



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

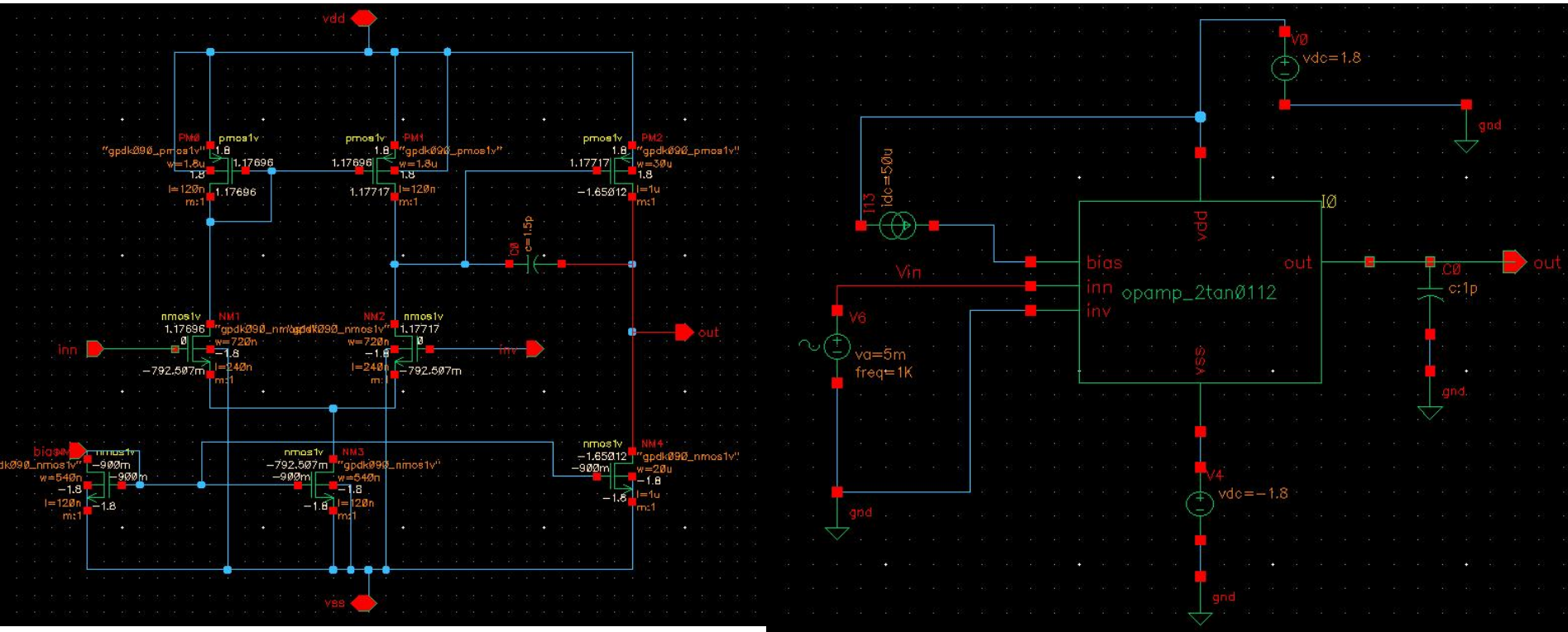
Lớp: CQ.62.KS.DTTH&CN

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



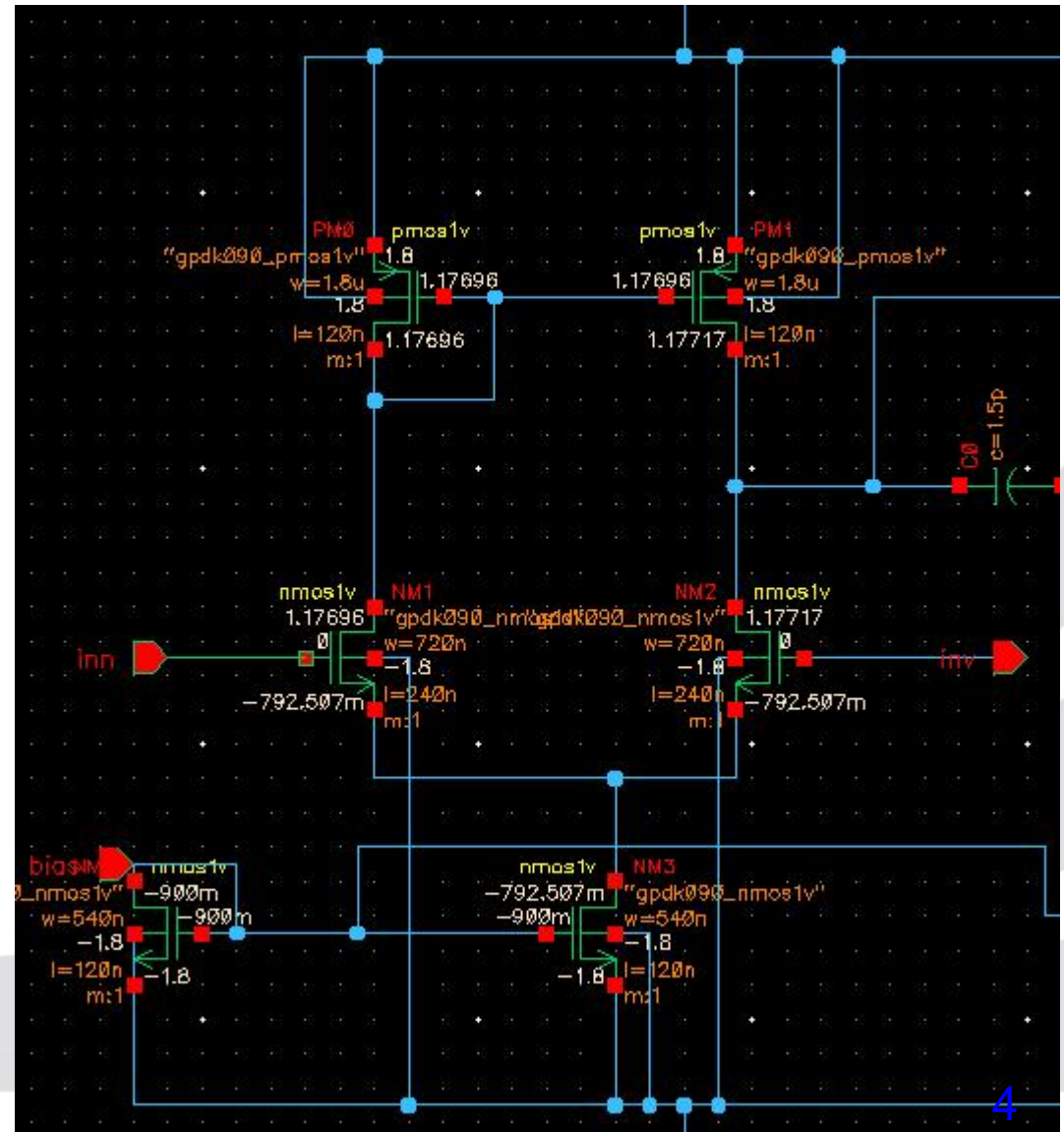
MẠCH TỔNG QUAN



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

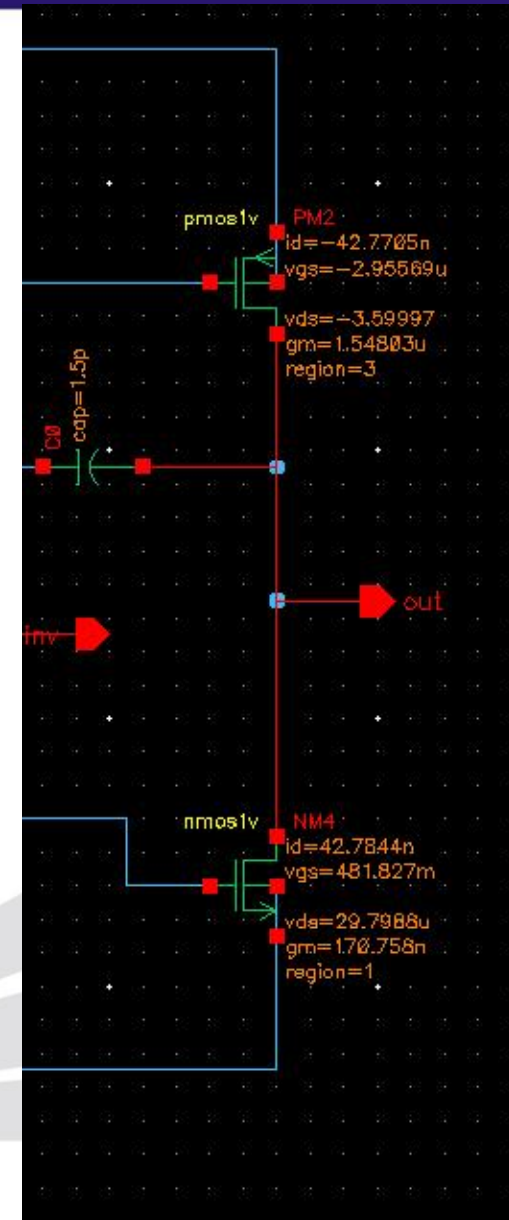
NM4 là phần tử khuếch đại chính.
 Khi Vin tăng \rightarrow Vgs tăng \rightarrow dòng Id tăng \rightarrow điện áp tại ngõ ra giảm, tạo đảo pha 180° giữa đầu vào và đầu ra.

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.

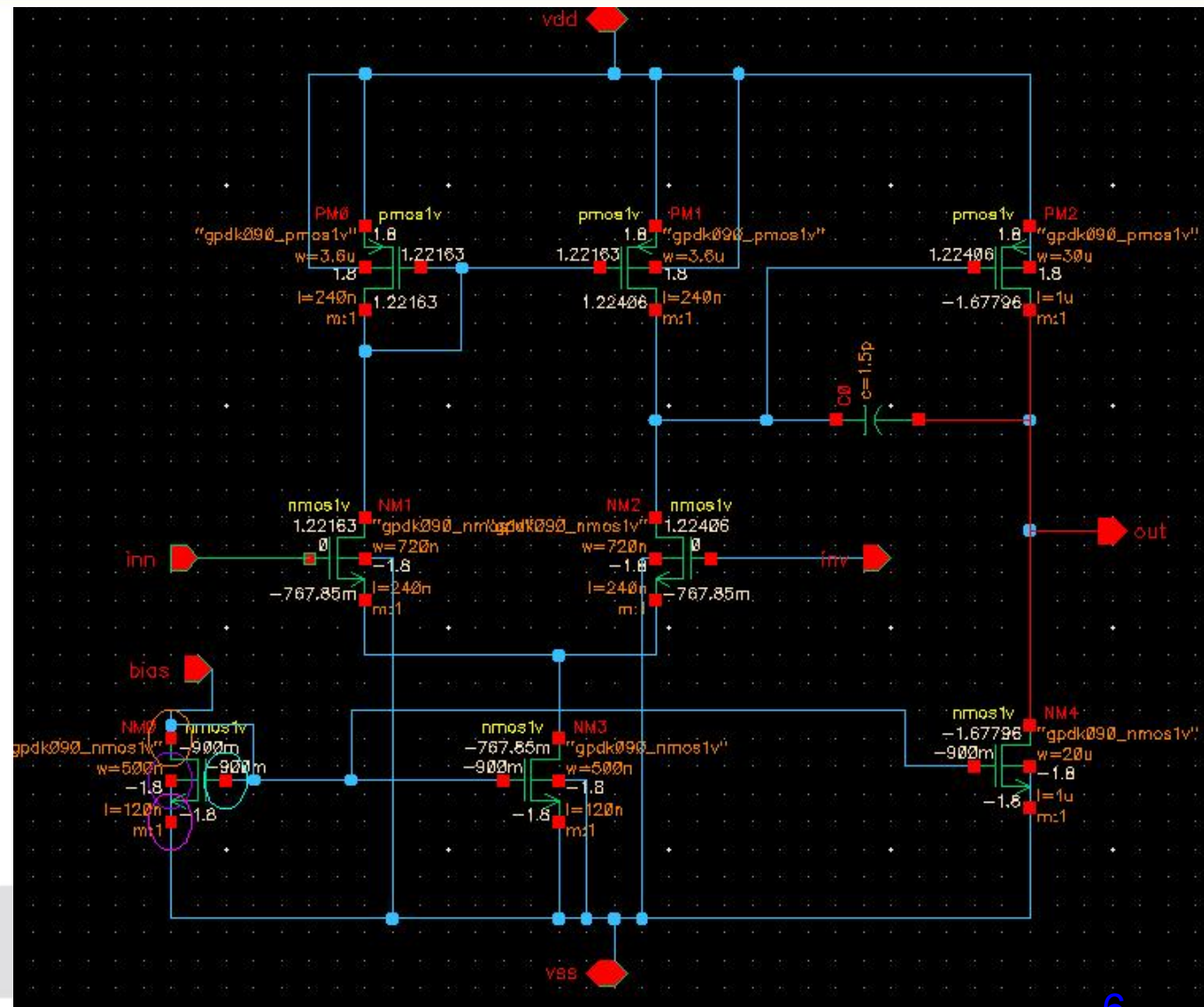
Để mạch khuếch đại tuyến tính, NMOS phải làm việc trong vùng bão hòa, tức là thỏa điều kiện:

