

## ΑΣΚΗΣΗ 4

- Δημιουργείστε ένα **testbench** σχηματικό (schematic) για την μελέτη της λειτουργίας του ενισχυτή MOS όπως φαίνεται παρακάτω με τα εξής χαρακτηριστικά:  
**(Library Name: analogLib → vsin, vdc, res, gnd)**

**Vsin:**

**AC magnitude=1V**

**DC voltage=500mV**

**Amplitude=10mV**

**Frequency=1kHz**

**VDD=1V**

**RD=2kΩ**

**NMOS:**

Library: umc90nm

Cell: N\_10SP

Wn(total)/Ln=1u/80n

Fingers=4

Cellname: “tb\_cs\_ampl”.

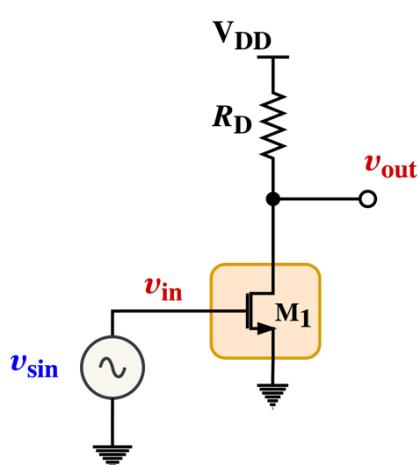
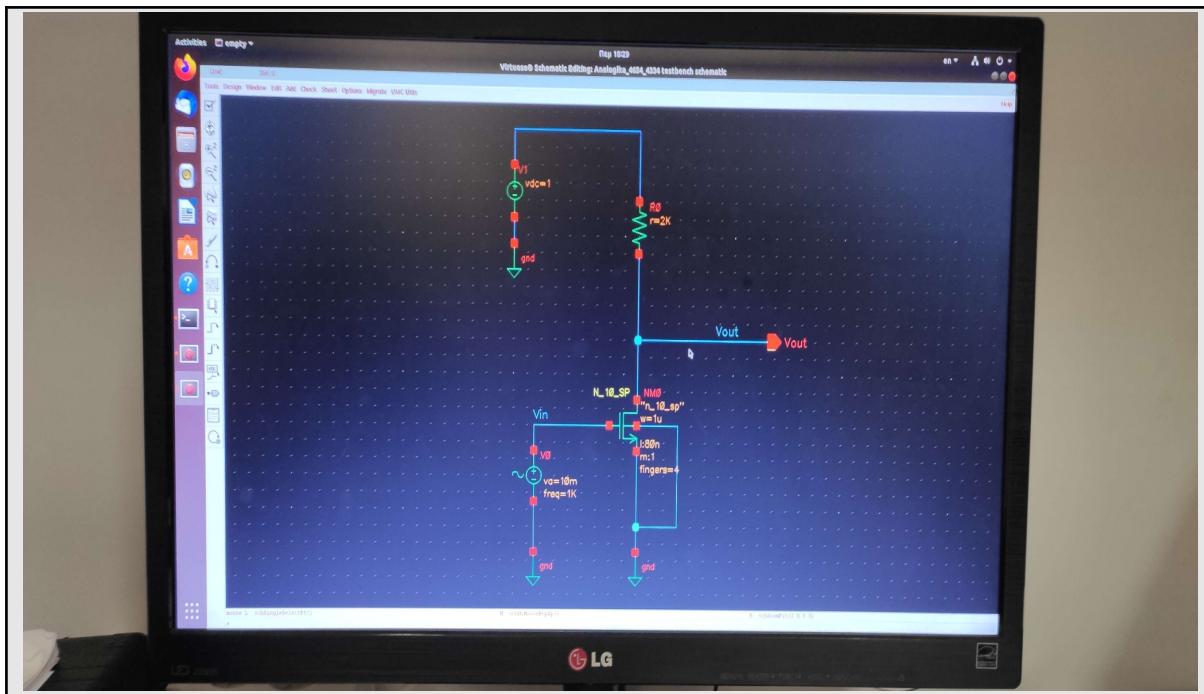


Figure 1. Schematic of testbench tb\_cs\_ampl



### Παραδοτέο #1: Σχηματικό που δημιουργήθηκε.

2. Στη συνέχεια, κάνοντας **DC analysis** και χρησιμοποιώντας είτε το calculator είτε το Print/Annotate DC operating points μετρήστε το gds, gm, ids, Vgs, Vds, Vth, region.

gm (S)	gds (S)	Ids (A)	Vgs (V)	Vds (V)	Vth (V)	Region
867.4u	58.97u	128u	500m	743.9m	252.5m	(2) saturation

a) Αποδείξτε την περιοχή λειτουργίας του transistor.

