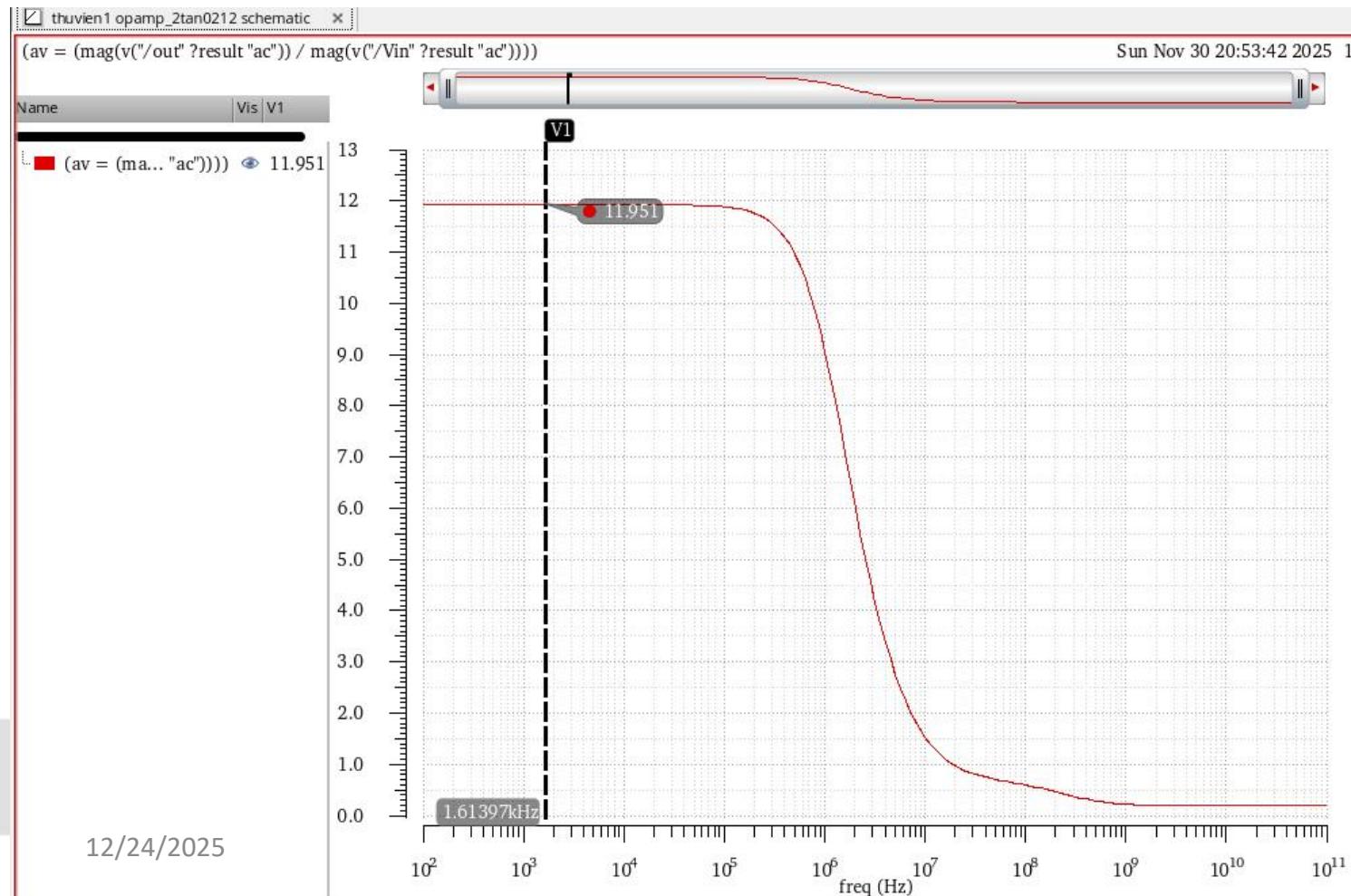
$$dB = 20 \log(Av)$$



PHÂN TÍCH CHẠY AC

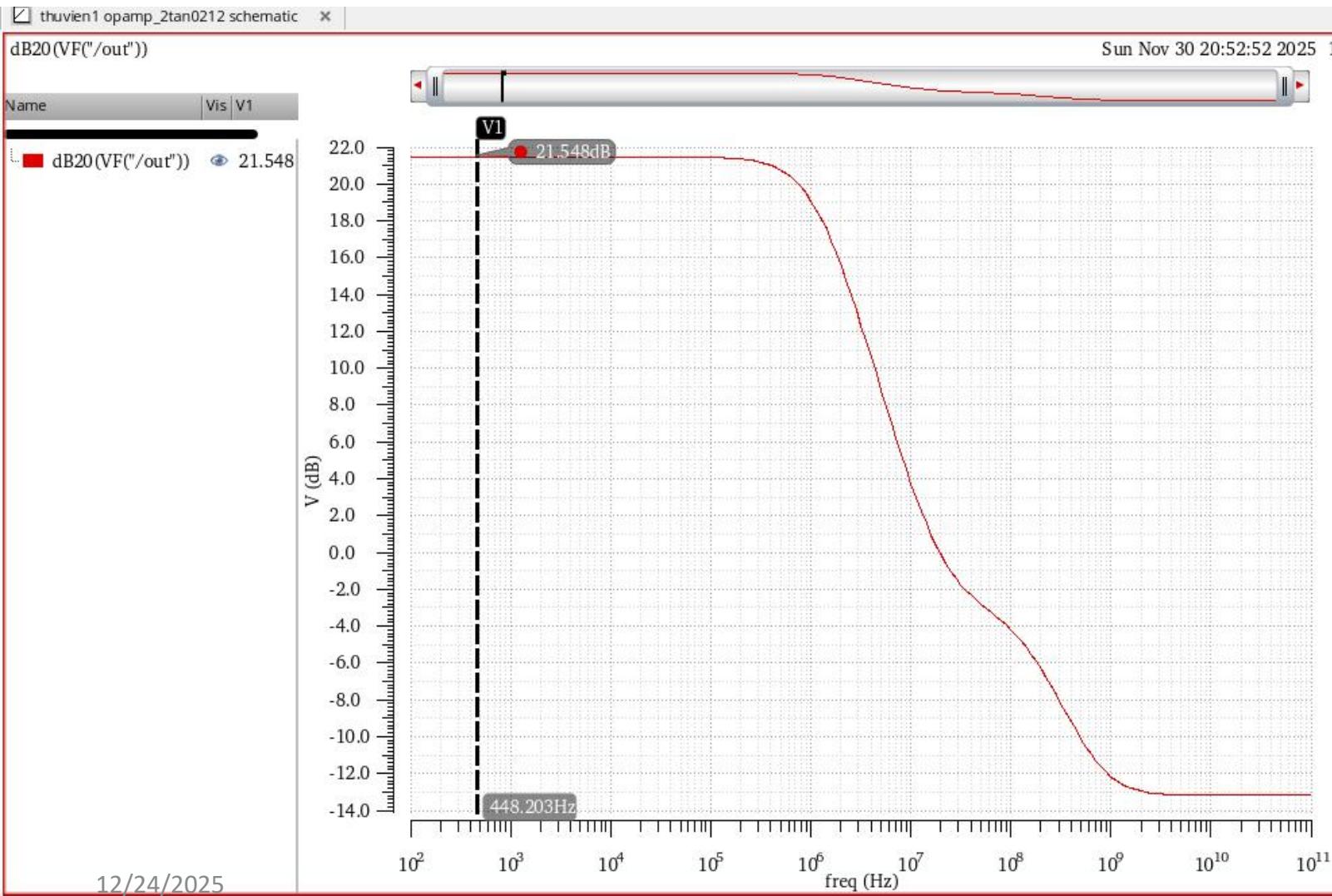
Gain biên độ

(av = (mag(v("/out" ?result "ac")) / mag(v("/net3" ?result "ac"))))



