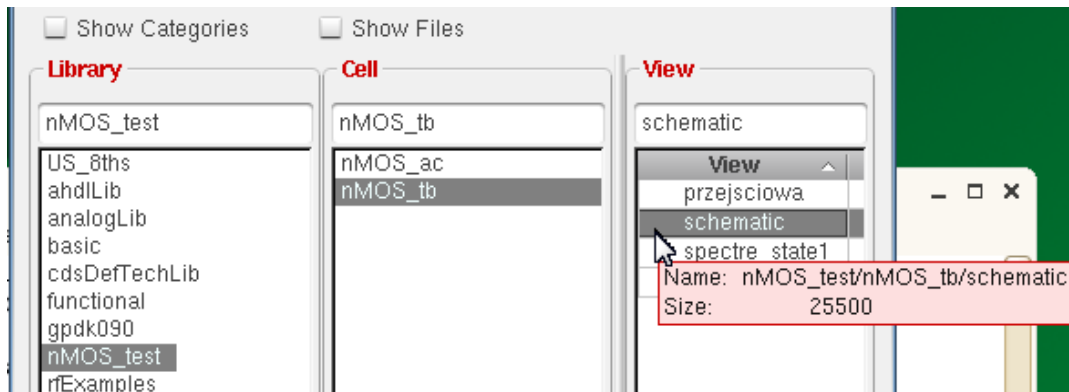
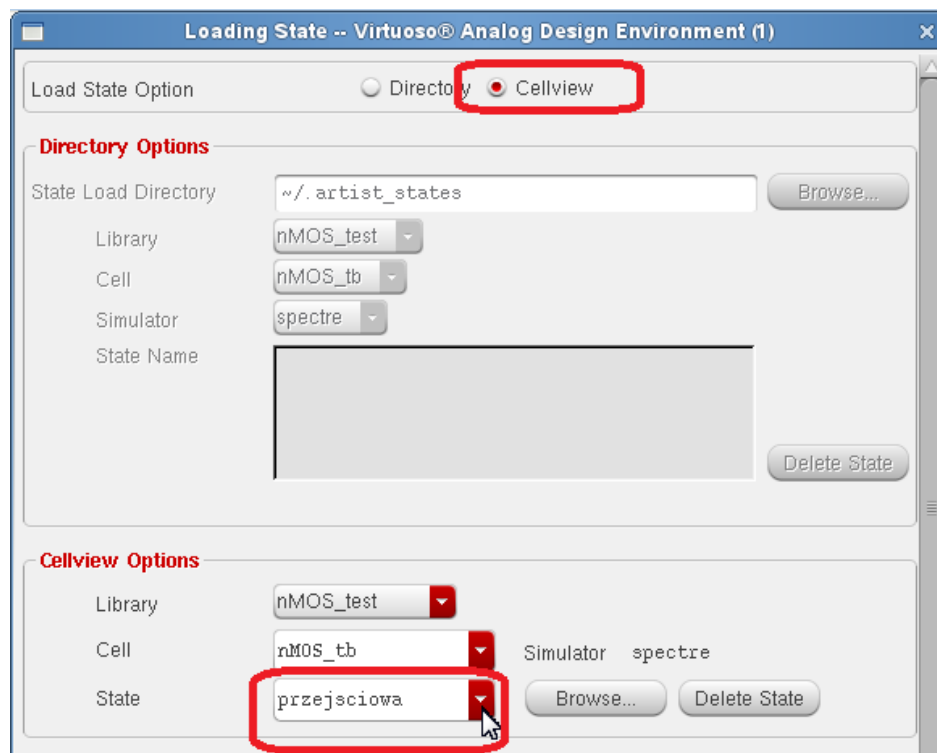


## 1. Odczyt transkonduktancji **gm**

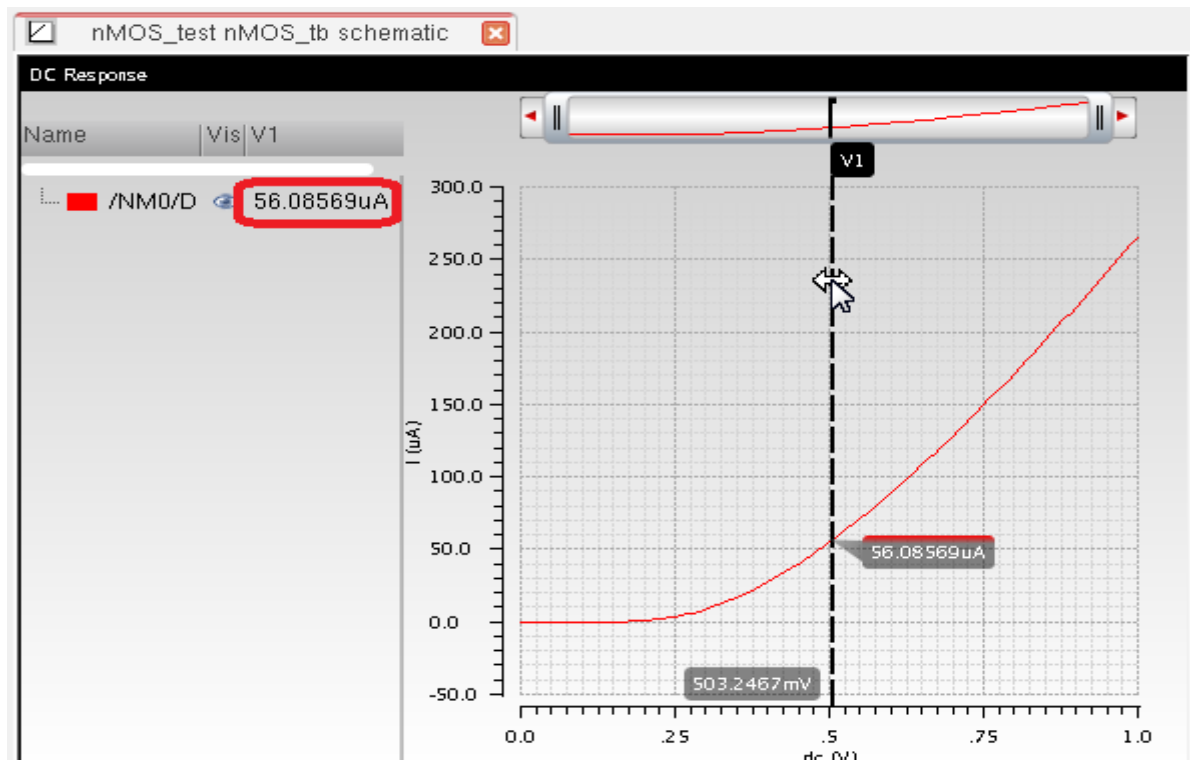
1. Uruchom środowisko Cadence
2. Otwórz symulację charakterystyki przejściowej z poprzednich zajęć.
  1. Otwórz widok **schematic** celki **nMOS\_tb** (lub nMOS\_dc) z Twojej biblioteki **nMOS\_test**