$$V_{DS} > V_{GS} - V_{th}$$

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.

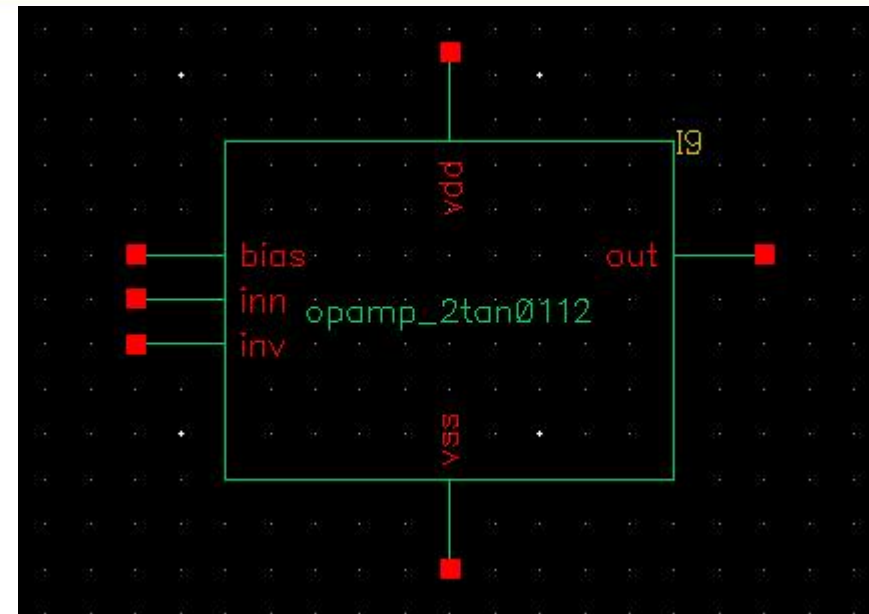
inv: tín hiệu vào đảo.

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

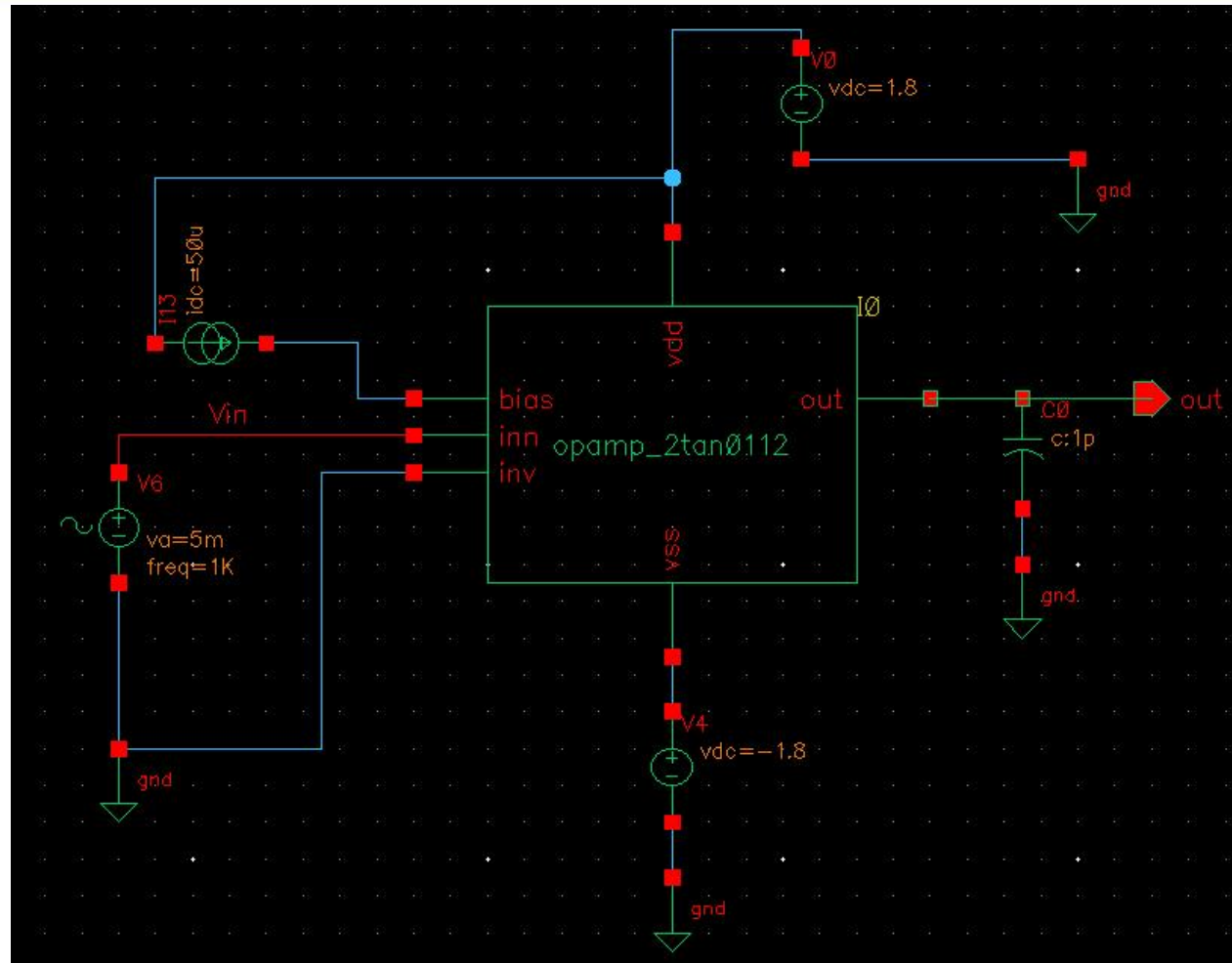
PMOS	W	L
PM0	3.6u	0.24u
PM1	3.6u	0.24u
PM2	30u	1u

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 $VDD = 1.8\text{ V}$ và $VSS = -1.8\text{ V}$ 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.



THIẾT LẬP THÔNG SỐ BIAS VÀ VSIN



Edit Object Properties

Apply To:

Show: ☐ system ☒ user ☒ CDF

Property	Value	Display
Library Name	analogLib	off
Cell Name	idc	off
View Name	symbol	off
Instance Name	I15	off

User Property	Master Value	Local Value	Display
Ivsignore	TRUE		off

CDF Parameter

Parameter	Value	Display
Noise file name		off
Number of noise/freq pairs	0	off
DC current	20u A	off
AC magnitude		off
AC phase		off
Multiplier		off
Temperature coefficient 1		off
Temperature coefficient 2		off
Nominal temperature		off
XF magnitude		off
PAC magnitude		off

Edit Object Properties

User Property	Master Value	Local Value	Display
Ivsignore	TRUE		off

CDF Parameter

Parameter	Value	Display
First frequency name		off
Second frequency name		off
Noise file name		off
Number of noise/freq pairs	0	off
DC voltage		off
AC magnitude	1 V	off
AC phase		off
XF magnitude		off
PAC magnitude		off
PAC phase		off
Delay time		off
Offset voltage		off
Amplitude	5m V	off
Initial phase for Sinusoid		off
Frequency	1K Hz	off
Amplitude 2		off
Initial phase for Sinusoid 2		off
Frequency 2		off
FM modulation index		off
FM modulation frequency		off
AM modulation index		off

CỬA SỔ PHÂN TÍCH DC,AC,TRAN



Choosing Analyses -- ADE L (1)

Analysis

☒ tran ☐ dc ☐ ac ☐ noise

☐ xf ☐ sens ☐ dcmatch ☐ acmatch

☐ stb ☐ pz ☐ lf ☐ sp

☐ envlp ☐ pss ☐ pac ☐ pstb

☐ pnoise ☐ pxf ☐ psp ☐ qpss

☐ qpac ☐ qpnoise ☐ qpxf ☐ qp sp

☐ hb ☐ hbac ☐ hbstb ☐ hbnoise

☐ hb sp ☐ hbxf

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

☐ tran ☐ dc ☒ ac ☐ noise

☐ xf ☐ sens ☐ dcmatch ☐ acmatch

☐ stb ☐ pz ☐ lf ☐ sp

☐ envlp ☐ pss ☐ pac ☐ pstb

☐ pnoise ☐ pxf ☐ psp ☐ qpss

☐ qpac ☐ qpnoise ☐ qpxf ☐ qp sp

☐ hb ☐ hbac ☐ hbstb ☐ hbnoise

☐ hb sp ☐ hbxf

AC Analysis

Sweep Variable

☒ Frequency

☐ Design Variable

☐ Temperature

☐ Component Parameter

☐ Model Parameter

☐ None

Sweep Range

☒ Start-Stop

Start Stop

☐ Center-Span

Sweep Type

☒ Points Per Decade

Logarithmic ☒ Number of Steps

Add Specific Points ☐

Specialized Analyses

None

Enabled ☒

Options...

