

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

*Кафедра: КЕОА*

*Курс: "Аналогова електроніка - 1"*

**Лабораторна робота № 3**

**Тема:** Дослідження підсилювачів на польовому транзисторі

*Виконав:*

*Ст. групи ДК-92*

*бригада №7*

*Бодак Єгор*

Київ 2020

### Лабораторна робота №3

Тема: “Дослідження польового МДН транзистора з індукованим n-каналом”

Досліджувані схеми: польовий транзистор 2N7000, підсилювач на польовому транзисторі 2N7000.

#### ХІД РОБОТИ

##### 1. Дослідження залежності $I_c(U_{зв})$ для n-канального польового МДН транзистора 2N7000

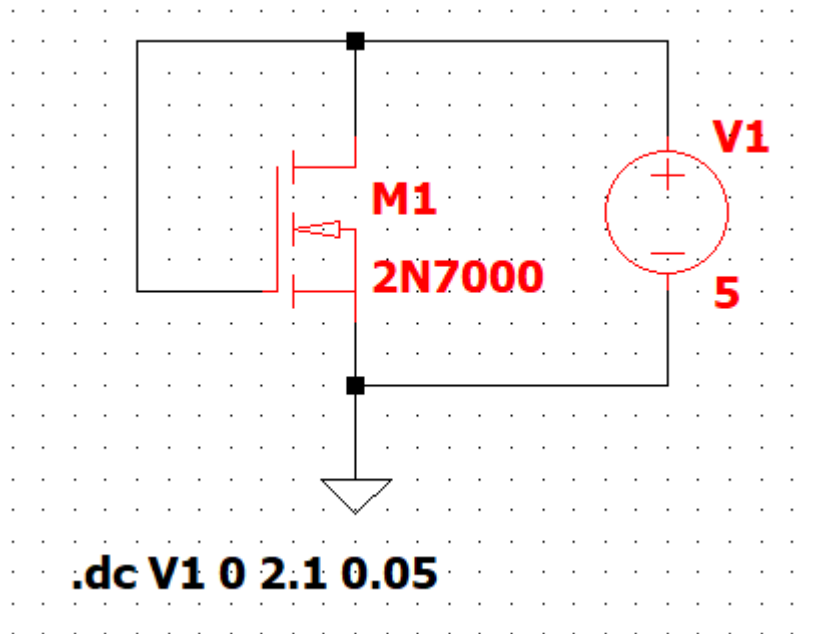
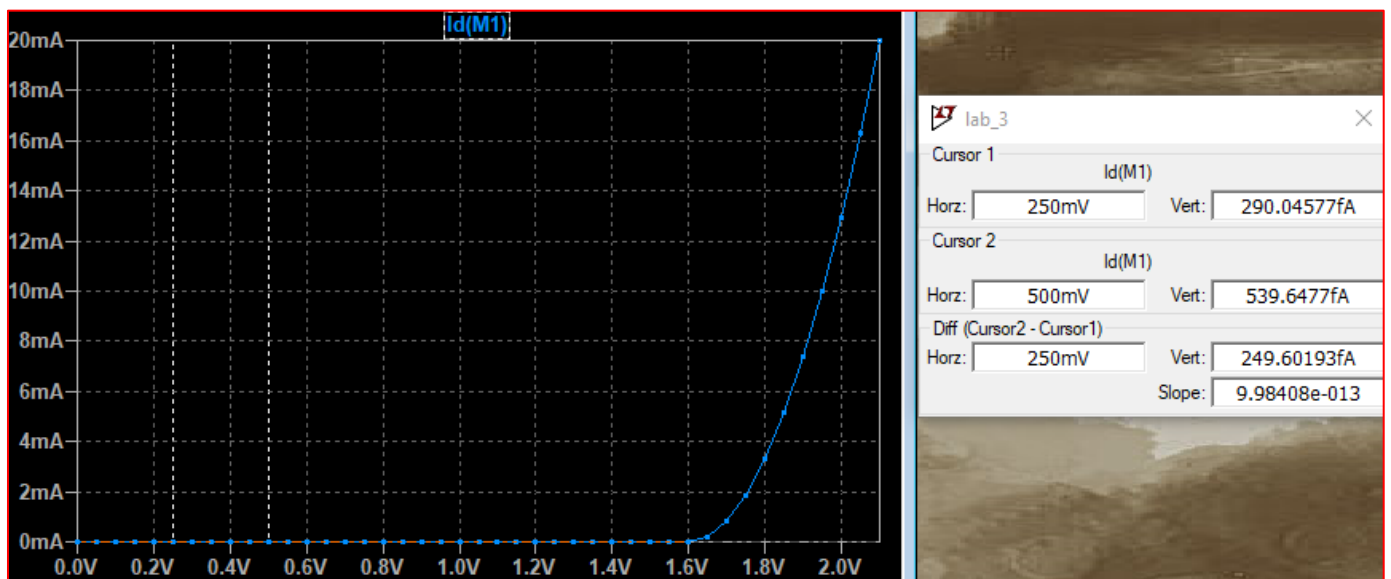
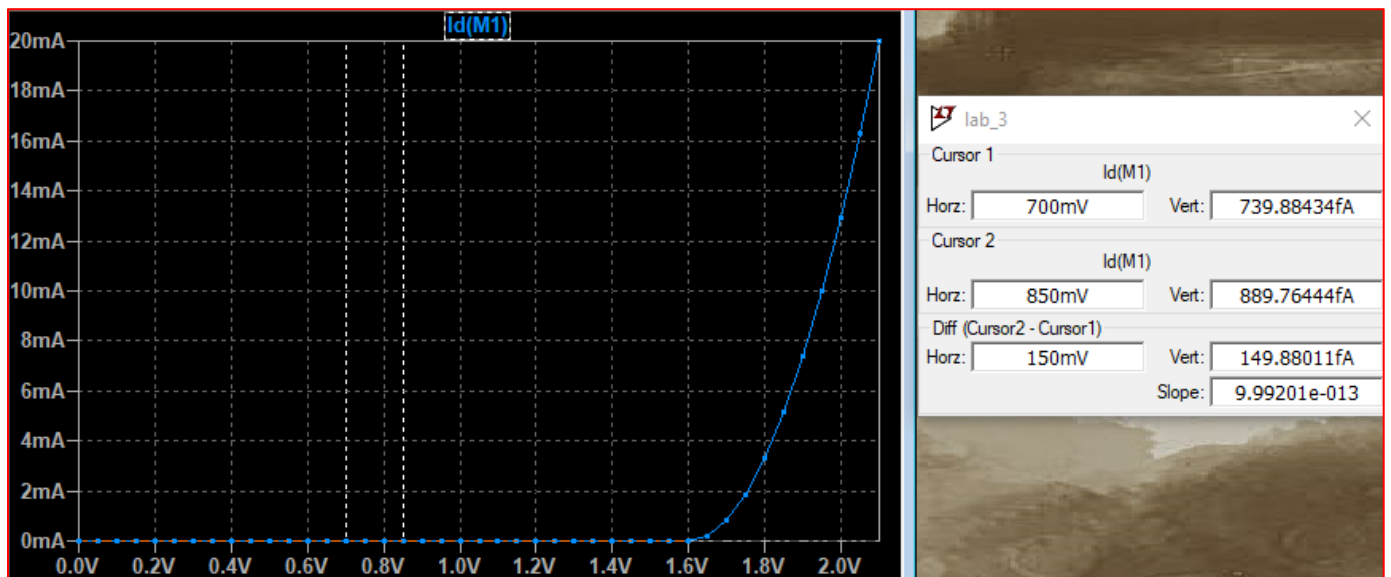