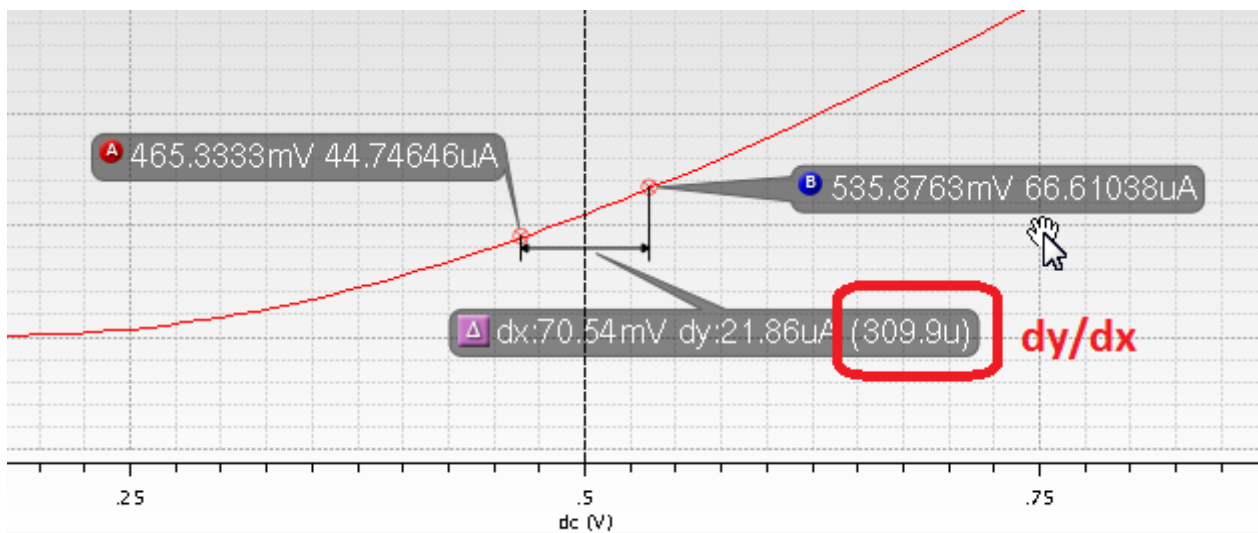
2. Uruchom środowisko ADE L.
3. Załaduj ustawienia z poprzednich zajęć wybierając z menu **Session-->Load State**.
4. W pojawiającym się oknie wybierz **Cellview** oraz odpowiednią nazwę stanu (np. **przejsciowa**).



3. Jeżeli na ekranie pojawiło się okno z wykresem, zamknij je.
4. Uruchom ponownie symulację.
5. Będąc w oknie wizualizacji wyników (**Virtuoso Visualization & Analysis**) wciśnij klawisz **v**. Na ekranie pojawi się pionowy kursor. Możesz zmieniać położenie kursora. Zwróć uwagę, że w legendzie pojawia się aktualna wartość przebiegu w miejscu przecięcia z kursorem. Patrz rysunek poniżej.



6. Ustaw kursor na wartości  $V_{gs} = 500 \text{ mV}$ . Jest to nasz punkt pracy.
7. Ustaw kursor myszy nieco na lewo od kursora. Wciśnij klawisz **a**.
8. Ustaw kursor myszy w podobnej odległości na prawo od kursora. Wciśnij klawisz **b**.
9. Na ekranie zobaczysz dwa markery oraz obliczone  $\Delta y$ ,  $\Delta x$  oraz  $\Delta y/\Delta x$ . Na ekranie powinieneś/powinnaś widzieć widok podobny do rysunku poniżej.