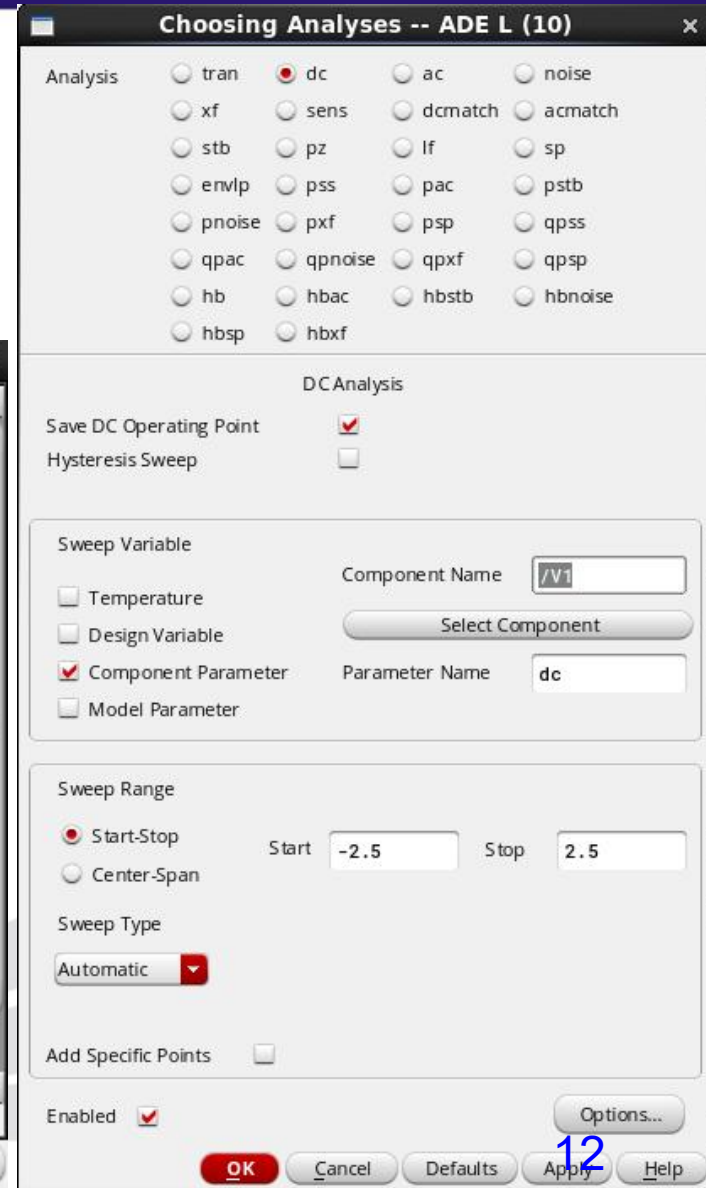
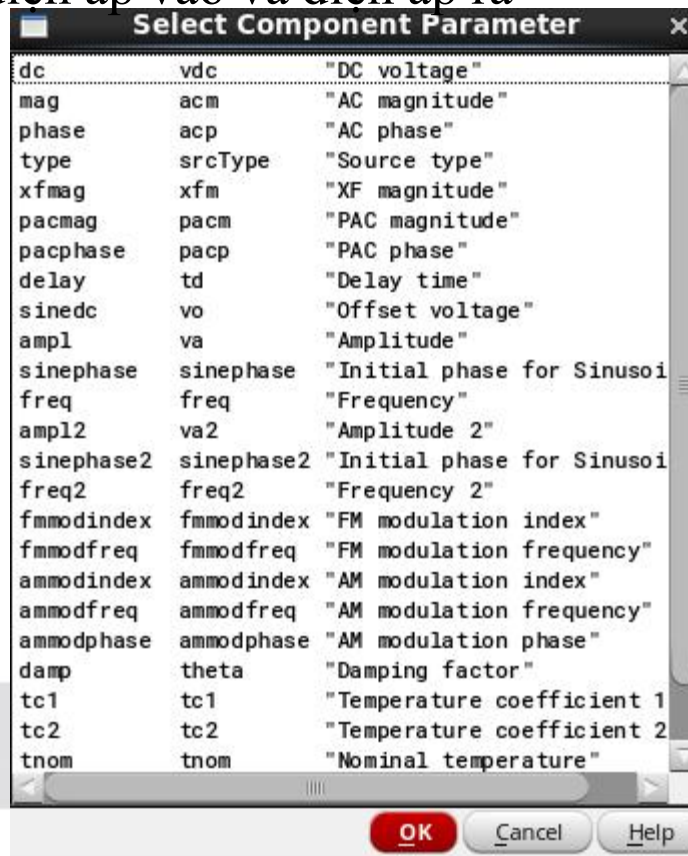
OK Cancel Defaults Apply Help

CỬA SỔ PHÂN TÍCH DC,AC,TRAN

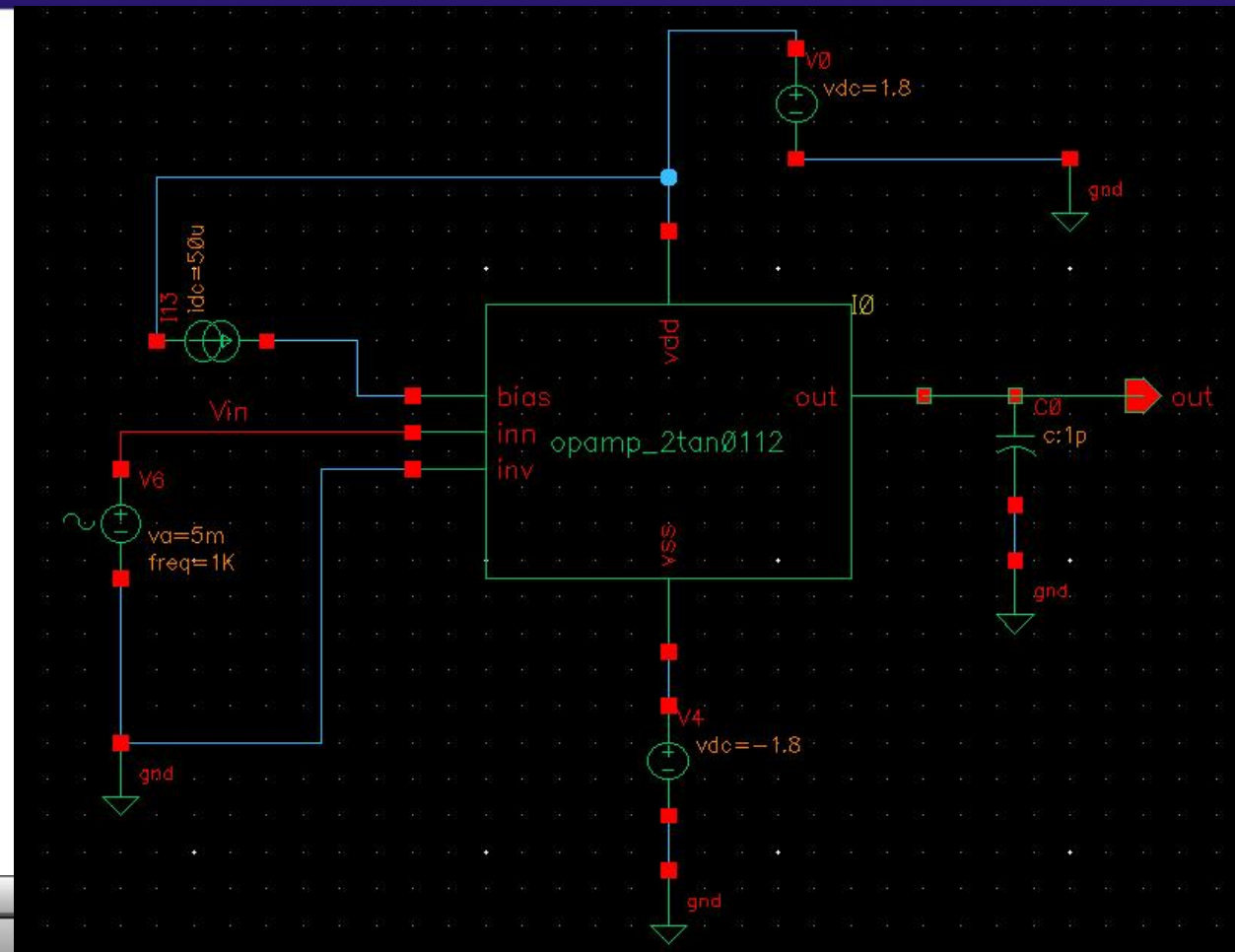


Để thực hiện phân tích DC, tham số được quét là giá trị DC (dc) của nguồn tín hiệu VSIN.

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.

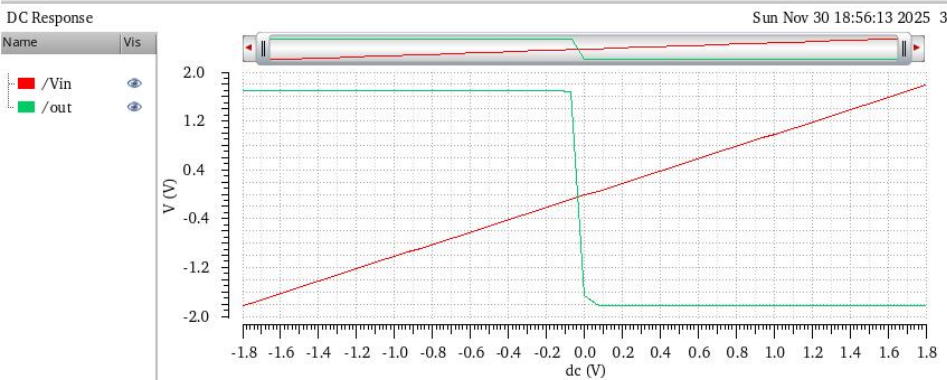
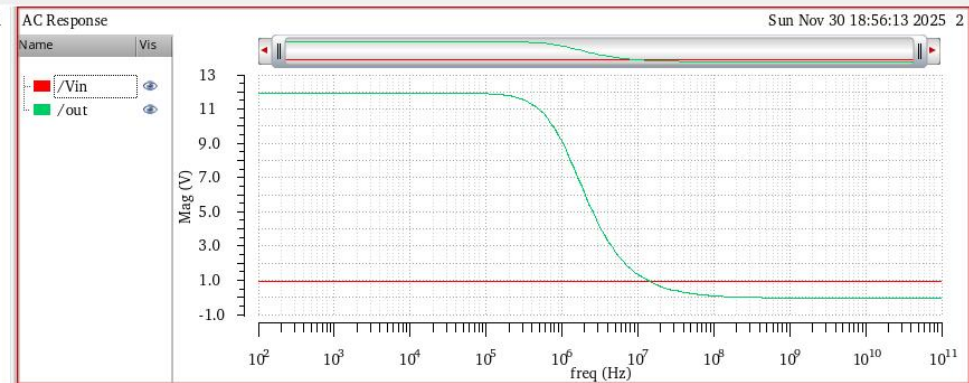
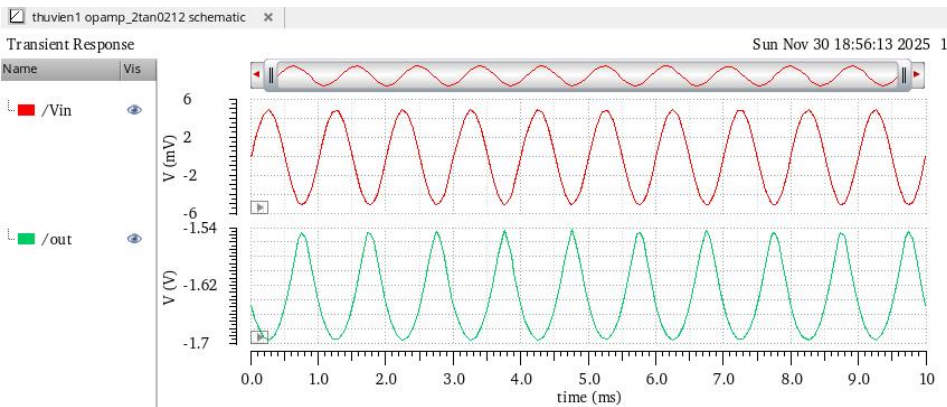