Рис.1. СХЕМА



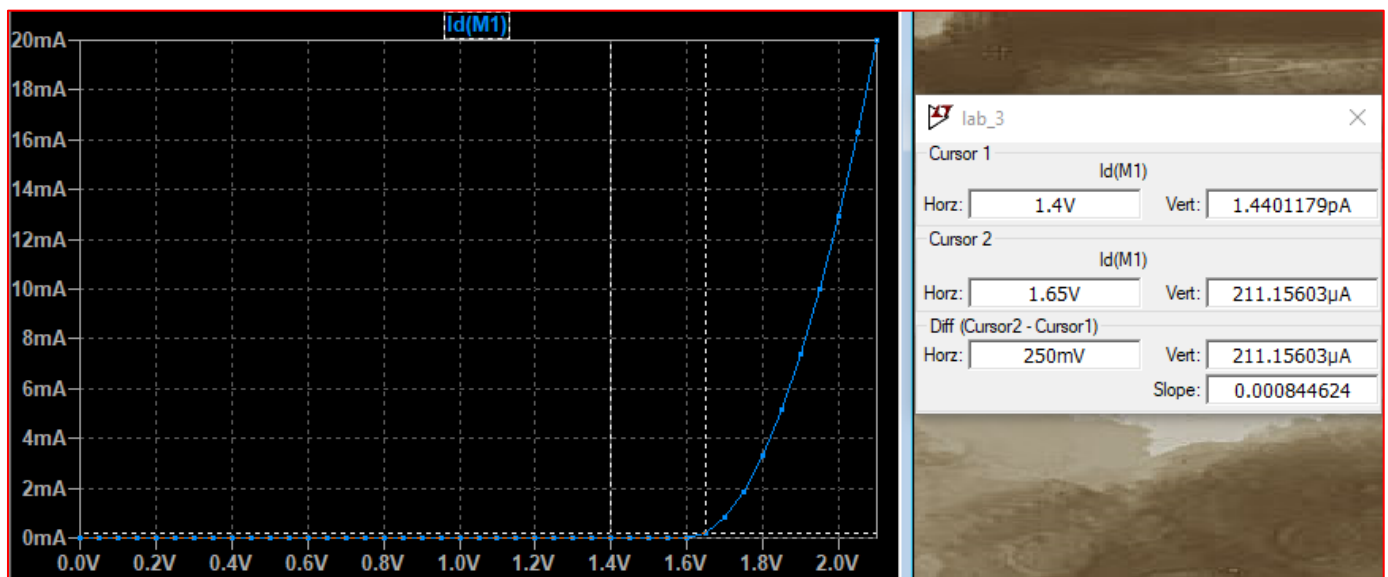
$$U_{3B} = 0,25\text{ V}, I_c = 290.04\text{ fA}$$