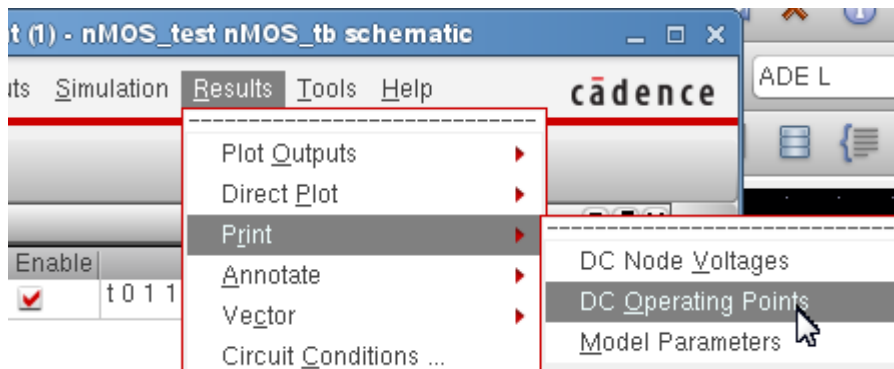
Dokonałaś linearyzacji wykresu wokół **punktu pracy**. Parametr, który odczytałaś/eś to **transkonduktancja  $g_m$**

$$g_m = \frac{\partial I_D}{\partial V_{GS}}$$

10. Odczytaj  **$g_m$**  dla dwóch wartości  $V_{gs} = 500 \text{ mV}$  oraz  $V_{gs} = 325 \text{ mV}$ . Czy dobór punktu pracy zmienia ten parametr?
11. Aby usunąć wszystkie kursory wciśnij kombinację klawiszy **Ctrl+e**.

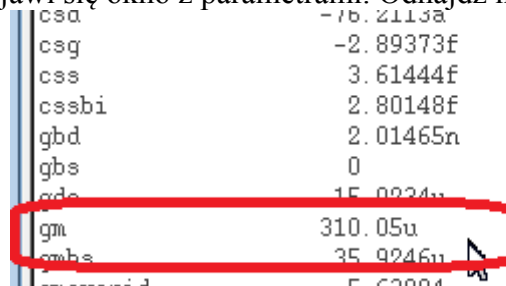
Teraz sprawdź, czy Twoje przybliżenie dla punktu pracy  $V_{gs} = 500 \text{ mV}$  pokrywa się z  $g_m$  obliczonym przez symulator.

12. W oknie ADE wybierz **Results-->Print-->DC Operating Points** z menu górnego.



13. Na schemacie kliknij na tranzystor nMOS.

14. Na ekranie pojawi się okno z parametrami. Odnajdź interesujący Cię parametr  $g_m$ .

The image shows a screenshot of a parameter list window. The list contains several parameters with their values. The parameter  $g_m$  is highlighted with a red rectangular box. The values are as follows:

csg	-76.21138
csg	-2.89373f
css	3.61444f
cssbi	2.80148f
gbd	2.01465n
gbs	0
gdc	15.0224u
<b>gm</b>	<b>310.05u</b>
gmbs	35.9246u
gmbs	5.00004

Pokrywające się wyniki wskazują na to, że przybliżenie charakterystyki linią prostą jest prawidłowe.

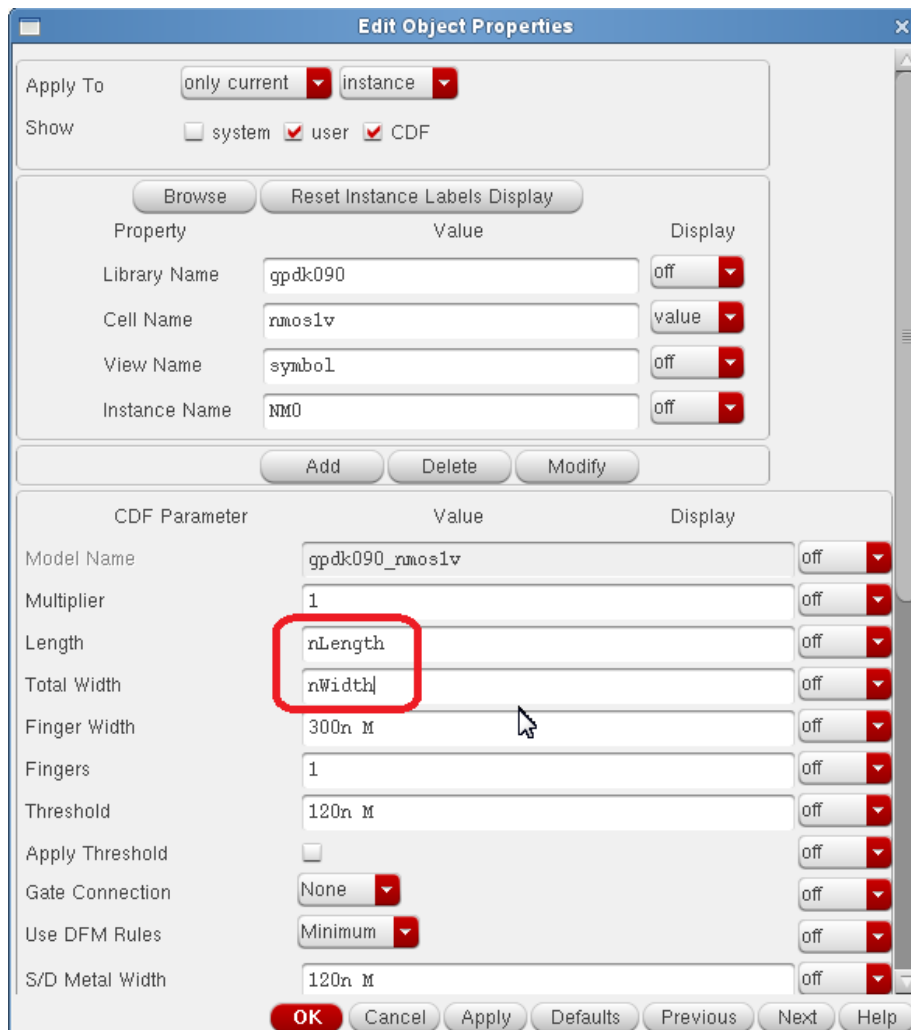
Pytanie: W jakim zakresie można przybliżać charakterystyki liniami prostymi?