CHỌN ĐIỂM PHÂN TÍCH



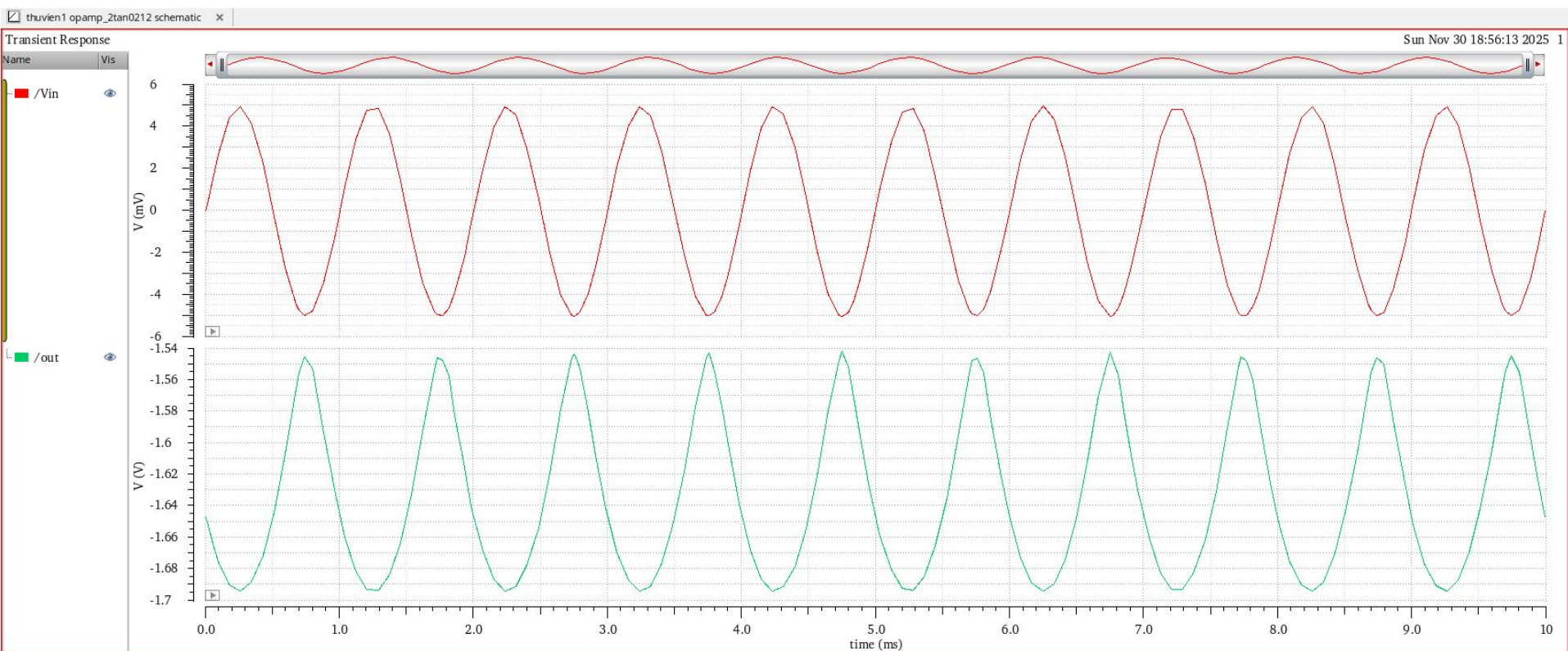
Outputs				
Name/Signal/Expr	Value	Plot	Save	
1 out		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	allv
2 Vin		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	allv

KẾT QUẢ



/home/ICer/simulation/opamp_2tan0212/

PHÂN TÍCH CHẠY TRAN



PHÂN TÍCH CHẠY TRAN



Quan sát dạng sóng cho thấy khi Vin đạt cực đại thì Vout lại rơi vào vùng cực tiểu 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.