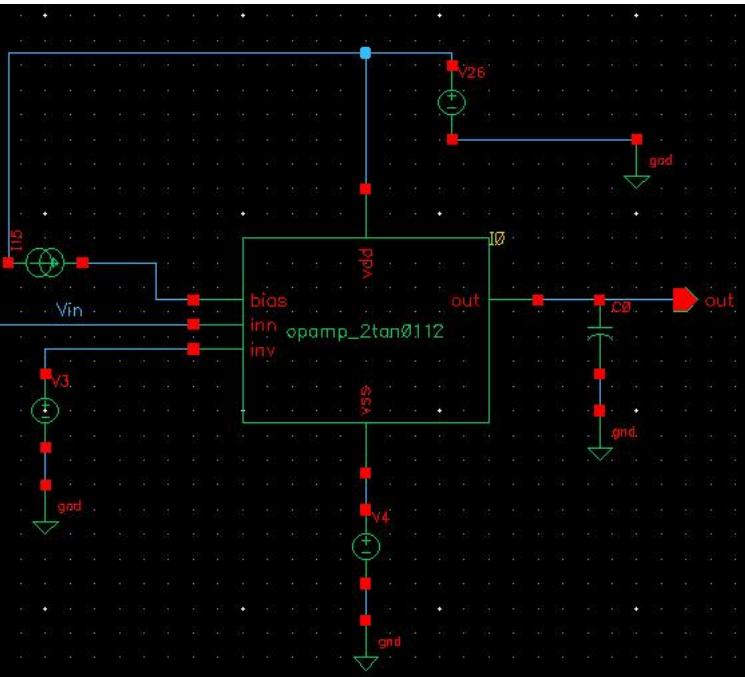
PHÂN TÍCH CHẠY AC

dB20(VF("/out"))

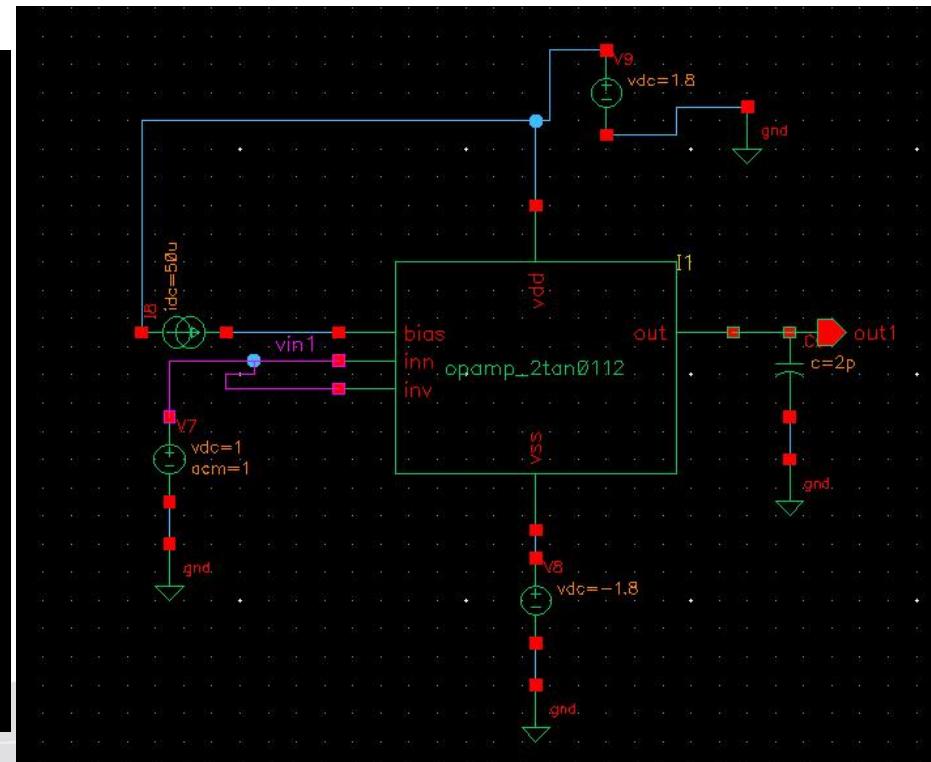


Thiết kế sơ đồ mạch khảo sát giá trị CMRR-Giá trị hệ số nén tín hiệu đồng pha.