Odpowiedź: Małym. Stąd analiza małosygnalowa (small signal).

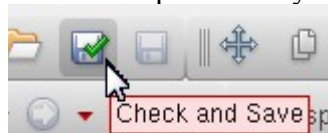
## 2. Symulacje parametryczne.

Celem ćwiczenia jest zapoznanie z metodami symulacji w środowisku Cadence.

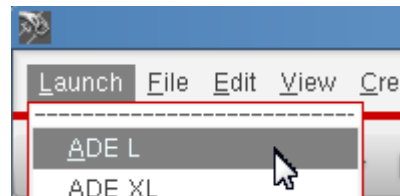
1. Przejdź do katalogu roboczego i uruchom środowisko Cadence.
2. Otwórz widok **schematic** Twojej celki z poprzednich zajęć (np. **nMOS\_test.nMOS\_tb**).
3. Zmień właściwości tranzystora (pomocny jest klawisz **q**) zgodnie z rysunkiem poniżej. W polach **Length** oraz **Total Width** podaj własne nazwy zmiennych np. **nLength** i **nWidth**.



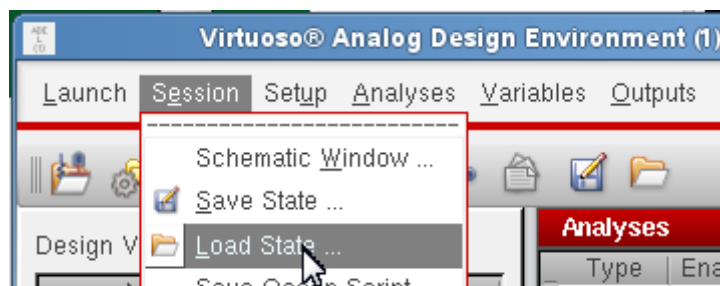
4. Podobnie zmień wartość napięcia dc źródła  $V_{ds}$  z 1 na 0.5.
5. Zapisz zmodyfikowany schemat. Nie powinno być żadnych błędów ani ostrzeżeń.

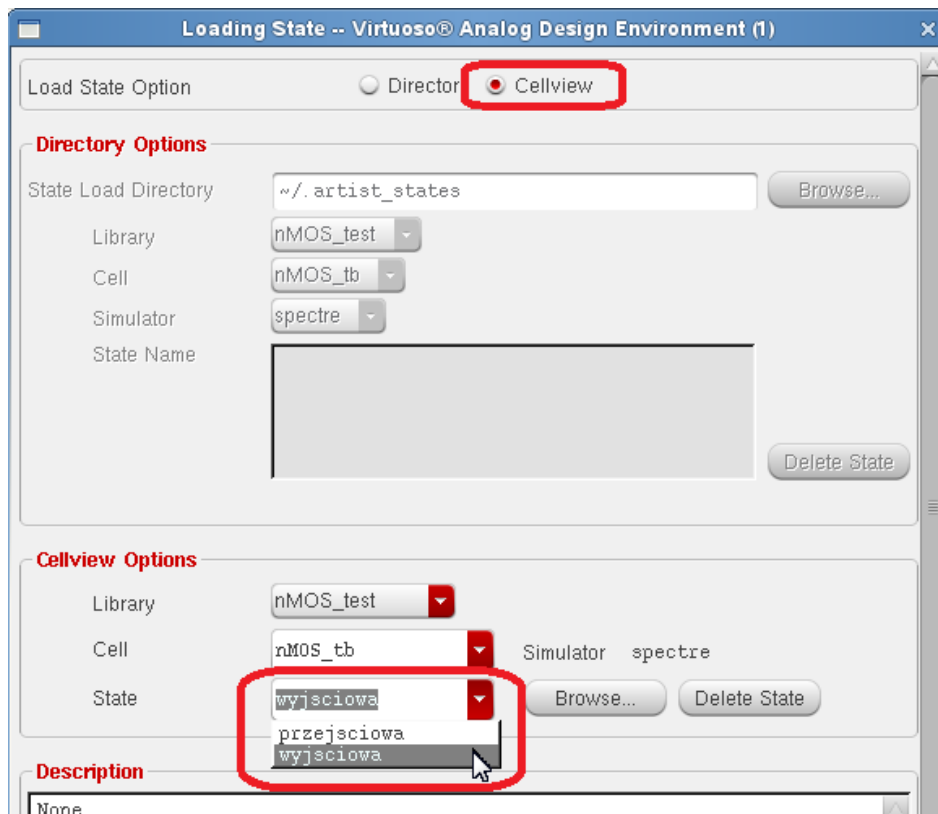


6. Uruchom środowisko **Virtuoso Analog Design Environment (ADE L)**. W oknie edytora schematu wybierz z menu **Launch-->ADE L**.