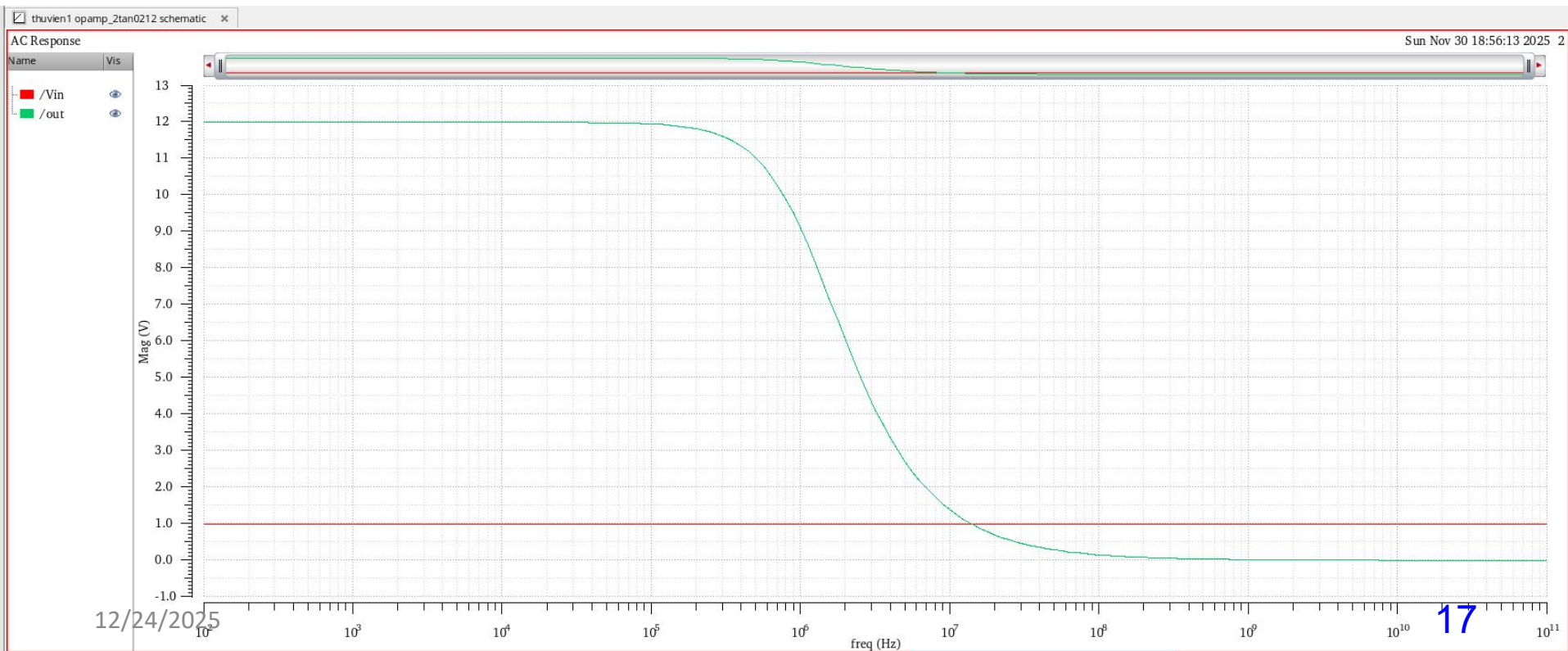
PHÂN TÍCH CHẠY AC



Gain biên độ

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

$$\text{dB} = 20\text{Log}(A_v)$$

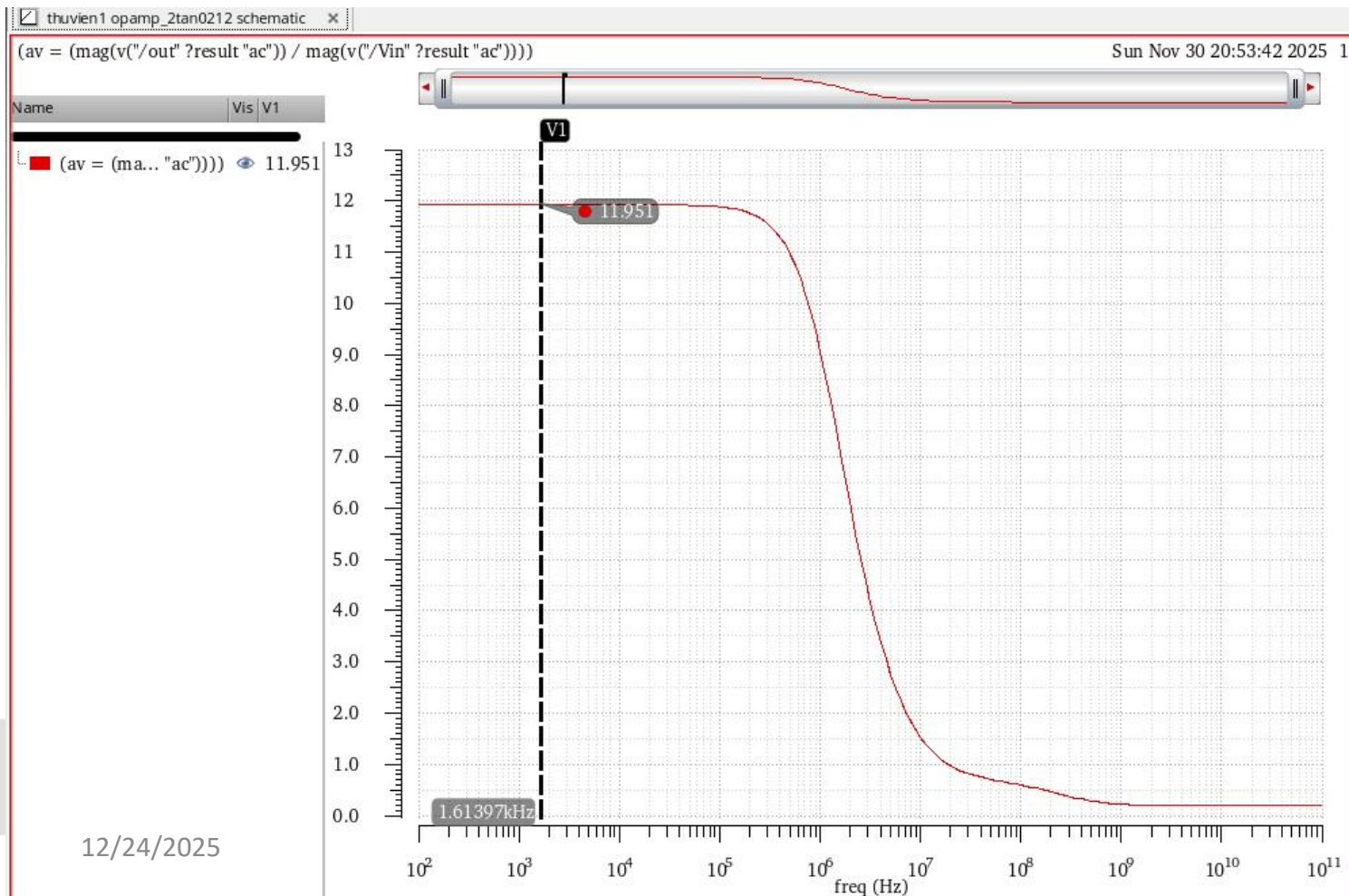


PHÂN TÍCH CHẠY AC



Gain biên độ

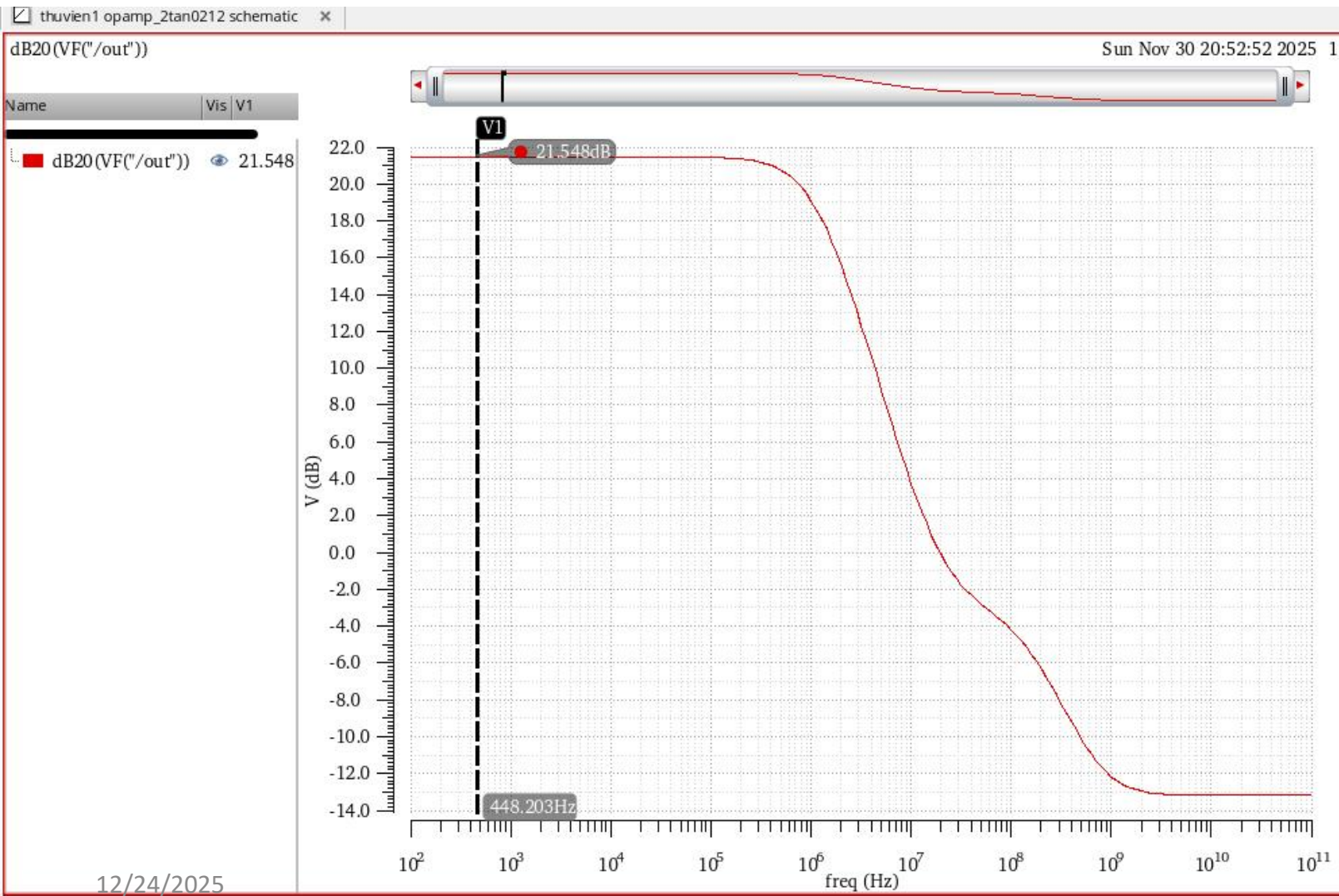
```
(av = (mag(v("/out" ?result "ac")) / mag(v("/net3" ?result "ac"))))
```



PHÂN TÍCH CHẠY AC



dB20(VF("out"))



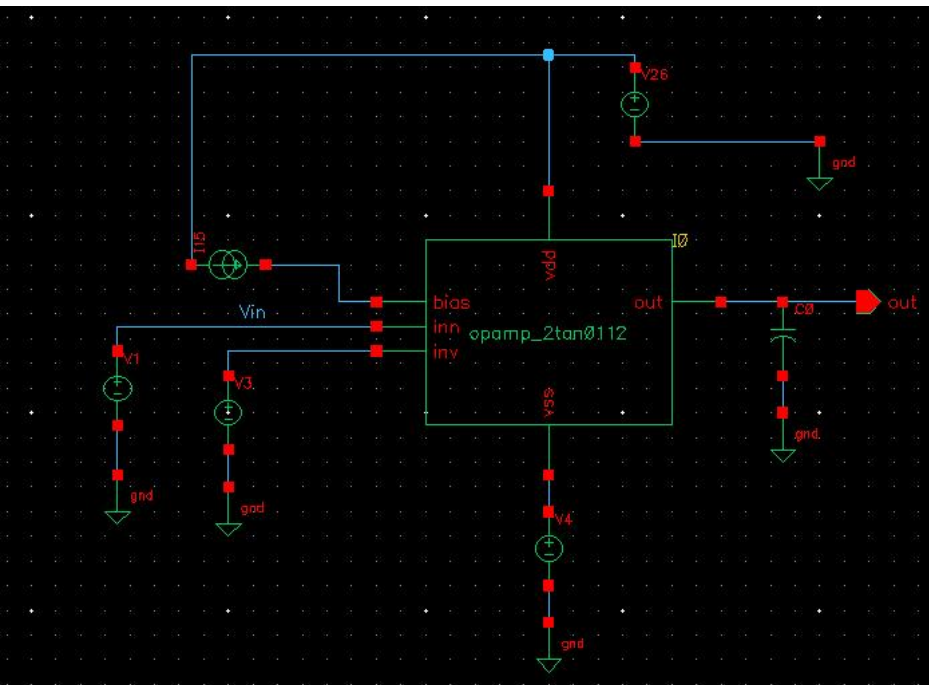
12/24/2025

CMRR

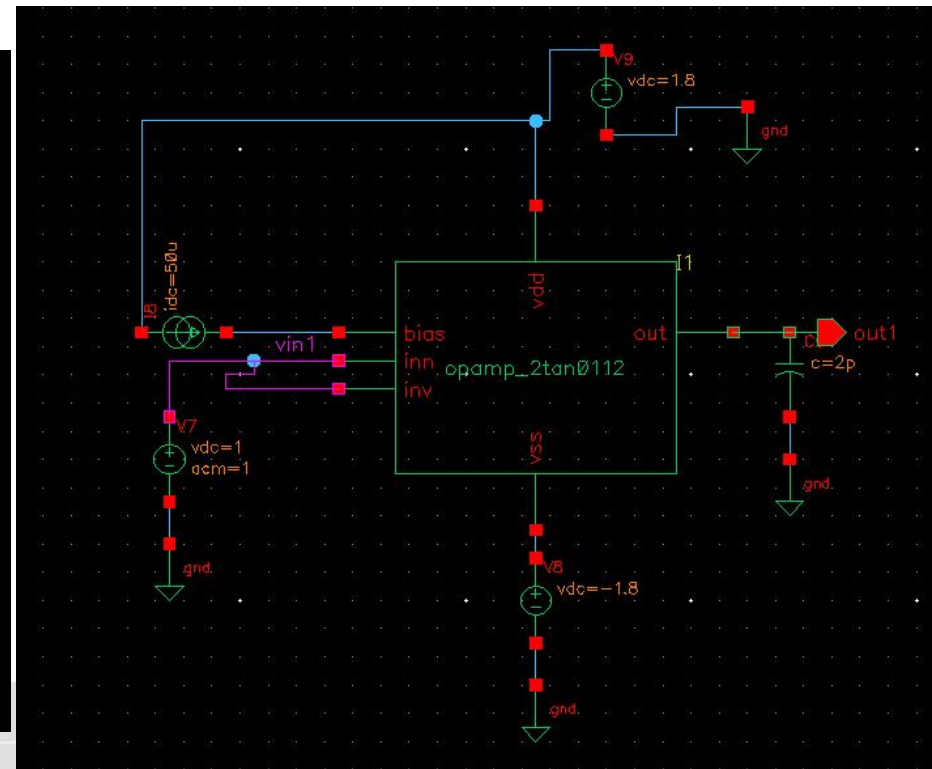


Thiết kế sơ đồ mạch khảo sát giá trị CMRR-Giá trị hệ số nén tín hiệu đồng pha.

$$CMRR = \frac{A_{dm}}{A_{cm}} = A_{dm} \text{ (db)} - A_{cm} \text{ (db)}$$



ADM



ACM

The screenshot shows the Cadence ADE L (1) - thuvien1 opamp_2tan0212 schematic window. The 'Results' menu is open, displaying a list of analysis and plotting options. The 'Analyses' table shows the 'ac' analysis is selected. The 'Outputs' table lists various signals and their values. The 'Plot after simulation' dropdown is set to 'Auto'.

Analyses

Type	Enable
1 tran	<input type="checkbox"/>
2 dc	<input type="checkbox"/>
3 ac	<input checked="" type="checkbox"/>

Outputs

Name/Signal/Expr			
1 out			
2 Vin			
3 out1			
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"/>

Plot after simulation: Auto Plotting mode:

Results Menu Options:

- Plot Outputs
- Direct Plot
- Print
- Annotate
- Vector
- Circuit Conditions ...
- Violations Display ...
- Reliability Data
- EM/IR Data
- Save ...
- Select ...
- Delete ...
- Printing/Plotting Options ...

Design Variables

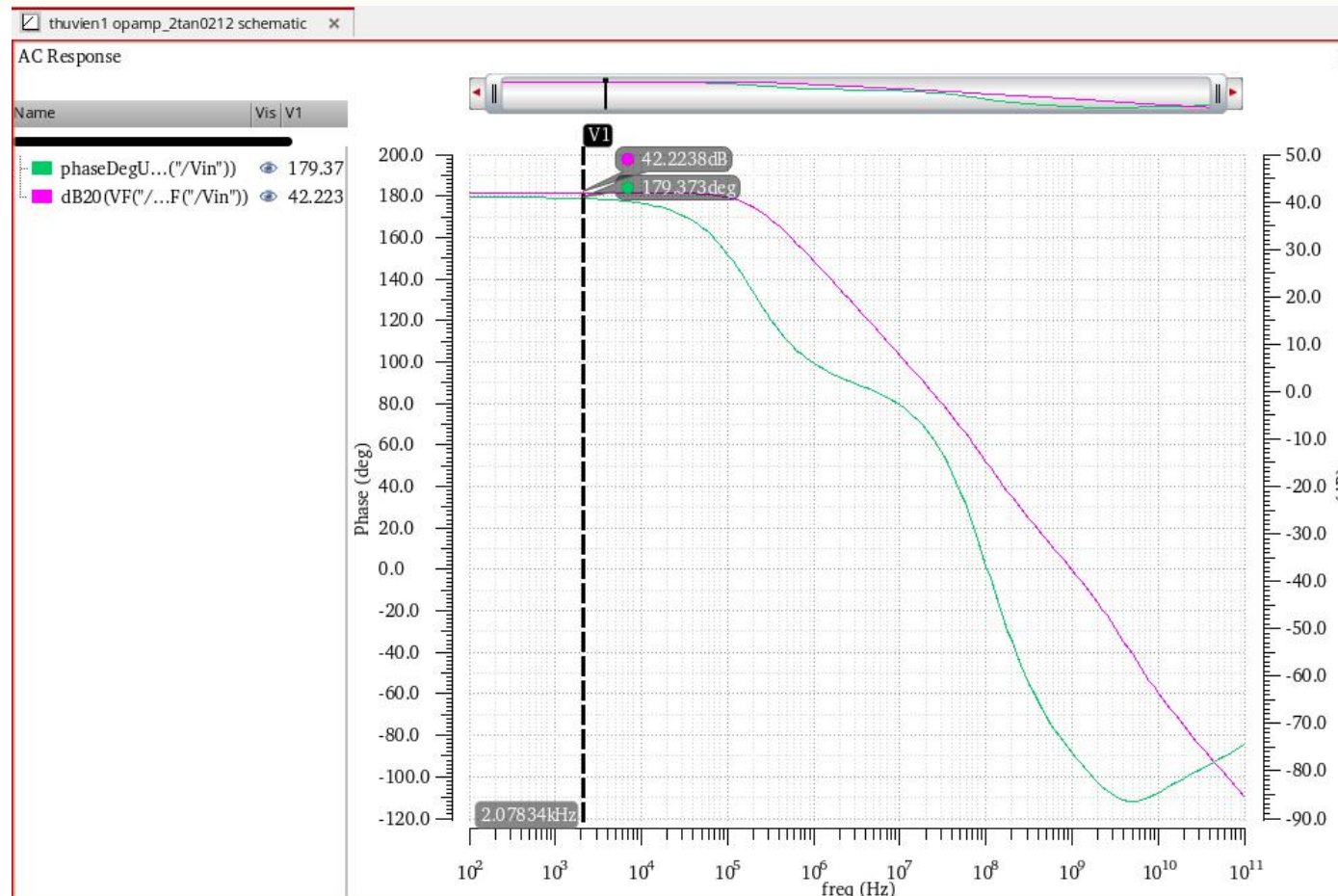
Name	Value

Results Menu Sub-menu Options:

- Main Form ...
- Transient Signal
- Transient Minus DC
- Transient Sum
- Transient Difference
- AC Magnitude
- AC dB10
- AC dB20
- AC Phase
- AC Magnitude & Phase
- AC Gain & Phase
- Equivalent Output Noise
- Equivalent Input Noise
- Squared Output Noise
- Squared Input Noise
- Noise Figure
- DC

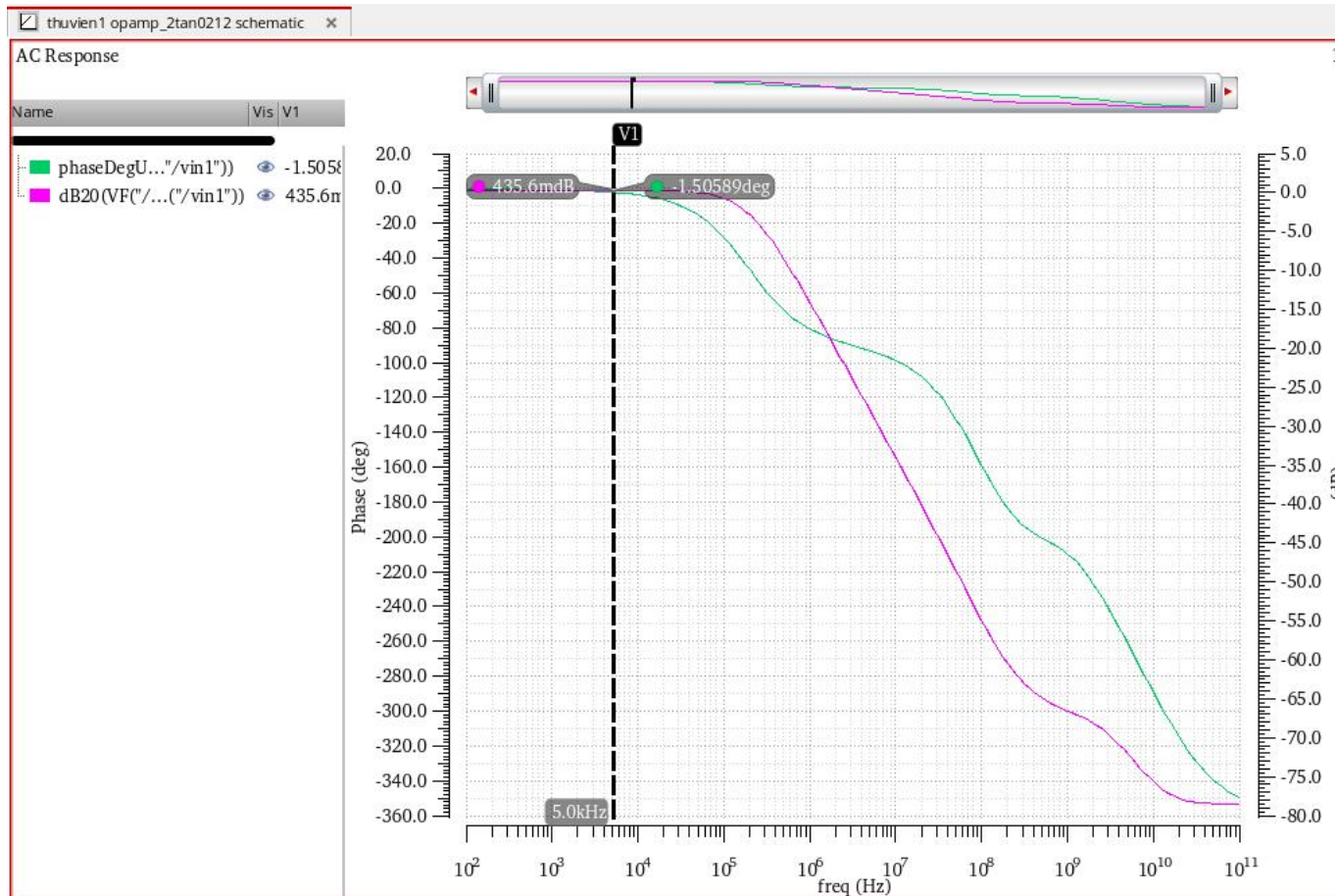
Status Bar: 2(3) DC | Status: Ready | T=27 C | Simulator: spectre