$$CMRR = \frac{Adm}{Acm} = Adm (\text{db}) - Acm(\text{db})$$

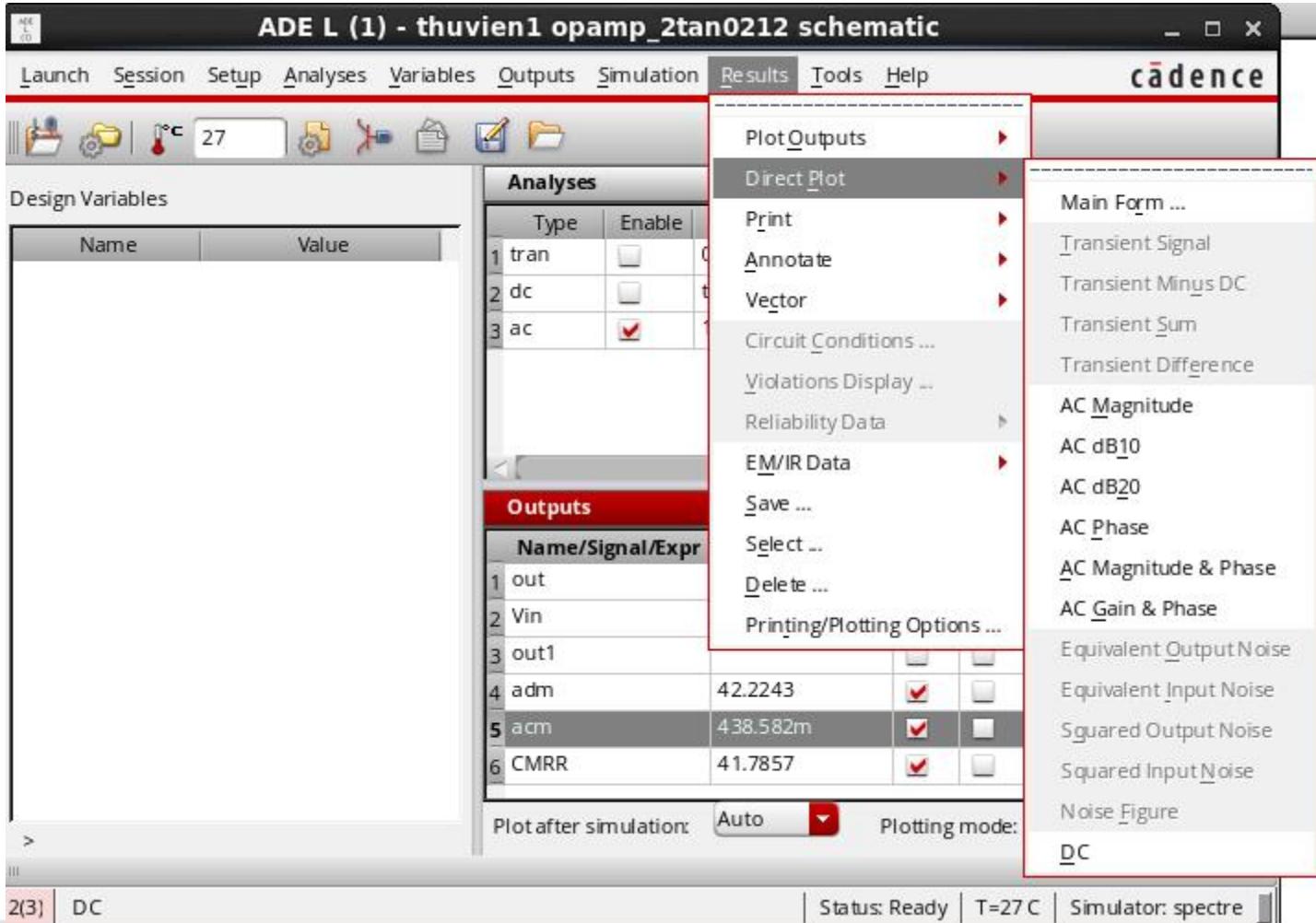


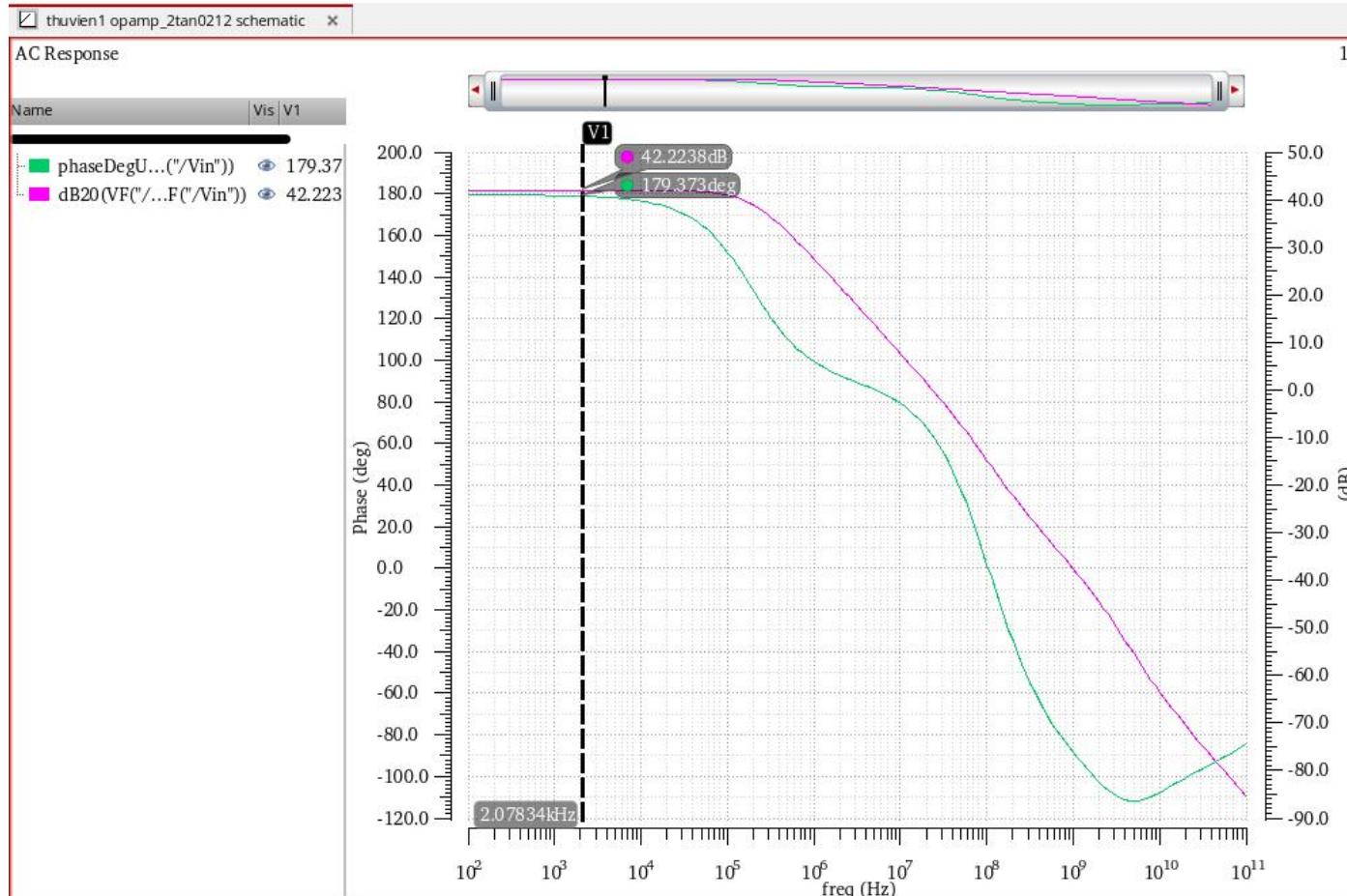
ADM



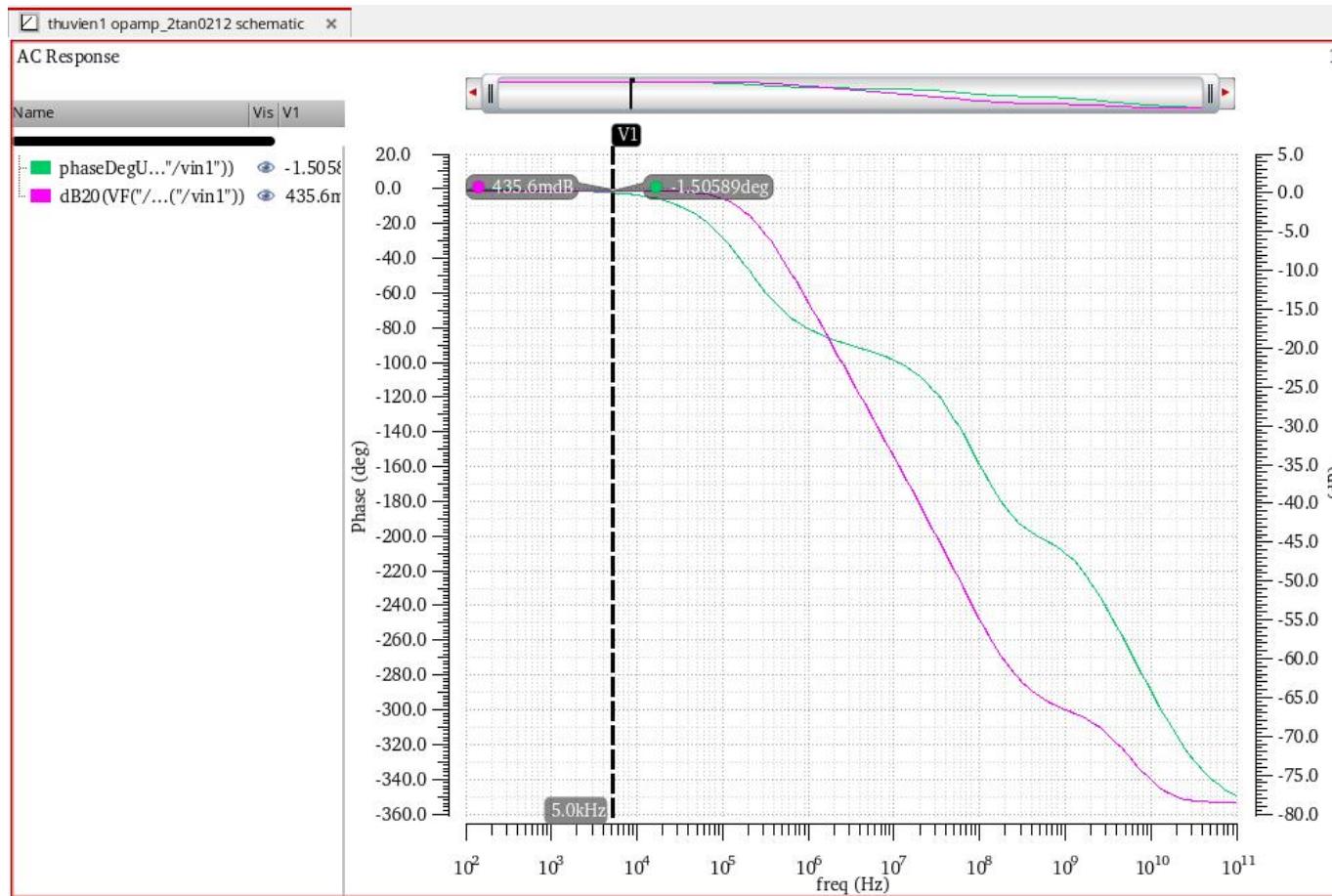
ACM

CHỌN AC
GAIN& PHASE
VÀ CHỌN
ĐIỂM ADM
ACM





ADM



ACM

Off Family Wave Clip Append Rectangular

Key P...

```
value(dB20((VR"/out") / VF"/Vin")) 1.1 )
```

7 8 9 /
4 5 6 *
1 2 3 -
0 ± . +

CÔNG THỨC ADM

Off Family Wave Clip Append Rectangular

Key P...

```
value(dB20((VR"/out1") / VF"/vin1")) 1.1 )