$$U_{3B} = 0,5\text{ V}, I_c = 539.64\text{ fA}$$



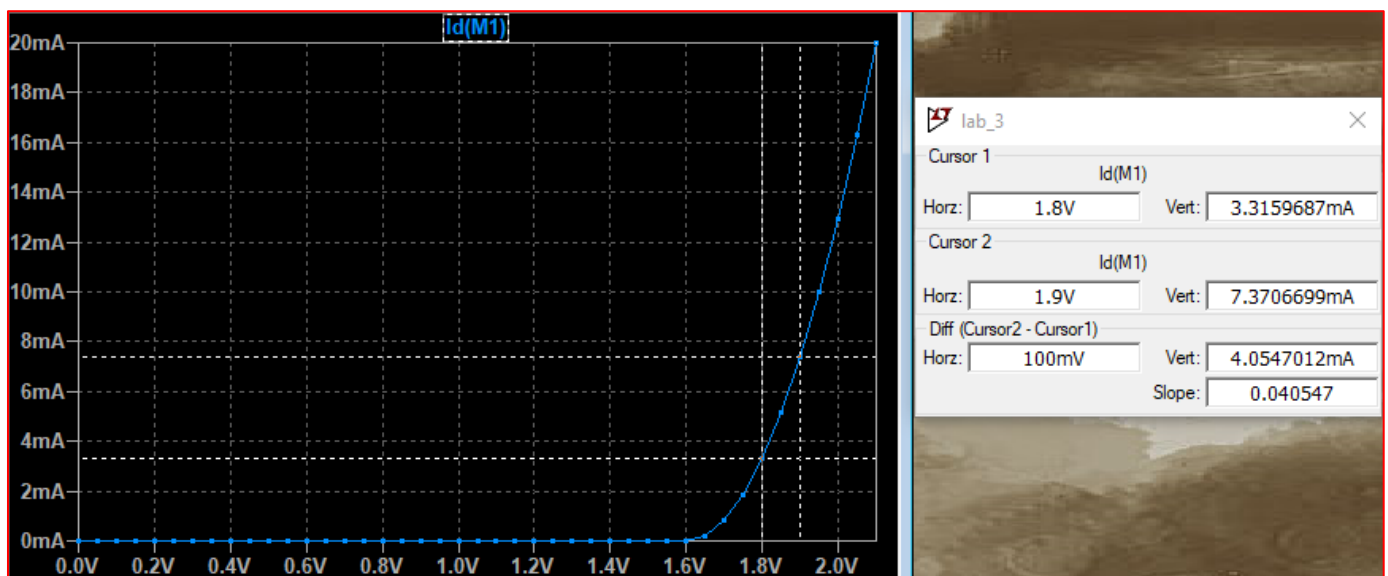
$$U_{3B} = 0,7\text{ V}, I_c = 739.88\text{ fA}$$