Περιοχές λειτουργίας: saturation (2) επειδή  $V_{ds} > V_{gs} - V_{th}$   
αφού για  $743.9m > 500m - 252.5m$  V

b) Βρείτε τη θεωρητική τιμή ενίσχυσης του MOS ενισχυτή.

parameter	$\lambda = 0 \quad (ro = \infty)$	$\lambda \neq 0$
$R_{out}$	$R_{out} = RD = 2k\Omega$	$R_{out} = RD \parallel ro = \frac{1}{\lambda \cdot I_D} \parallel 2000$

<i>A</i>	$Av = -gmRD =$ $-867.4\mu S * 2k\Omega = -1,7348$	$Av = -g_m \cdot (r_o \parallel R_D)$ $Av = -867.4 \times 10^{-6} \cdot \left( \frac{1}{1.128 \times 10^{-6}} \parallel 2000 \right)$
----------	--	--

**Παραδοτέο #2:** Καταγραφή χαρακτηριστικών παραμέτρων του MOS, εύρεση περιοχής λειτουργίας του MOS και υπολογισμός κέρδους ενισχυτή.

3. Κάνοντας χρήση της ανάλυσης στο χρόνο (**transient**) για 5 κύκλους (5τ):

- a) Απεικονίστε την είσοδο και έξοδο συναρτήσει του χρόνου.
- b) Αποδείξτε-εξηγείστε την τιμή της DC συνιστώσας του σήματος έξοδου.



**Παραδοτέο #3a:** Κυματομορφή της εισόδου, έξοδου vs. Time (ampl\_in=10 mV)

**Απόδειξη:** Η τιμή από 0.5V στην είσοδο πηγαίνει στα 0.74V στην έξοδο, το οποίο συνάδει με το θεωρητικό κέρδος στο 1.7 (κερδος στην αναλυση κοντα στο 1.55) οποτε  $0.5 * 1.55 = 0.74$  V

**Παραδοτέο #3b:** Εύρεση DC στάθμης στην έξοδο.

4. Χρησιμοποιώντας είτε το calculator είτε τους cursors βρείτε το πλάτος εισόδου, εξόδου και το κέρδος.

Hint:  $y_{max}(VT("in")) - y_{min}(VT("/in"))$

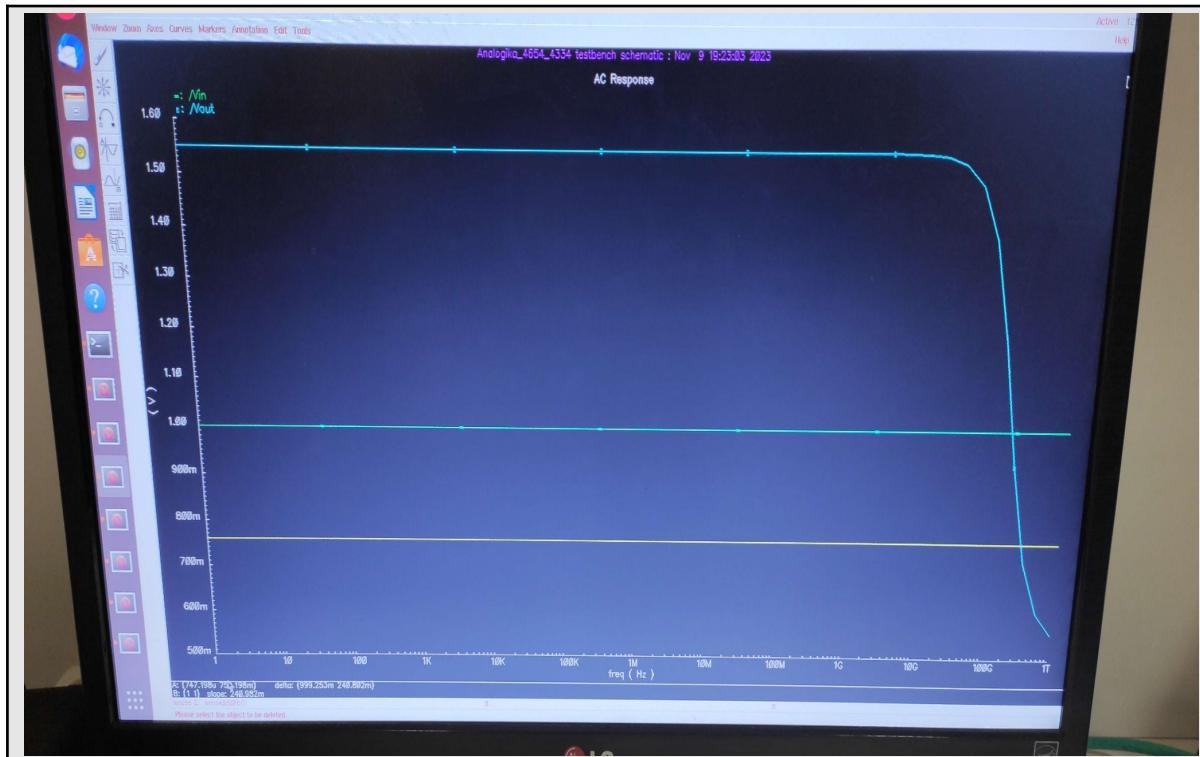
Inp-p (V)	Outp-p (V)	A <sub>v</sub>
19.88m	-30.8395m	-1.551282696