```

7 8 9 /
4 5 6 *
1 2 3 -
0 ± . +

CÔNG THỨC ACM

Off Family Wave Clip Append Rectangular

Key P...

```
value(dB20((VR"/out") / VF"/Vin")) 1.1 )-value(dB20((VF"/out1") / VF"/vin1")) 1.1 )-
```

7 8 9 /
4 5 6 *
1 2 3 -
0 ± . +

ĐÁP ÁN

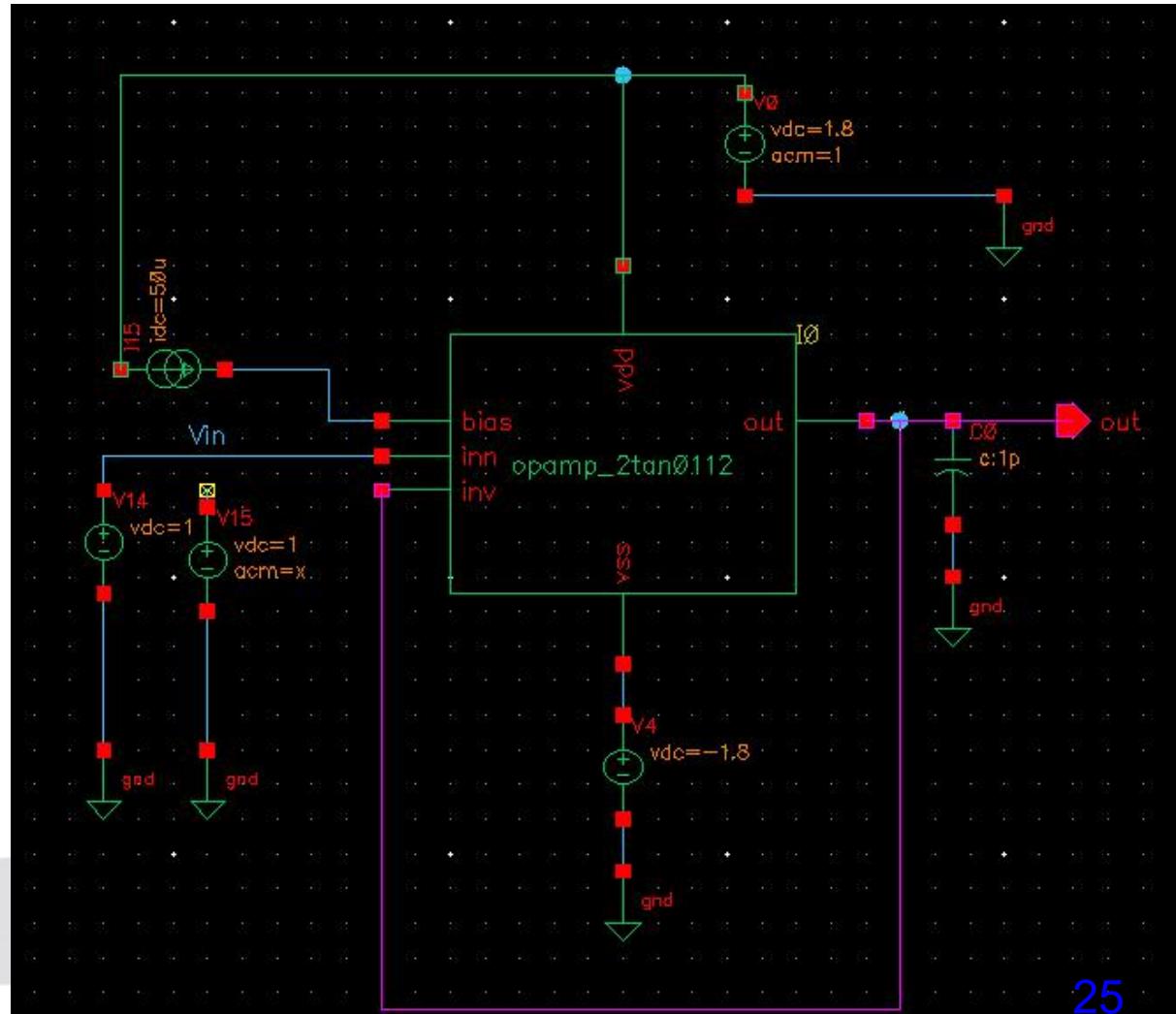
4 adm	42.2243	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5 acm	438.582m	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6 CMRR	41.7857	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