$$U_{3B} = 0,85\text{ V}, I_c = 889.76\text{ fA}$$



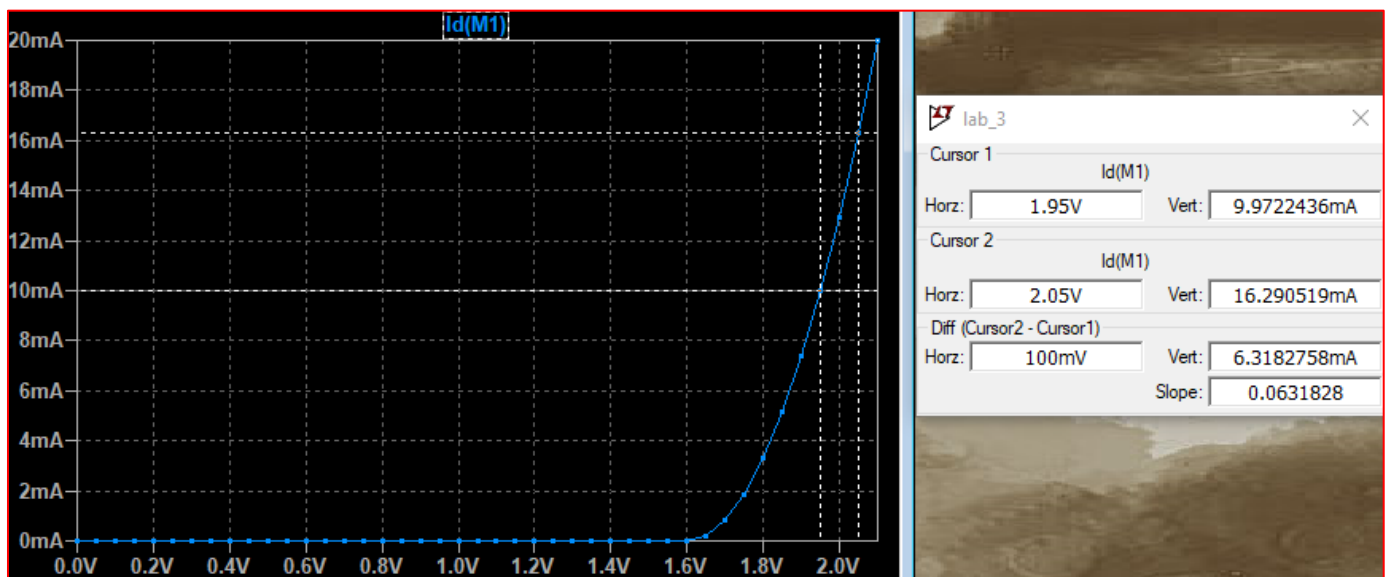
$$U_{3B} = 1.4 \text{ V}, I_c = 1.44 \text{ pA}$$

$$U_{3B} = 1.65 \text{ V}, I_c = 211.15 \text{ μA}$$



$$U_{3B} = 1.8 \text{ V}, I_c = 3,31 \text{ mA}$$

$$U_{3B} = 1.9 \text{ V}, I_c = 290.04 \text{ mA}$$



$$U_{3B} = 1.95 \text{ V}, I_c = 9.972 \text{ mA}$$

$$U_{3B} = 2.05 \text{ V}, I_c = 16.29 \text{ mA}$$

$U_{3B}$	$I_c$
0,25 V	290.04 fA
0,5 V	539.64 fA
0,7 V	739.88 fA
0,85 V	889.76 fA
1,4 V	1.44 pA
1,65 V	211.15 $\mu$ A
1,8 V	3,31 mA
1,9 V	290.04 mA
1,95 V	9.972 mA
2,05 V	16.29 mA

Табл.1. Значення струмів и напруг стоку

Далі з цього графіку необхідно визначити величину порогової напруги транзистора та константу  $b$  з формули  $I_c = \frac{b}{2} (U_{3B} - U_{п})^2$

Розрахуємо порогову напругу  $U_{\Pi}$ :

Крок 1. Обираємо якесь значення струму стоку і фіксуємо на ньому відповідне значення напруги при якому через сток протікатиме такий струм:

$$I_{c1} = 3 \text{ mA} \Rightarrow U_{зв1} \approx 1.791 \text{ V}$$

Крок 2. Обираємо значення струму стоку  $I_{c2}$ , яке буде в 4 рази більше ніж  $I_{c1}$  і також фіксуємо значення відповідне значення напруги  $U_{зв2}$ :

$$I_{c2} = 12 \text{ mA} \Rightarrow U_{зв2} \approx 1.94 \text{ V}$$

Крок 3 Справедливі будуть наступні формули:

$$I_{c1} = \frac{b}{2} (U_{зв1} - U_{\Pi})^2 \quad \text{та} \quad I_{c2} = \frac{b}{2} (U_{зв2} - U_{\Pi})^2$$

Крок 4. З формул минулого кроку можна визначити порогову напругу:

$$U_{\Pi} = 2U_{зв1} - U_{зв2} = 2 * 1.791 - 1.94 = 1.642 \text{ V}$$

Знаючи порогову напругу можна визначити коефіцієнт  $b$ .

$$I_{c1} = \frac{b}{2} (U_{зв1} - U_{\Pi})^2 \Rightarrow b = \frac{2I_{c1}}{(U_{зв1} - U_{\Pi})^2} \Rightarrow \frac{2 * 0.003}{(1.79 - 1.62)^2} = 0.26$$