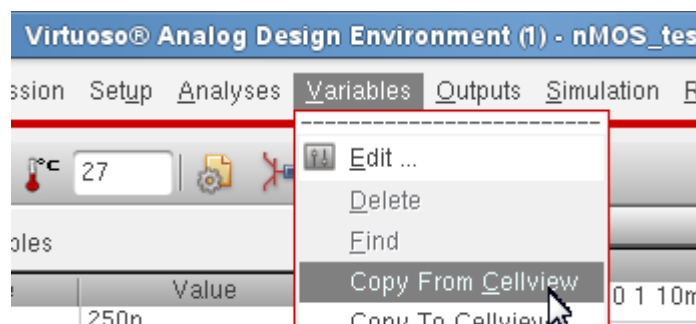
7. Załaduj sesję wyjściową wybierając pozycję **Session-->Load State** w menu okna **Analog Design Environment**. Następnie wybierz pole





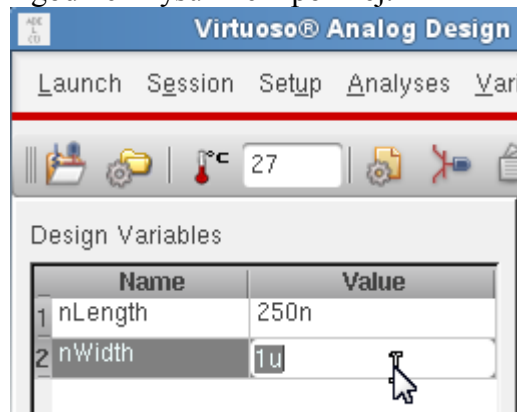
Zatwierdź klikając na przycisk **OK**.

8. Z menu górnego okna **ADE** wybierz **Variables-->Copy From Cellview**.



9. Zauważ, że w lewym panelu okna **ADE** pojawiły się nazwy zmiennych, które wprowadziłeś/aś na schemacie.

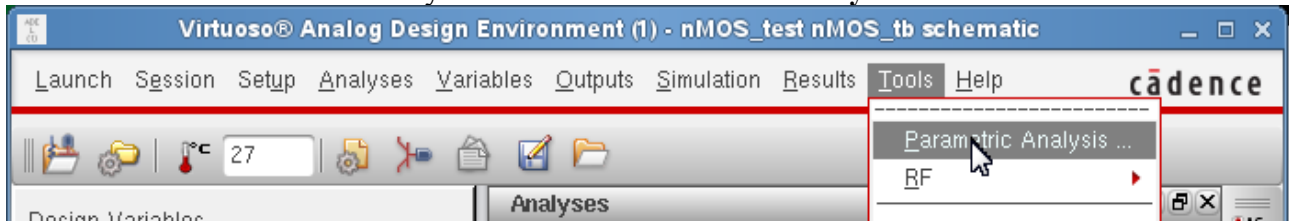
10. Uzupełnij wartości zgodnie z rysunkiem poniżej.



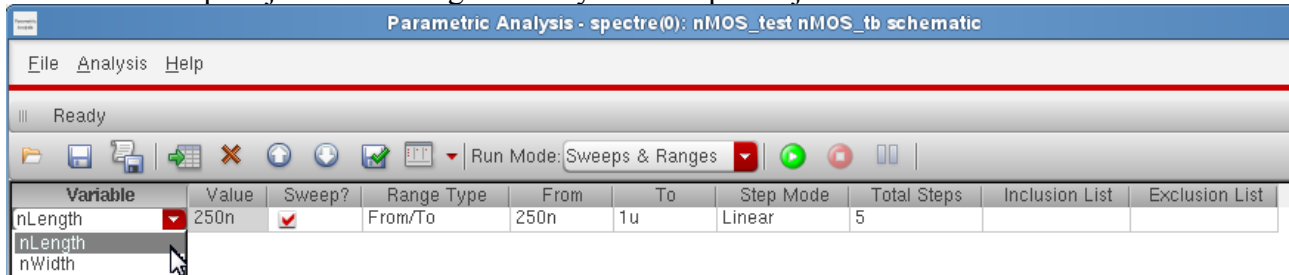
11. Uruchom symulację dla sprawdzenia, czy wszystko działa.

Teraz przejdziemy do tzw. symulacji parametrycznych.

12. Z menu okna ADE wybierz **Tools-->Parametric Analysis**.



13. Uzupełnij nowe okno zgodnie z rysunkiem poniżej.



Uwaga! Część pozycji to „drop-down lists”. Poświęć nieco czasu na oswojenie się z interfejsem użytkownika.

14. Kliknij na zielony przycisk, aby rozpocząć serię symulacji. Na ekranie powinna pojawić się seria wykresów.

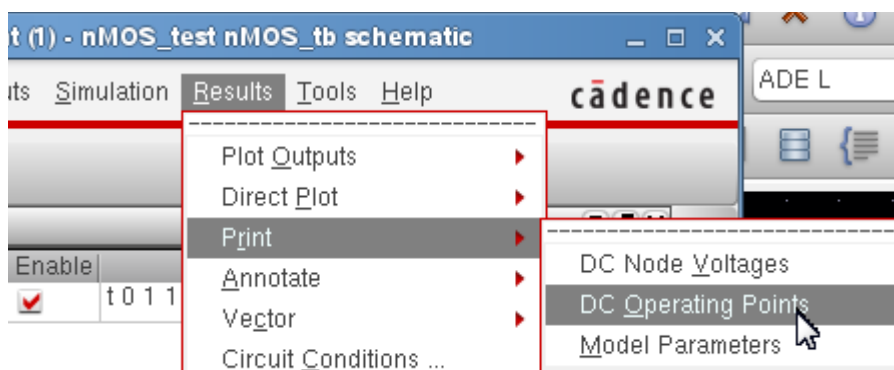
3. Napięcie  $V_{ds,sat}$

1. Wskaż na wykresie wskaż zakresy pracy tranzystora. Gdzie jest granica między nimi? 1. Przy pomocy kursora pionowego (klawisz v) wskaż napięcie  $V_{ds,sat}$  przy którym tranzystor przechodzi do stanu nasycenia.
2. Zamknij okno symulacji parametrycznych.
3. Następnie uzupełnij tabelkę.