=> giá trị CMRR = 41.7857DB

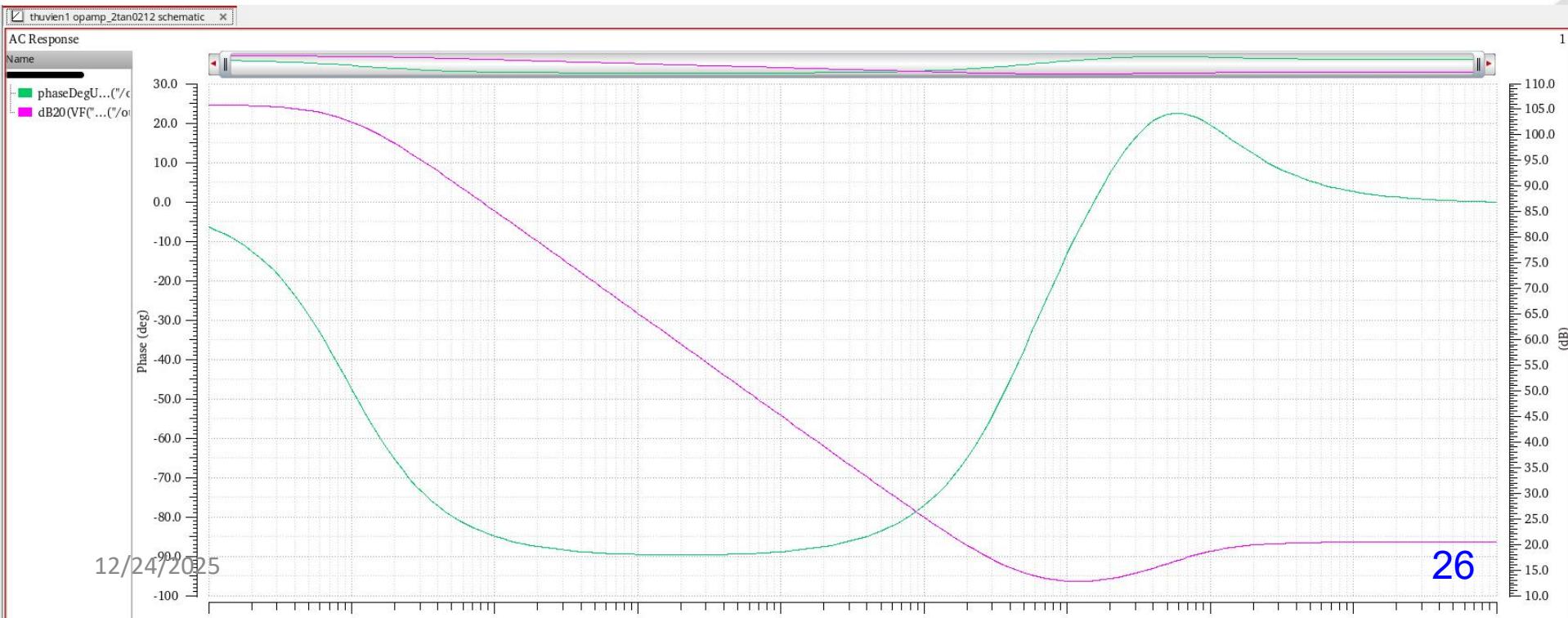
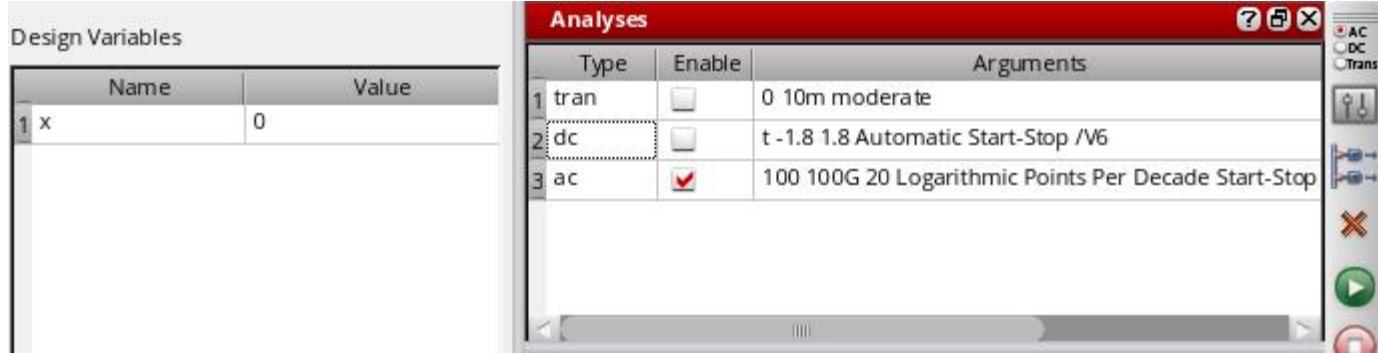
PSRR