## 2. Дослідження залежності $I$ с ( $U$ вс) для $n$ – канального польового МДН транзистора 2N7000

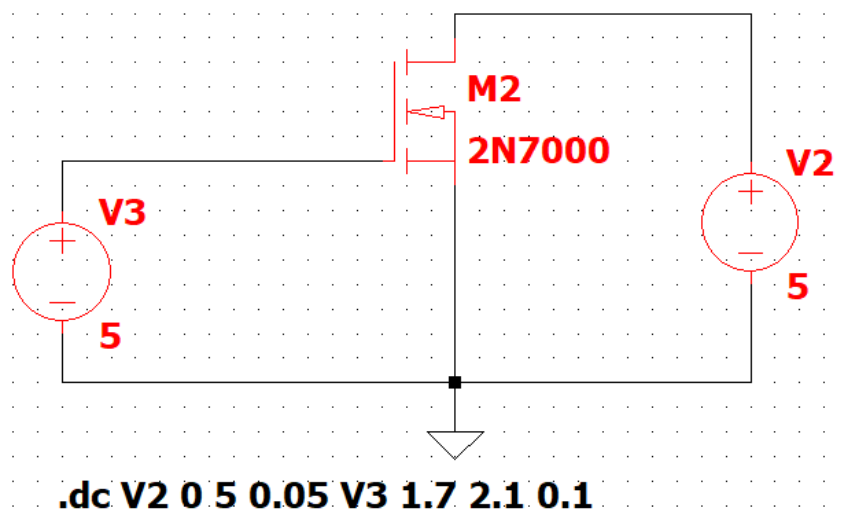
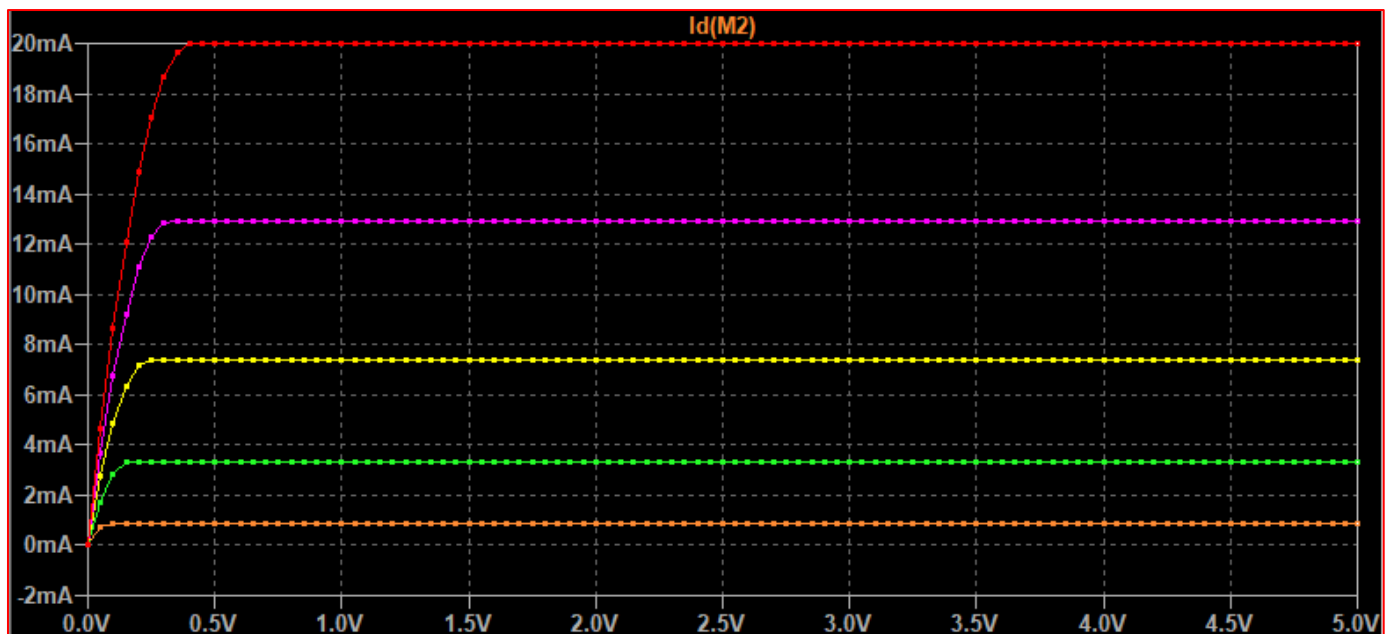