CMRR



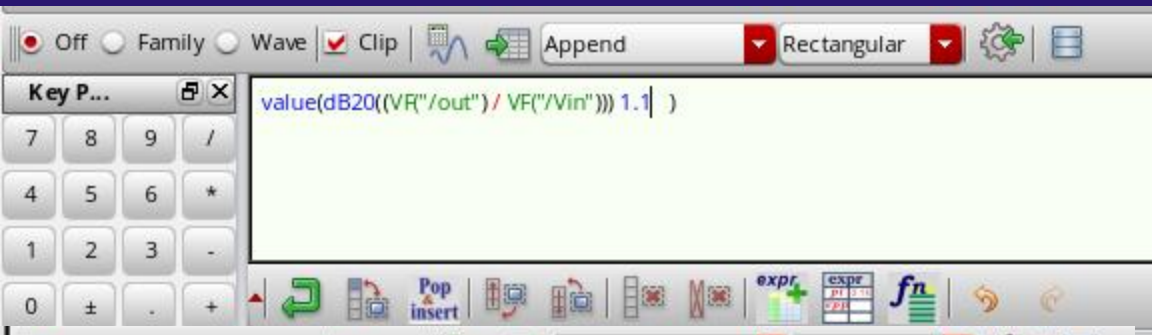
ADM

CMRR

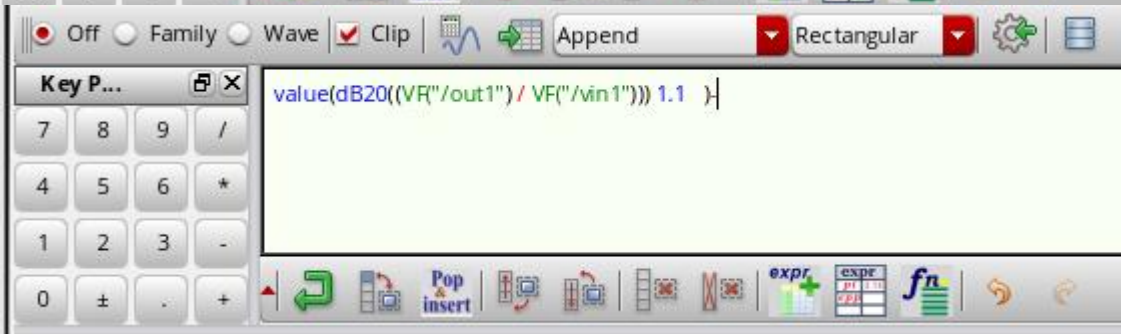


ACM

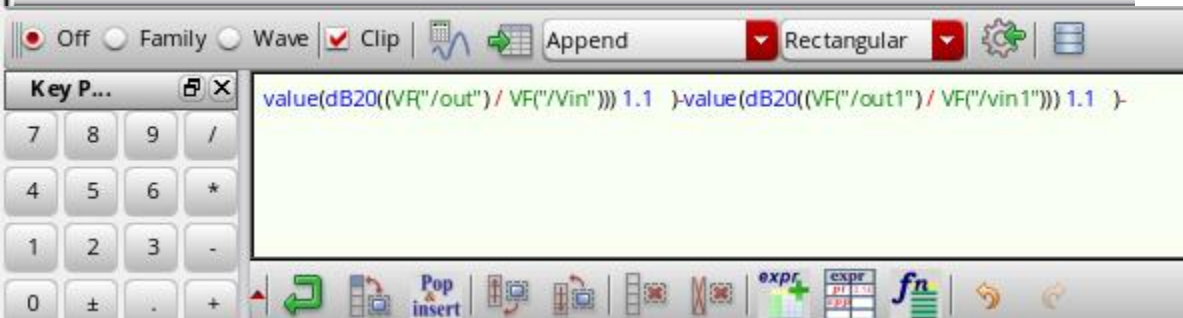
CMRR



CÔNG THỨC ADM



CÔNG THỨC ACM



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"/>

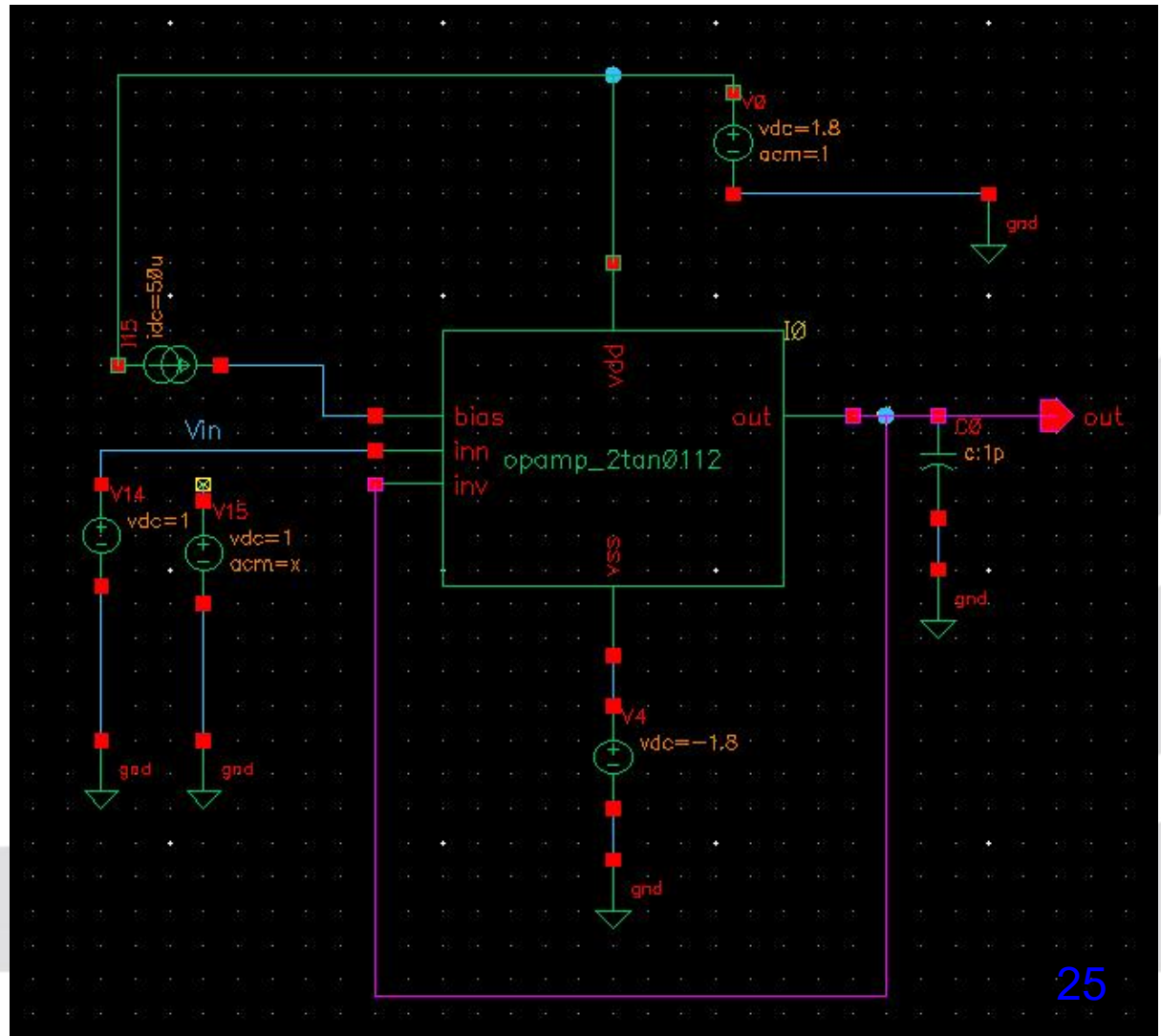
=> giá trị CMRR = 41.7857DB

PSRR



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

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



PSRR



Design Variables

Name	Value
1 x	0

Analyses

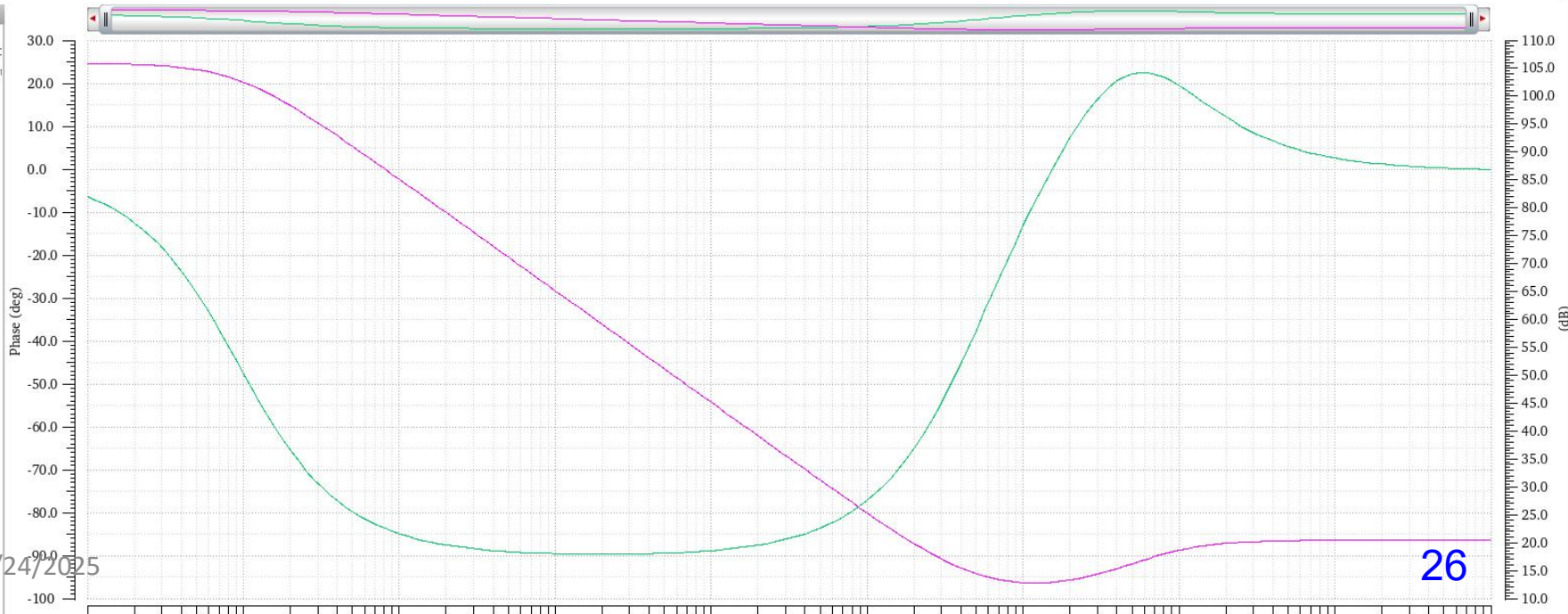
Type	Enable	Arguments
1 tran	<input type="checkbox"/>	0 10m moderate
2 dc	<input type="checkbox"/>	t -1.8 1.8 Automatic Start-Stop /V6
3 ac	<input checked="" type="checkbox"/>	100 100G 20 Logarithmic Points Per Decade Start-Stop

thuvien1 opamp_2tan0212 schematic

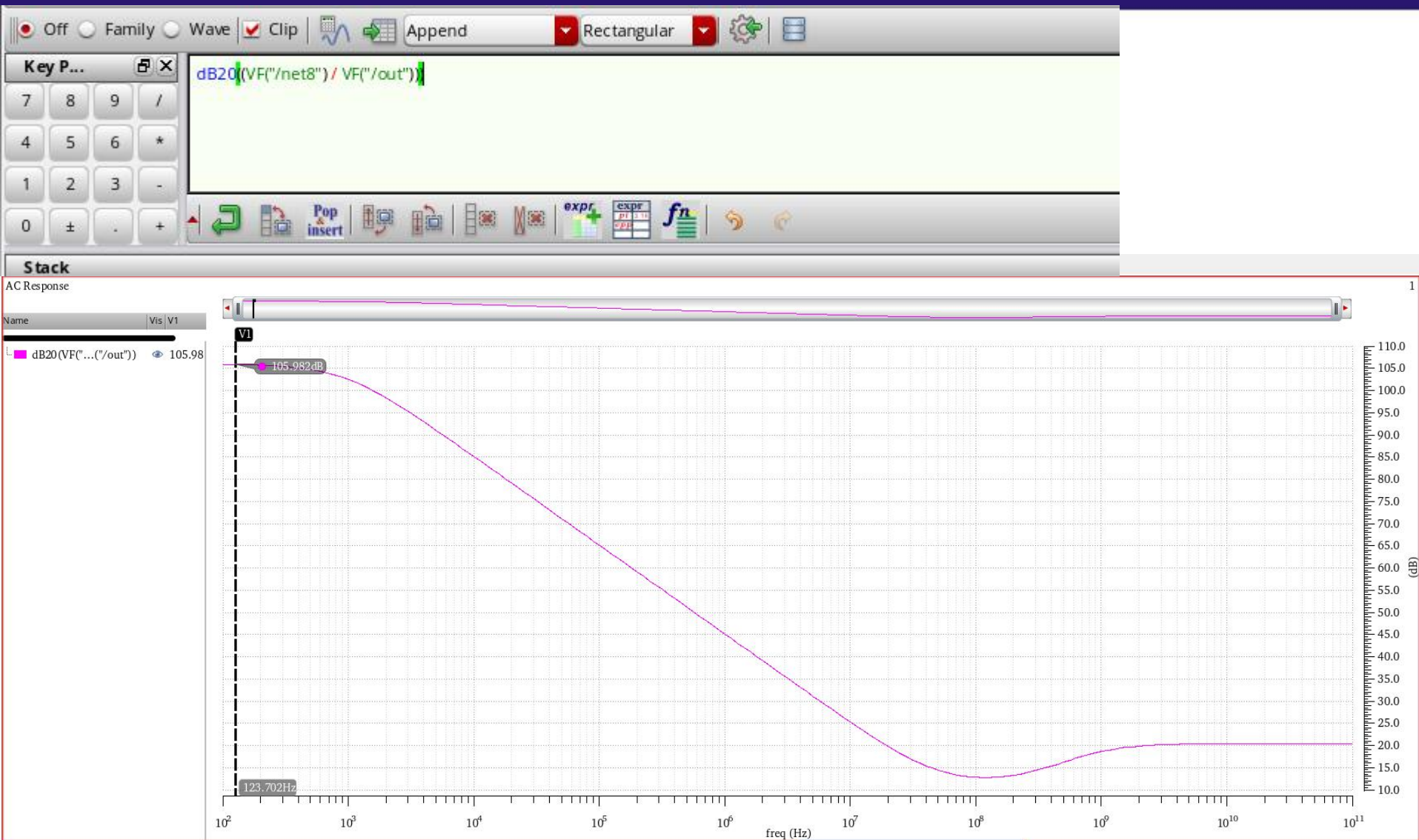
AC Response

Name

phaseDegU...(''/c
dB20(VF(''/o/



PSRR



12/24/2025

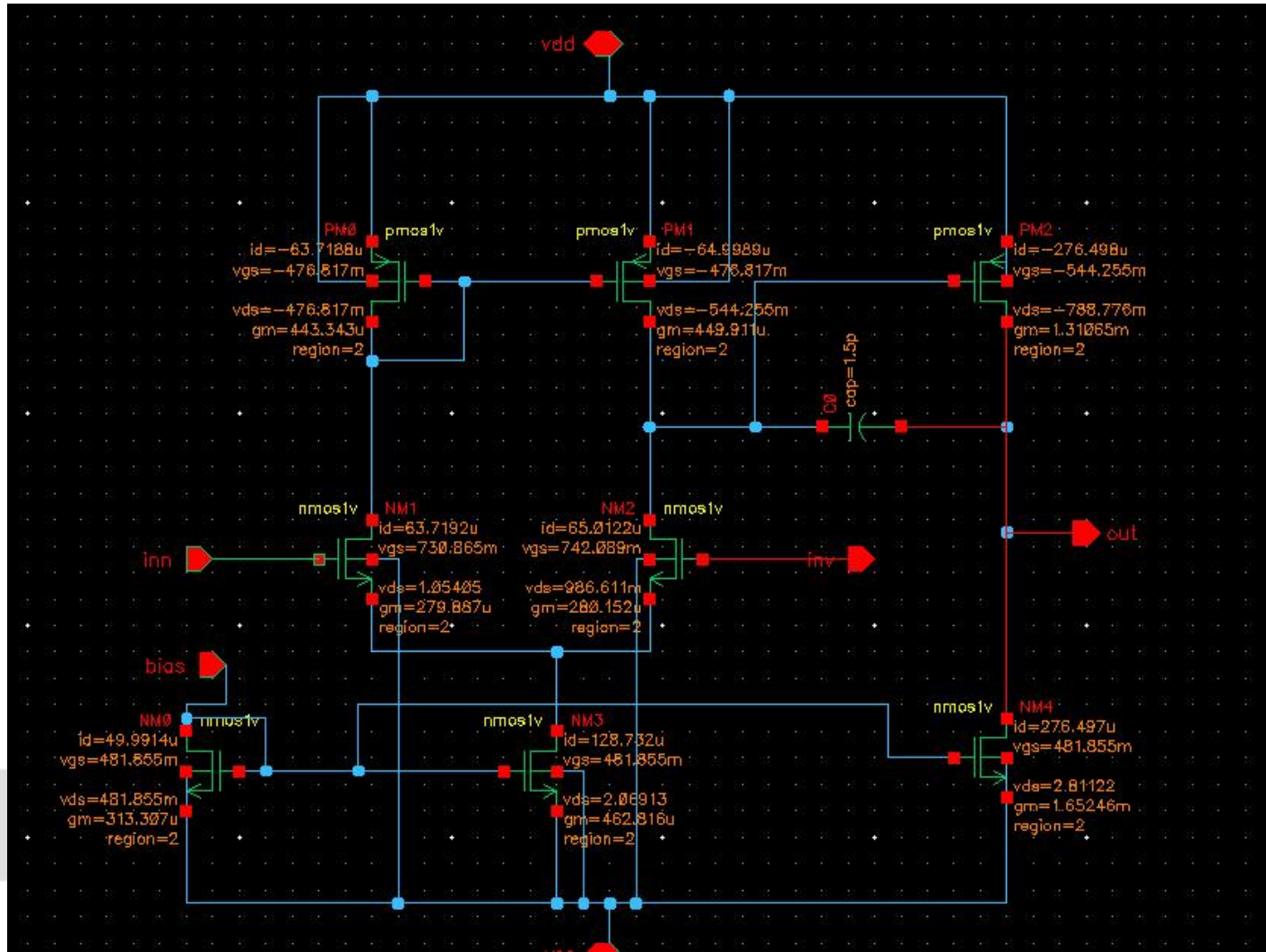
Nhiều từ nguồn bị giảm 100.000 lần khi đi đến ngõ ra.