Khảo sát giá trị PSRR-Giá trị hệ số nén nhiễu nguồn

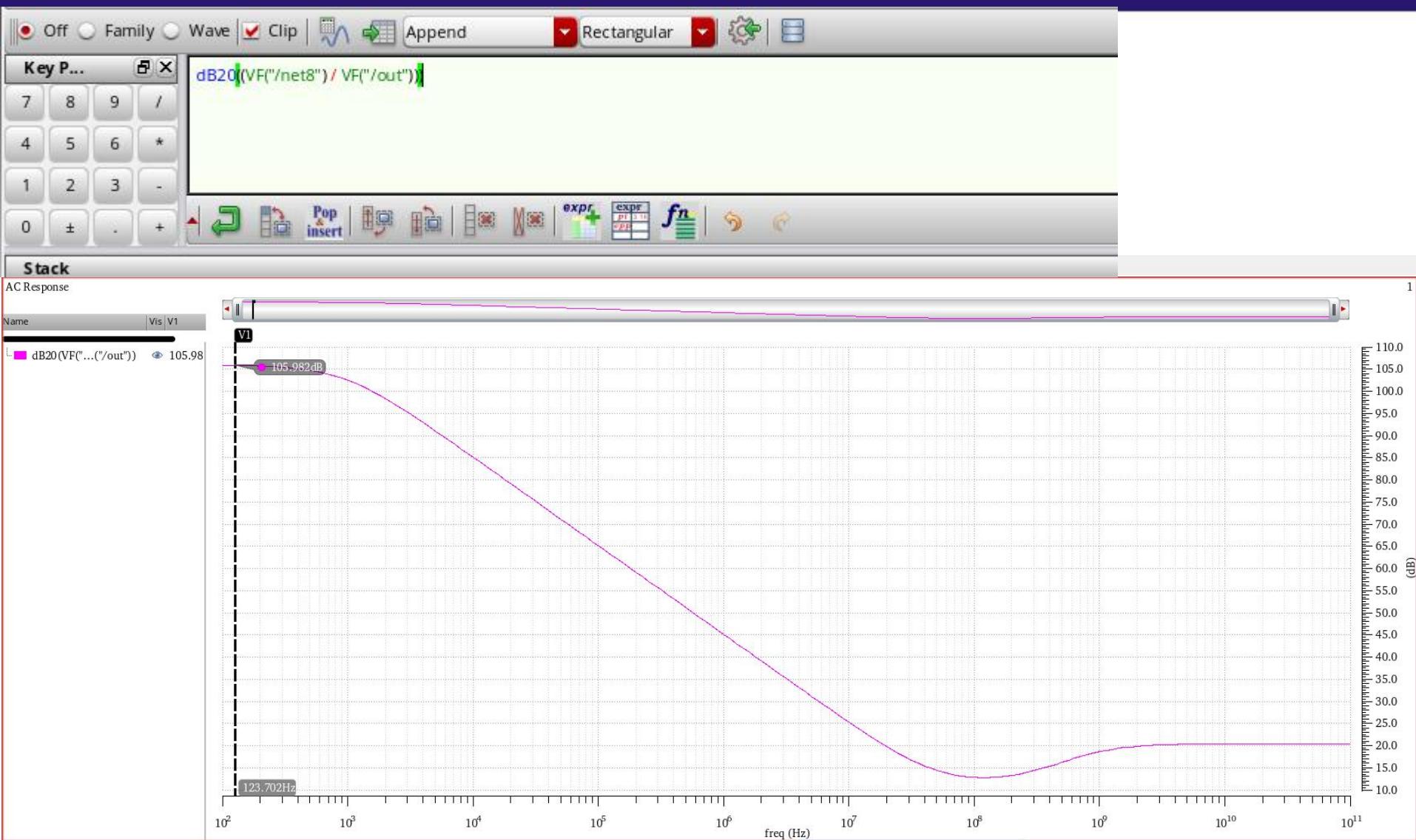
$$\text{PSRR} = \frac{V_{out}}{V_{ac}}$$



PSRR



PSRR



12/24/2025

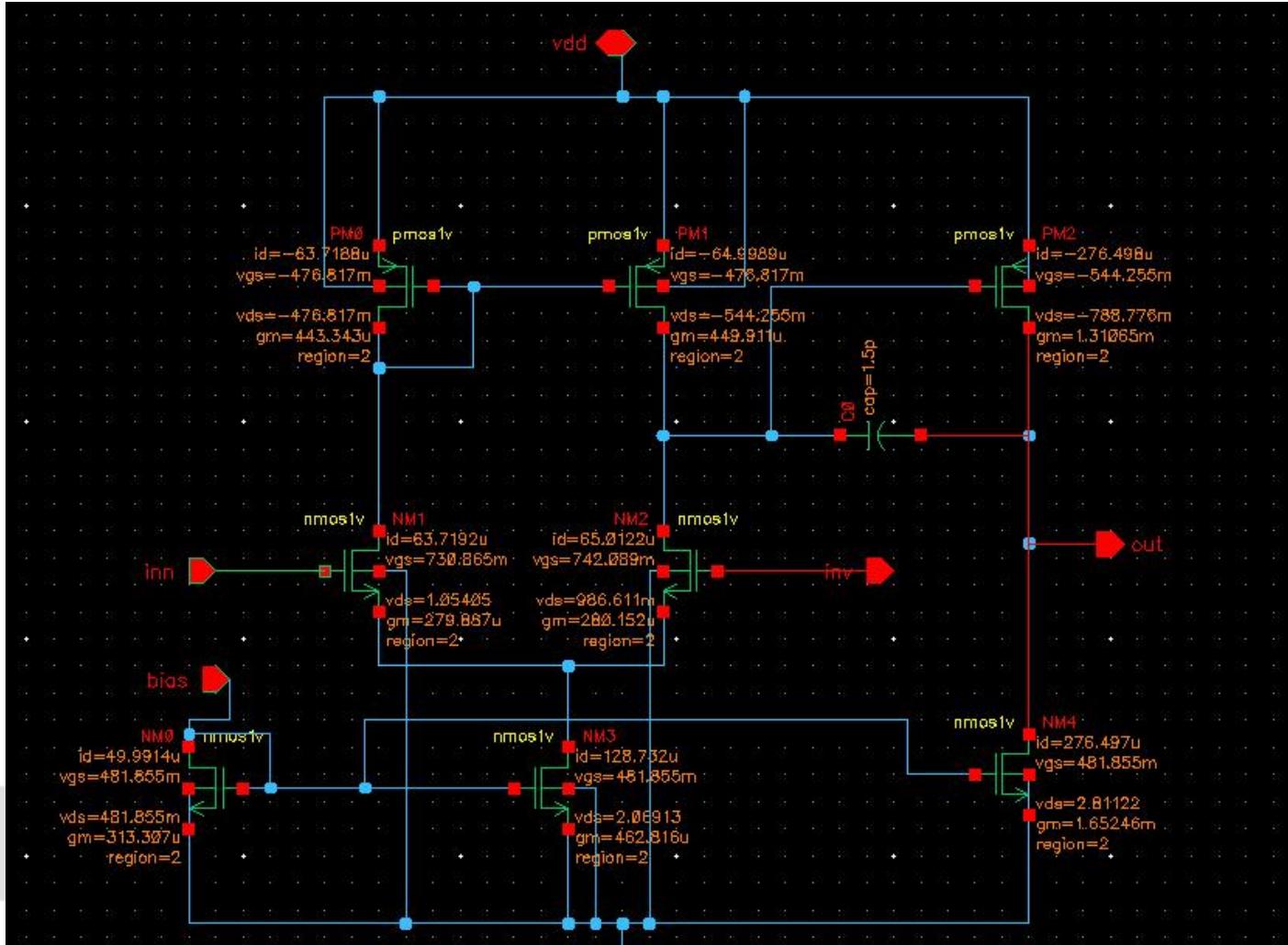
Nhiều từ nguồn bị giảm 100.000 lần khi đi đến ngõ ra.