Рис.2. СХЕМА 2



$$U_{\Pi} = 1.642 \text{ V}$$

$U_{3B} = 1,7 \text{ V}$  ріст струму стоку закінчується при напрузі  $U_{BC} = 100 \text{ mV}$

$$U_{BC} > U_{3B} - U_{\Pi} \Rightarrow 0,1 > 1,7 \text{ V} - 1,642 \text{ V}$$

$U_{3B} = 1,8 \text{ V}$  ріст струму стоку закінчується при напрузі  $U_{BC} = 150 \text{ mV}$

$$U_{BC} > U_{3B} - U_{\Pi} \Rightarrow 0,15 > 1,8 \text{ V} - 1,642 \text{ V}$$

$U_{3B} = 1,9 \text{ V}$  ріст струму стоку закінчується при напрузі  $U_{BC} = 300 \text{ mV}$

$$U_{BC} > U_{3B} - U_{\Pi} \Rightarrow 0,3 > 1,9 \text{ V} - 1,642 \text{ V}$$

$U_{3B} = 2 \text{ V}$  ріст струму стоку закінчується при напрузі  $U_{BC} = 400 \text{ mV}$

$$U_{BC} > U_{3B} - U_{\Pi} \Rightarrow 0,4 > 2 \text{ V} - 1,642 \text{ V}$$

$U_{3B} = 2,1 \text{ V}$  ріст струму стоку закінчується при напрузі  $U_{BC} = 500 \text{ mV}$

$$U_{BC} > U_{3B} - U_{\Pi} \Rightarrow 0,5 > 2,1 \text{ V} - 1,642 \text{ V}$$

### 3. Дослідження підсилювача з загальним витоком на польовому МДН транзисторі 2N7000

3.1. Складіть підсилювач з загальним витоком на польовому МДН транзисторі 2N7000 за схемою, яка наведена нижче. Запишіть номінали виданих вам резисторів R1, R2, R3. Напруга джерела живлення (V2) має бути 5В. Джерелом вхідної напруги (V1) маж бути генератор ГЗ-112. Підсилений змінний вихідний сигнал повинен зніматися між землею та не підключеним виводом конденсатора C2. Зазвичай R1 має найбільший опір (порядку 100 КОм), R3 має найменший опір (менше 1.5 КОм). Опір R2 складає кілька десятків КОм.

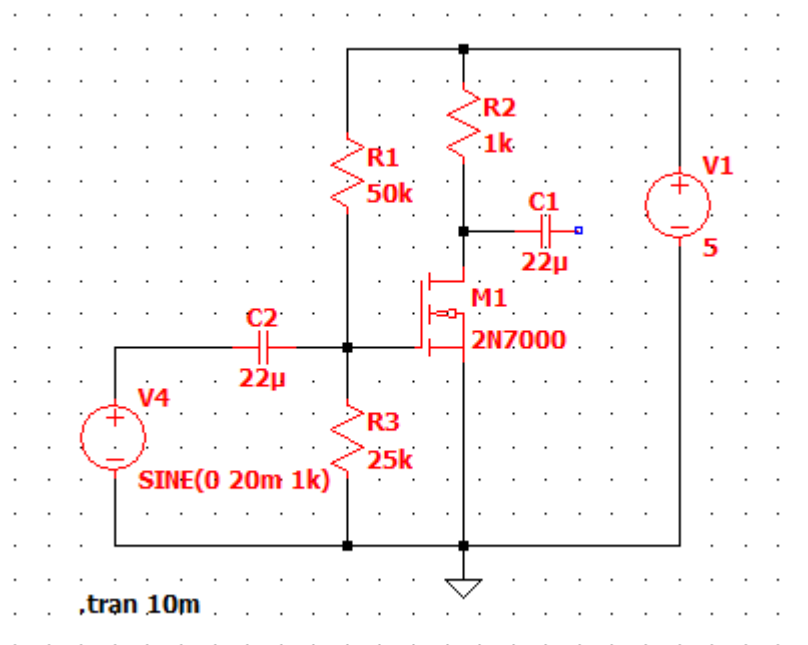


Рис.3. СХЕМА 3

Параметри схеми підсилювача:

$R1=50k$ ,  $R2=1k$ ,  $R3=25k$

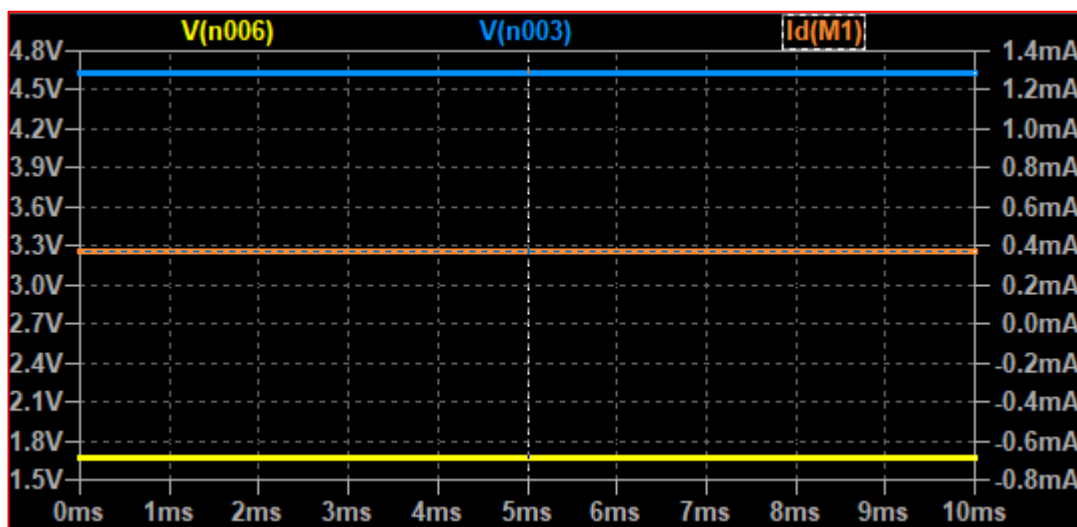
V1 – джерело напруги синусоїдального сигналу з амплітудою 20 mV, частота сигналу 1 kHz

V2 – джерело напруги постійного сигналу на 5 V

$C1 = C2 = 22 \mu V$



3.2. Виставте напругу генератора V1 рівну 0 В (або взагалі відключіть джерело V1 від схеми). Виміряйте та запишіть напругу між витоком і затвором  $U_{зв0}$  (напруга на резисторі R2) при відсутності вхідного сигналу. Виміряйте та запишіть напругу між витоком і стоком  $U_{вс0}$  при відсутності вхідного сигналу. Виміряйте струм стоку  $I_{с0}$  при відсутності вхідного сигналу. Це будуть параметри робочої точки спокою вашого підсилювача, які визначають його коефіцієнт підсилення.



$(U_{зв0} - V(n009), U_{вс0} - V(n006), I_{с0} - Id(M4))$

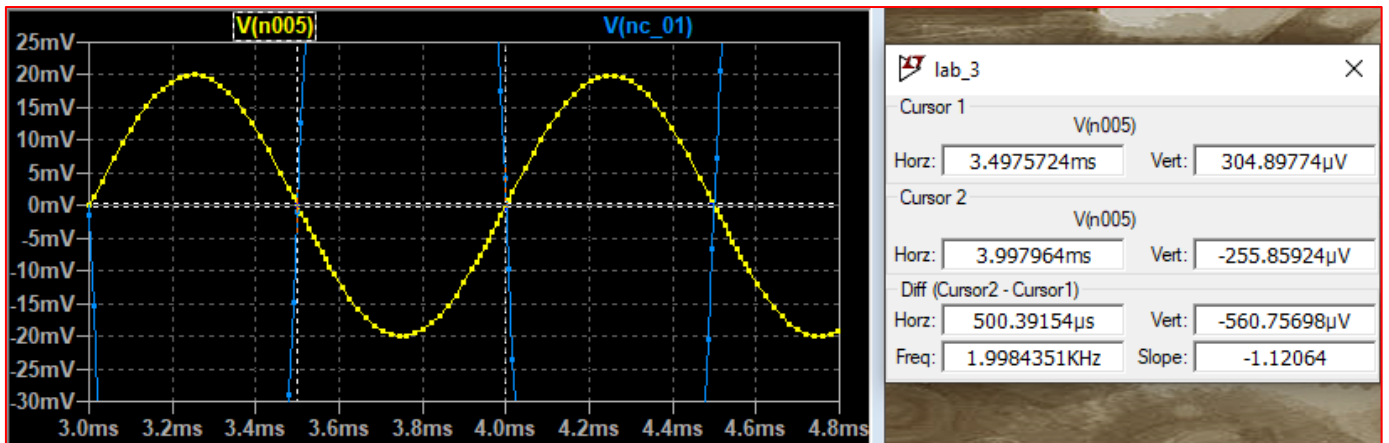
$$U_{зв0} = 1,6 \text{ V}$$

$$U_{вс0} = 4.62 \text{ V}$$

$$I_{с0} = 0,374 \text{ mA}$$

3.3. Виставте на генераторі ГЗ-112 (джерело V1) гармонічну синусоїдальну напругу вхідного сигналу амплітудою 20 мВ та частотою 1 КГц. На один канал двохканального осцилографа виведіть вхідну гармонічну напругу з джерела V1, а на інший канал виведіть підсилений гармонічний сигнал на виході. Замалюйте (сфотографуйте) ці сигнали. Переконайтесь, що схема зсуває фазу сигналу на 180 градусів. Визначте коефіцієнт підсилення за напругою, як відношення амплітуди

гармонічного сигналу на виході до амплітуди гармонічного сигналу на вході.