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	1.9118
vdsat	256.922m
vdss	256.922m
vearly	2.33021
vfbeff	-953.152m
vgb	1.8
vgd	-1.37212
vg	539.681m
vgsteff	267.52m
vg	274.289m
vsat_marg	1.65488
vsb	1.26032
vth	265.391m

Region Vinn = 2

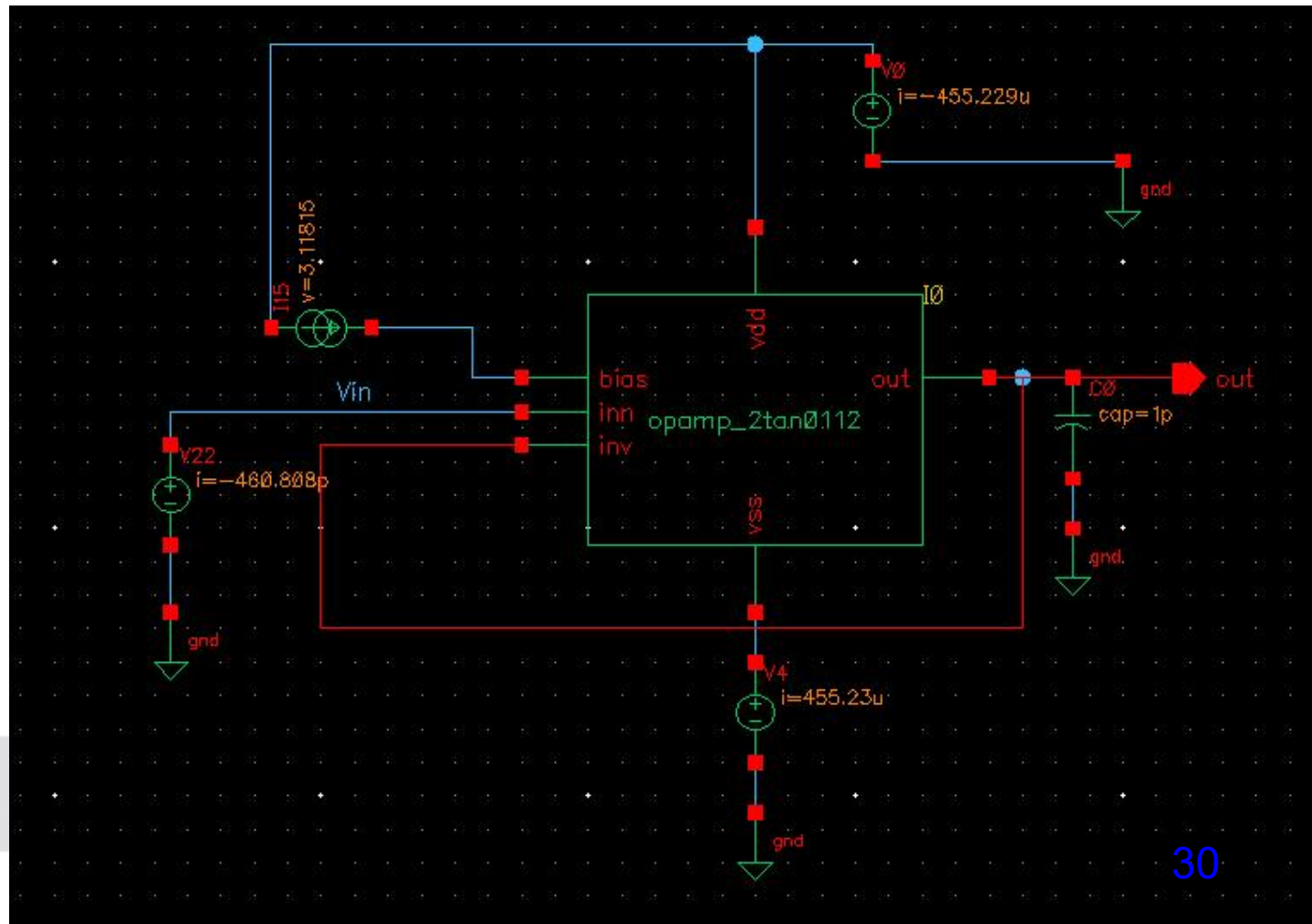
check tran đã bão hòa chưa
Region Vinn = 2

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
vg	539.681m
vgsteff	267.518m
vg	274.288m
vsat_marg	1.65486
vsb	1.26032
vth	265.393m

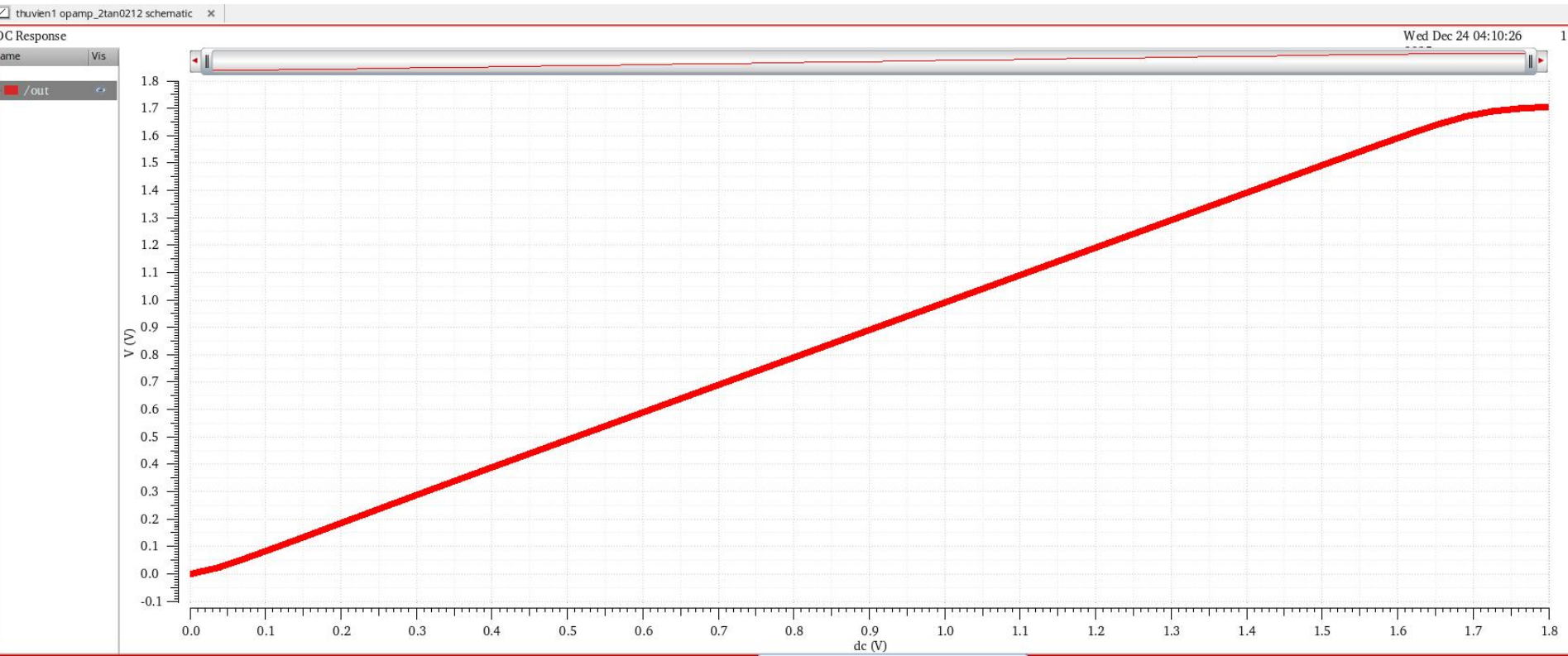
DC OFFSET



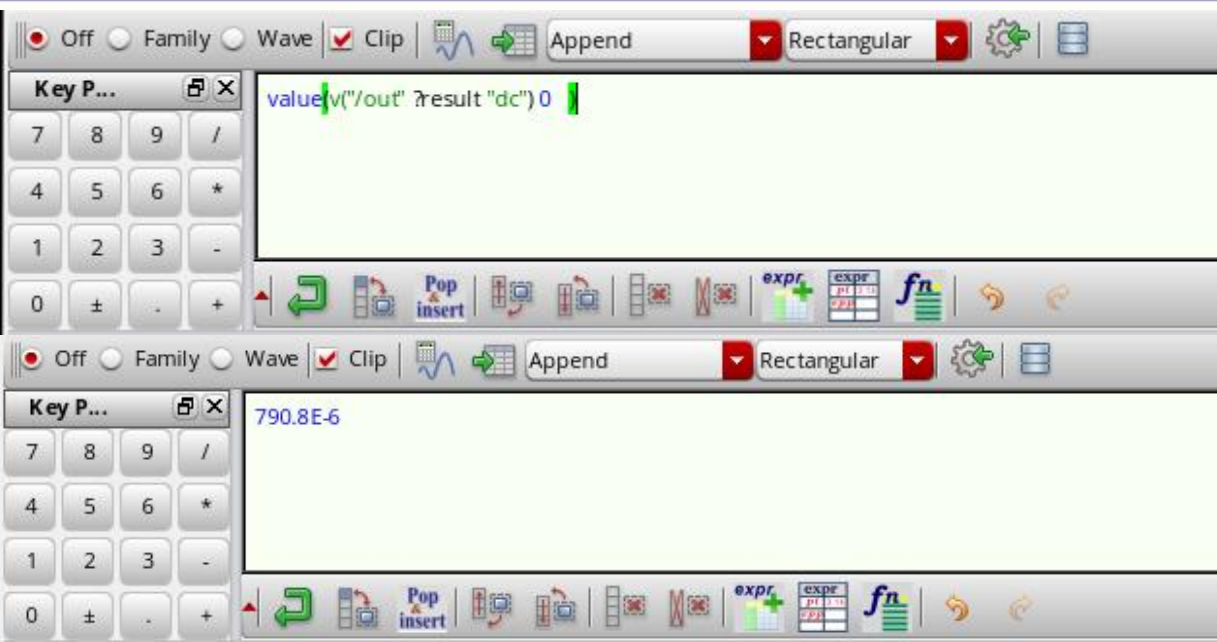
DC offset là phần điện áp DC bị “đội lên” hoặc “lệch đi” so với mức 0 V trên tín hiệu AC.



DC OFFSET



DC OFFSET



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