	„na oko”	Punkt pracy
$V_{ds,sat}$ @ $nLength = 250$ nm		

Aby odczytać punkt pracy:

4. W oknie ADE wybierz **Results-->Print-->DC Operating Points** z menu górnego.



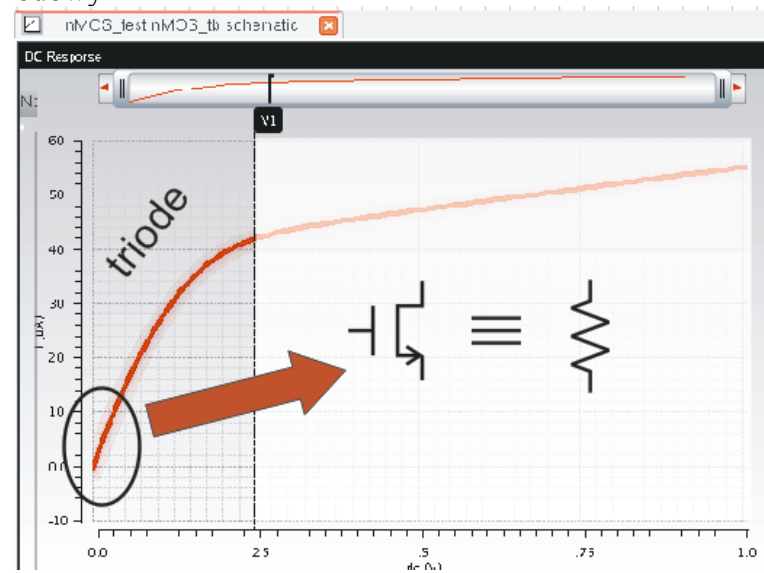
5. Na schemacie kliknij na tranzystor nMOS.

6. Na ekranie pojawi się nowe okno. Odczytaj wartość  $v_{dsat}$  dla pierwszego rzędu.

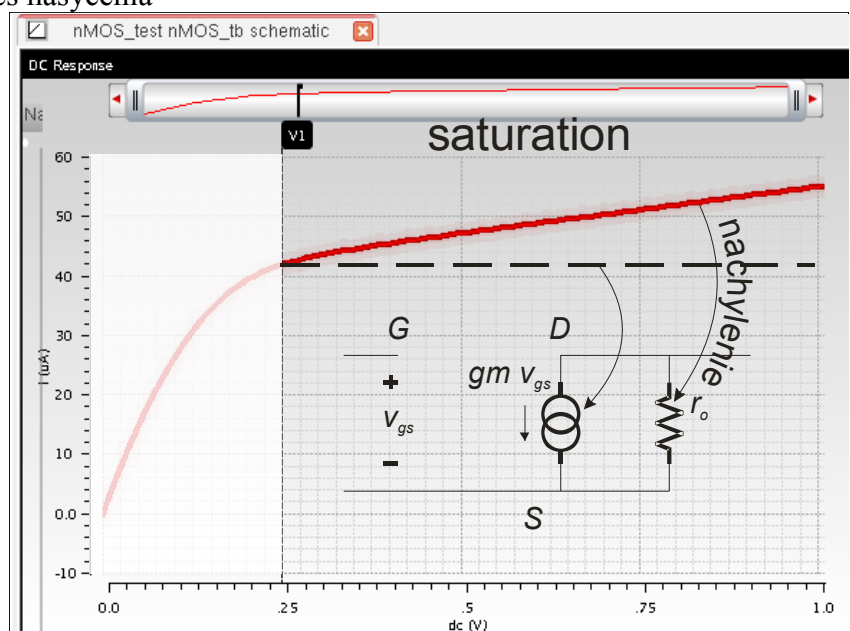
Results Display Window					
Window Expressions Info Help					cadence
OP ("/NM0" "??")	OP ("/NM0" "??")	OP ("/NM0" "??")	OP ("/NM0" "??")	OP ("/NM0" "??")	OP ("/NM0" "??")
Eff	<b>vdsat</b>	vds	vdb	vbs	
2.613m	252.069m	1	1	0	
1.709m	265.83m	1	1	0	
3.342m	274.599m	1	1	0	
9.585m	280.608m	1	1	0	
1.00348	284.859m	1	1	0	

7. Zwróć uwagę jak zmienia się **vdsat** z rosnącą długością tranzystora.
8. Czy Twoje przypuszczenia okazały się prawdziwe?

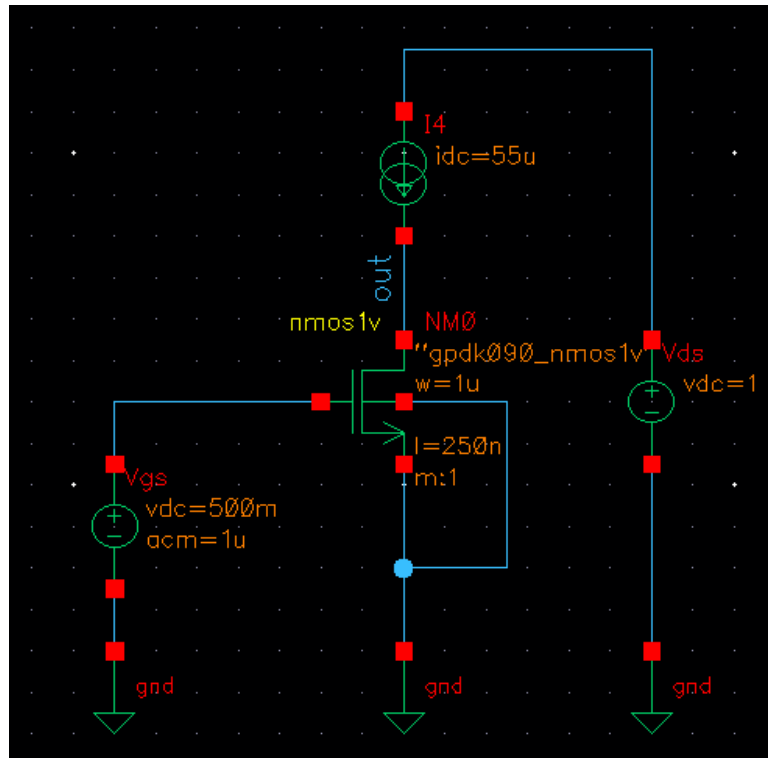
4. Model małosygnalowy  
1. Zakres trydowy