REGION



NMOS và PMOS đều ở Region = 2 tại điểm làm việc DC.

Region = 2 là ổn định và là trạng thái đúng cho MOSFET trong mạch khuếch đại.



REGION

```

region          2 ←
reversed        0
ron            44.5613K
rout           54.2787K
self_gain      13.6815
type            0
ueff            20.8014m
vbs             -1.26032
vdb              3.17212
vds              1.91178
vdsat           256.922m
vdss            256.922m
vearly          2.33021
vfbeff          -953.152m
vgb              1.8
vgd              -1.37212
vgs             539.681m
vgsteff         267.518m
vgt              274.288m
vsat_marg       1.65488
vsb              1.26032
vth              265.391m

```

Region Vinp = 2

check tran đã bão hòa chưa
Region Vinn = 2

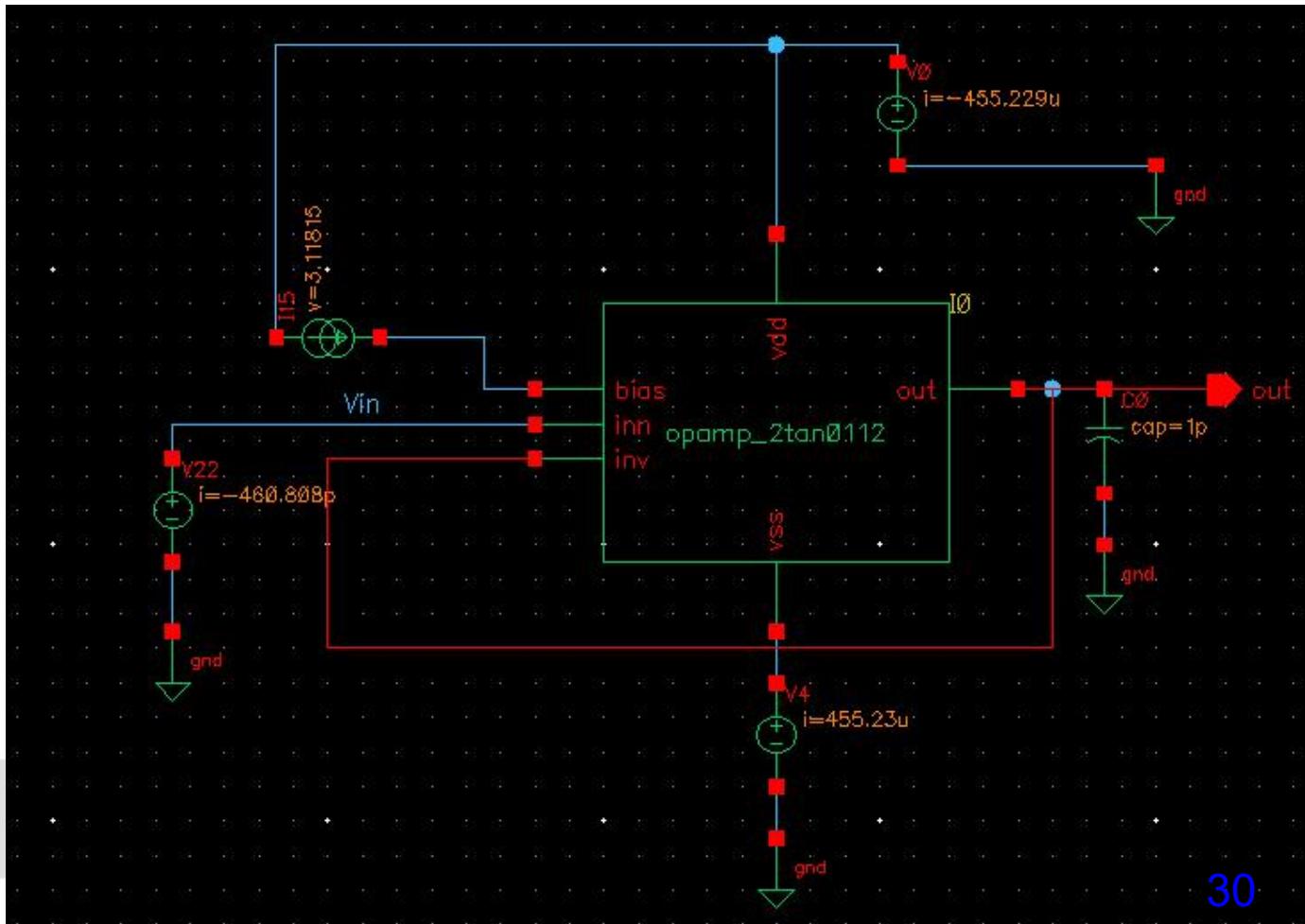
```

region          2 ←
reversed        0
ron            44.5612K
rout           54.279K
self_gain      13.6815
type            0
ueff            20.8014m
vbs             -1.26032
vdb              3.1721
vds              1.91178
vdsat           256.921m
vdss            256.921m
vearly          2.3302
vfbeff          -953.152m
vgb              1.8
vgd              -1.3721
vgs             539.681m
vgsteff         267.518m
vgt              274.288m
vsat_marg       1.65486
vsb              1.26032
vth              265.393m

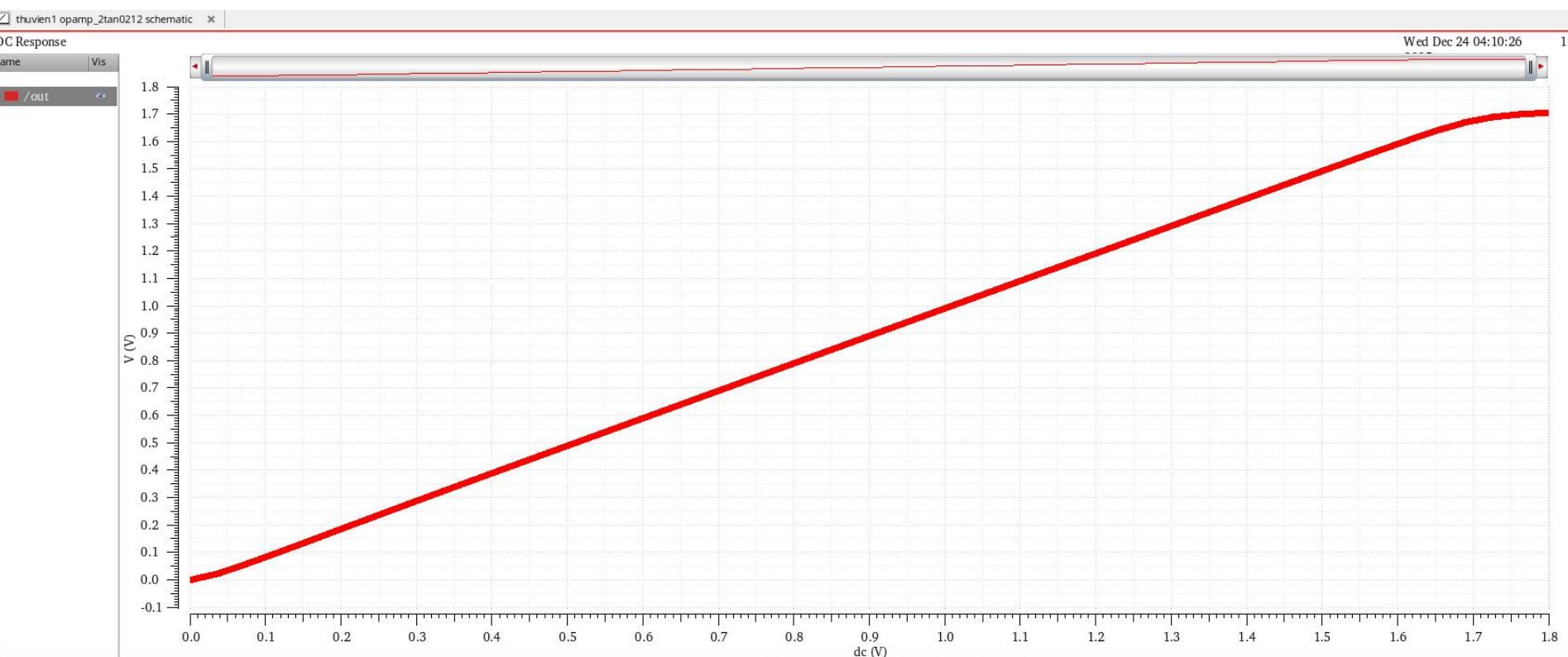
```