Συγκρίνετε τη θεωρητική τιμή του ερωτήματος #2b με αυτό του #4

Παρατηρούμε ότι η θεωρητική τιμή είναι σχετικά κοντά στην τιμή της ανάλυσης

**Παραδοτέο #4:** Συμπλήρωση πίνακα με το πλάτος εισόδου, εξόδου και το κέρδος από την ανάλυση στο χρόνο καθώς και σύγκριση με θεωρητική τιμή.

5. Κάνοντας χρήση της ανάλυσης στη συχνότητα (**ac analysis**) βρείτε το κέρδος του ενισχυτή και απεικονίστε το συναρτήσει της συχνότητας, όταν το εύρος ανάλυσης είναι από 1Hz έως 1THz.



**Παραδοτέο #5b:** Κυματομορφή κέρδους συναρτήσει της συχνότητας.

6. Αλλάξτε το πλάτος εισόδου της πηγής  $v_{sin}$  και απεικονίστε την είσοδο και έξοδο συναρτήσει του χρόνου.

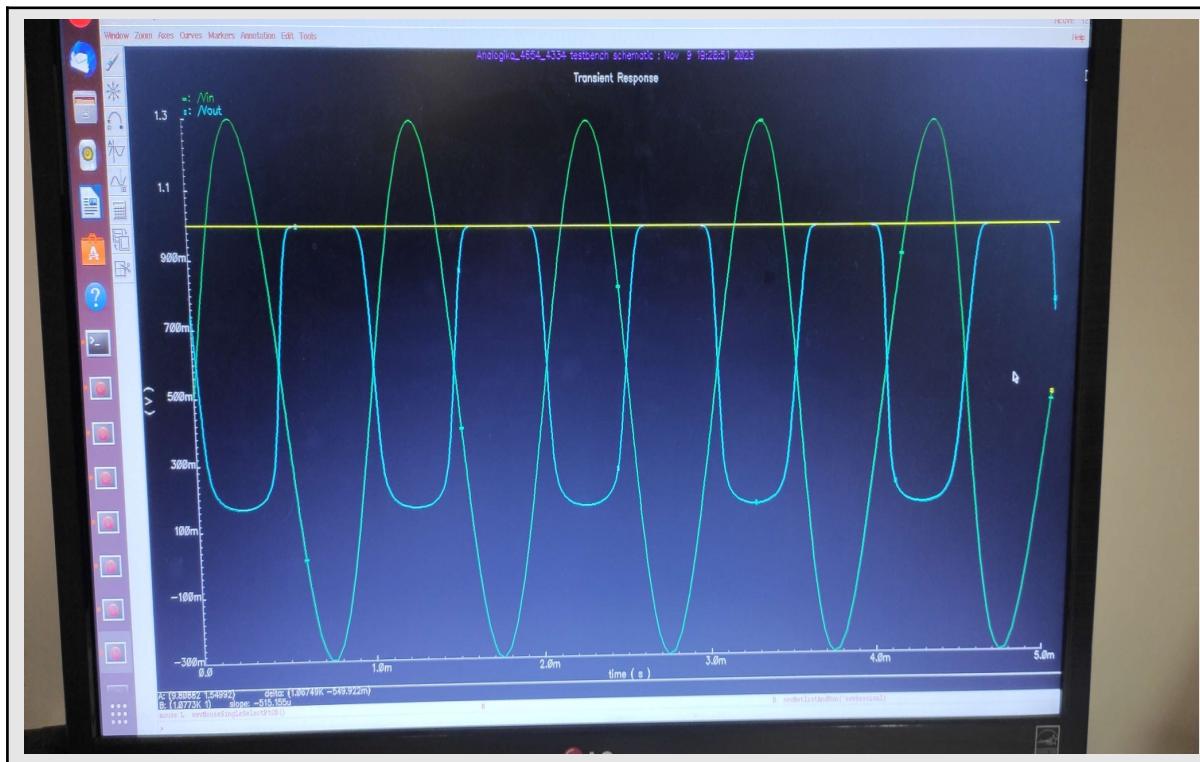
$V_{sin}$ :

AC magnitude=1V

DC voltage=500mV

Amplitude=800mV

Frequency=1kHz



Παραδοτέο #6: Κυματομορφή της εισόδου, έξόδου vs. Time  
(ampl\_in=800mV)