$$t = 500\mu s$$

$$t = \frac{\varphi}{2\pi} * T \Rightarrow \varphi = \frac{2\pi t}{T} = \frac{2 * \pi * 500 * 10^{-3}}{1 * 10^{-3}} = 180^\circ$$

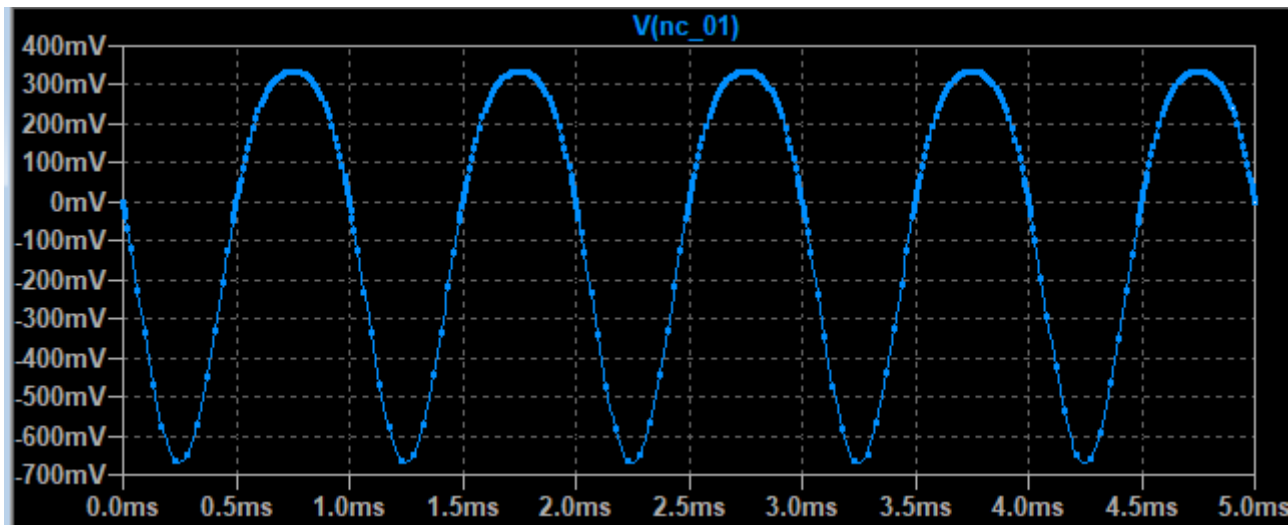
$$U_{вх} = 20mV, U_{вих} = -190.35 mV$$

Коефіцієнт підсилення за напругою:

$$K_U = U_{вих} / U_{вх} = (-190.35) / 20 = -9.51$$

3.4. Знайдіть значення амплітуди гармонічного сигналу на вході, при якій починається

спотворення форми вихідного сигналу на виході (форма вихідного сигналу починає відрізнятися від синусоїдальної).



При  $U_{\text{вх}} = 45 \text{ mV}$  форма вихідного сигналу починає відрізнятися від синусоїдальної

3.5 Значення опору  $R_2$  було збільшено до  $30 \text{ кОм}$

$$U_{\text{зв}} = 1,89 \text{ V.}$$

$$\Delta U_{\text{зв}} = U_{\text{зв1}} - U_{\text{зв0}} = 1,89 - 1,6 = 0,29 \text{ V}$$

$$I_{\text{c1}} = 4,89 \text{ mA}$$

$$\Delta I_{\text{c}} = I_{\text{c1}} - I_{\text{c0}} = 4,89 - 0,374 = 4,516 \text{ mA}$$

$$g_m = \frac{\Delta I_{\text{c}}}{\Delta U_{\text{зв}}} = \frac{4,516 \text{ mA}}{0,29 \text{ V}} \approx 15,57 \text{ mS}$$

$$g_m = b(U_{\text{зв}} - U_{\text{п}}) \approx 0,26(1,89 - 1,6) = 7,54 \text{ mS}$$

3.6 Розрахуйте теоретичний коефіцієнт підсилення за напругою даної схеми.

Порівняйте розраховане значення з коефіцієнтом передачі за напругою, який раніше був визначений експериментально.

$$K_U = \frac{U_{\text{вих}}}{U_{\text{вх}}} = -R_3 * g_m$$

$$K_U = -1 * 15,57 = -15,57$$

## Висновок

В цій лабораторній роботі я розглянув структуру польового транзистор 2N7000 його будову, режими роботи, характеристики та нюанси під час розрахунків. Провівши ряд тестів по методичному посібнику ознайомився з основними формулами для розрахунків та детально засвоїв використання такого транзистора в різного роду схем. Дослідив підсилювач із загальним витоком його параметри та розрахував коефіцієнт підсилення за напругою.