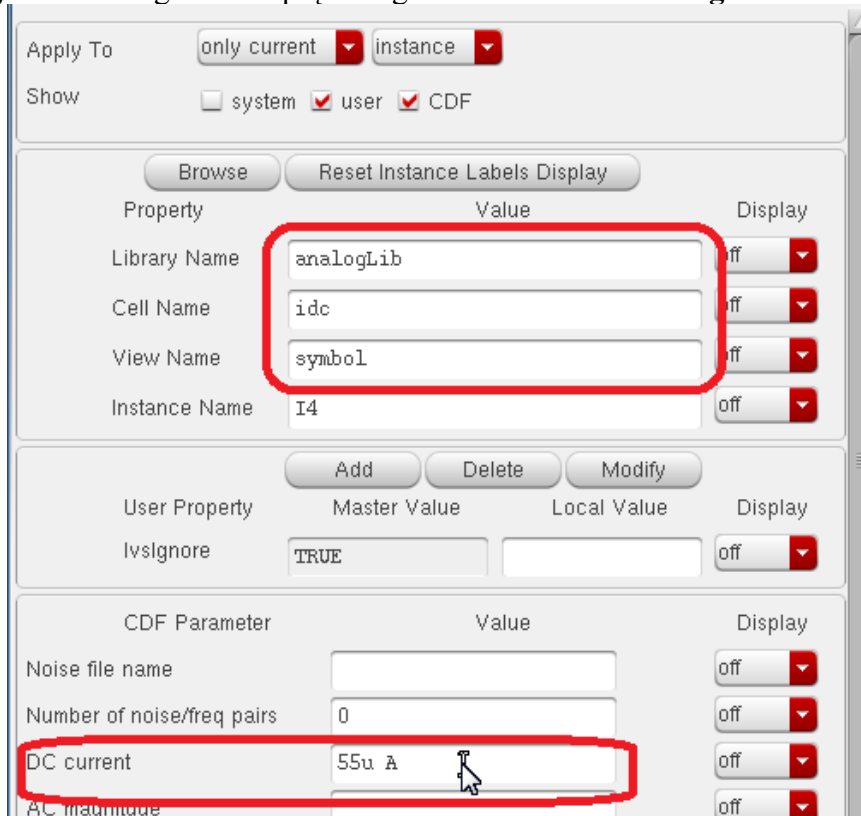
2. Zakres nasycenia



5. Przykład wzmacniacza
6. Samodzielnie utwórz nową celkę ze schematem pokazanym na rysunku.

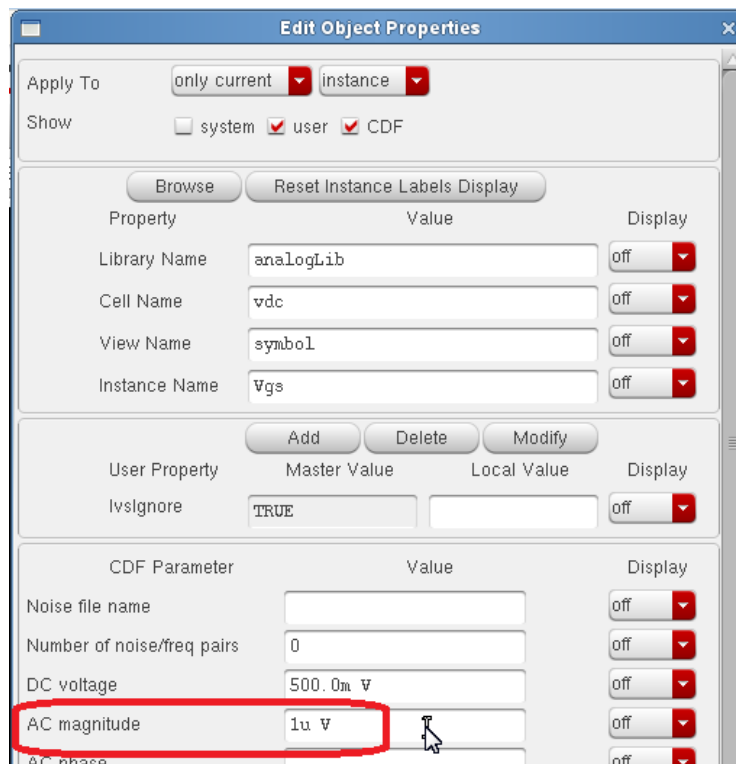


1. Użyj dodatkowego źródła prądowego **idc** z biblioteki **analogLib** o wartości **55u**.

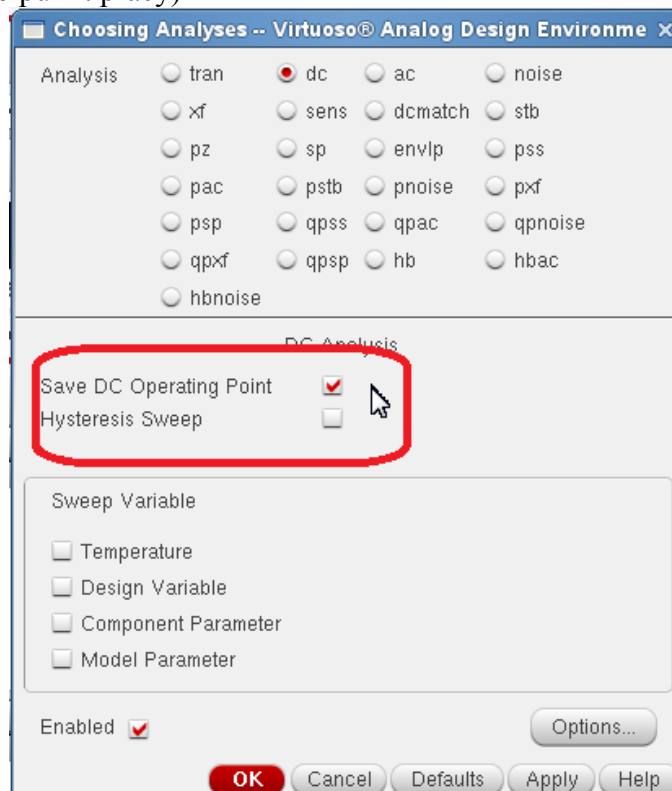


2. W źródle napięciowym dodaj wartość **AC magnitude** zgodnie z rysunkiem.

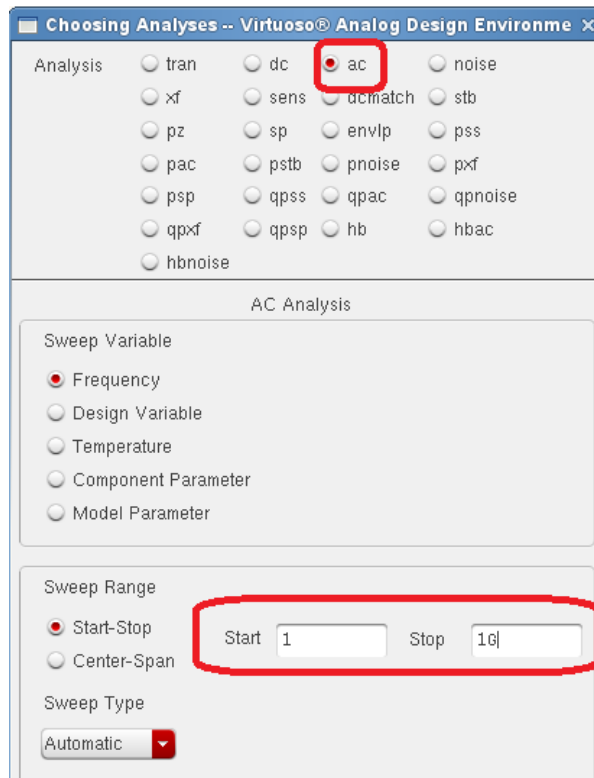




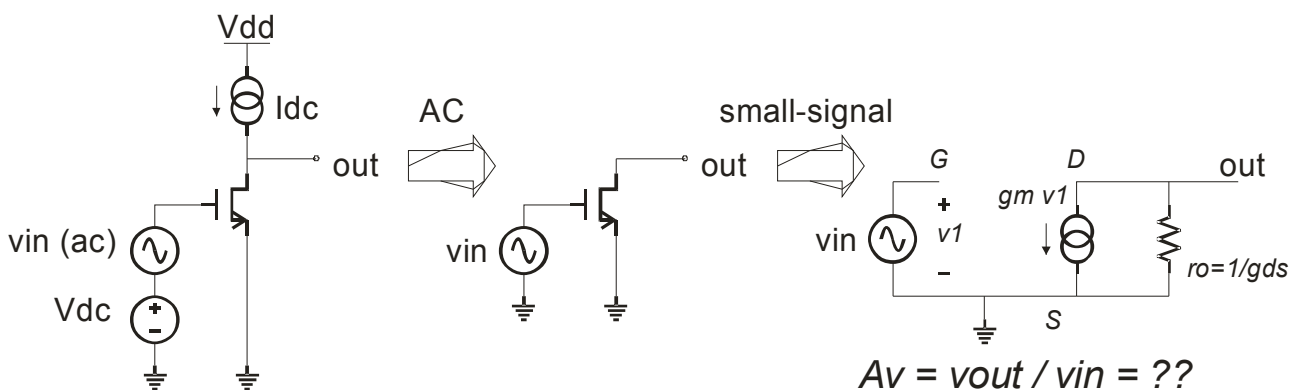
3. Uruchom środowisko **ADE** i wykonaj następujące analizy
  1. dc (tylko punkt pracy)



2. ac zgodnie z rysunkiem



4. Wykreśl napięcie na drenie tranzystora.
5. Uruchom symulację. Zapisz wynik wzmacnienia dla niskich częstotliwości (weź pod uwagę, że na wejście podaliśmy 1u V).
7. Analiza układu
  1. W jakim zakresie pracuje nasz tranzystor? Jak to sprawdzić?
    1. Odczytaj parametry **DC Operating Points** dla tranzystora.
    2. Jaka jest relacja między **vds** a **vdsat**?
  2. Konduktancja wyjściowa.
    1. Odczytaj parametr konduktancja wyjściowa **gds**.
  3. Transkonduktancja.
    1. Odczytaj parametr transkonduktancja **gm**.
  4. Używając odczytanych wartości oblicz wzmacnienie małosygnałowe korzystając z obwodu zastępczego.



5. Czy odczytana wartość pokrywa się z obliczoną?