DC OFFSET

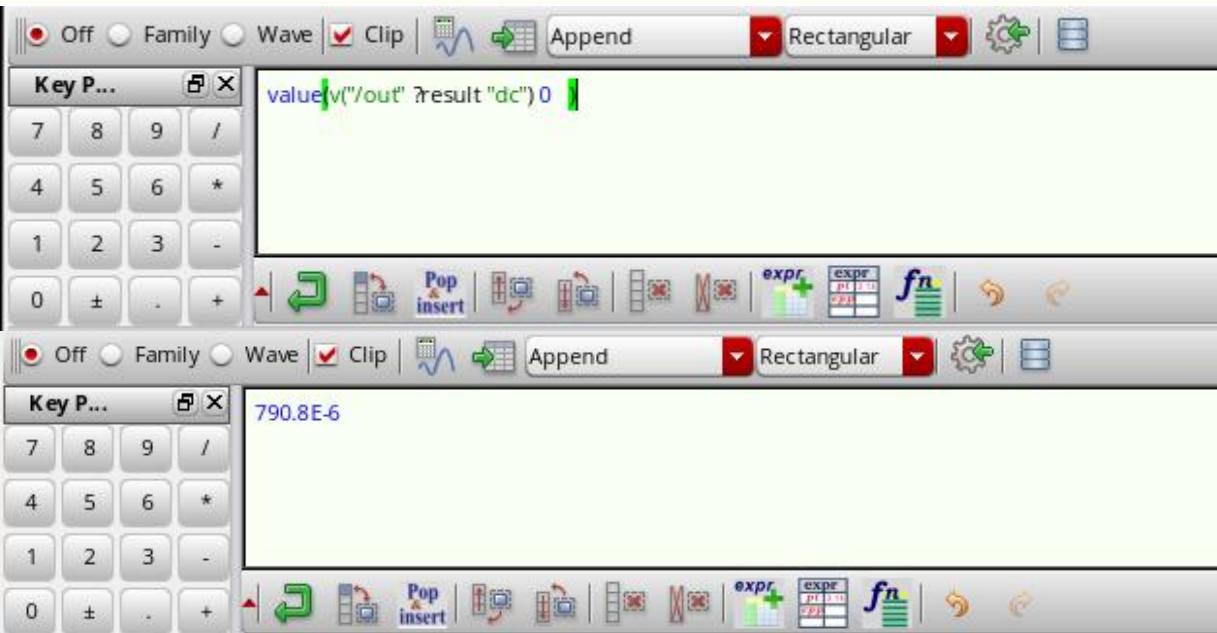
DC offset là phần điện áp DC bị “đội lên” hoặc “lệch đi” so với mức 0 V trên tín hiệu AC.



DC OFFSET



DC OFFSET



$$790.8E-6 = 0.7908 \text{ mV}$$

Giá trị thu được từ phép đo là khoảng 0.7908mV. nhỏ hơn rất nhiều so với 12mV trước đó em đã làm

KẾT LUẬN

Kết quả mô phỏng cho thấy mạch hoạt động đúng chức năng cơ bản. Các transistor đều làm việc trong vùng khuếch đại (Region = 2), đảm bảo điểm phân cực DC ổn định và phù hợp cho mục đích khuếch đại tín hiệu nhỏ.

Độ lợi (gain) ở mức trung bình, đủ cho yêu cầu của một mạch khuếch đại đơn nhưng chưa cao; điều này chủ yếu do kích thước W/L và điện trở tải còn hạn chế. PSRR đạt xấp xỉ 100 dB, cho thấy mạch có khả năng khử nhiễu nguồn tốt DC OFFSET

Tổng thể, mạch đạt các yêu cầu cơ bản về phân cực, tính ổn định và đáp ứng AC. Một số thông số còn có thể tối ưu thêm, nhưng kết quả hiện tại đã đủ để minh họa nguyên lý hoạt động của mạch khuếch đại đơn trong Cadence.



THANK YOU