

Міністерство освіти і науки України

**Національний технічний університет України
«Київський Політехнічний Інститут імені Ігоря
Сікорського»
КЕОА**

Звіт

**З виконання лабораторної роботи №3
з дисципліни «Аналогова електроніка»**

Виконав:

студент групи ДК-92

Мануков І.С.

Перевірив:

доц. кафедри, кандидат технічних наук

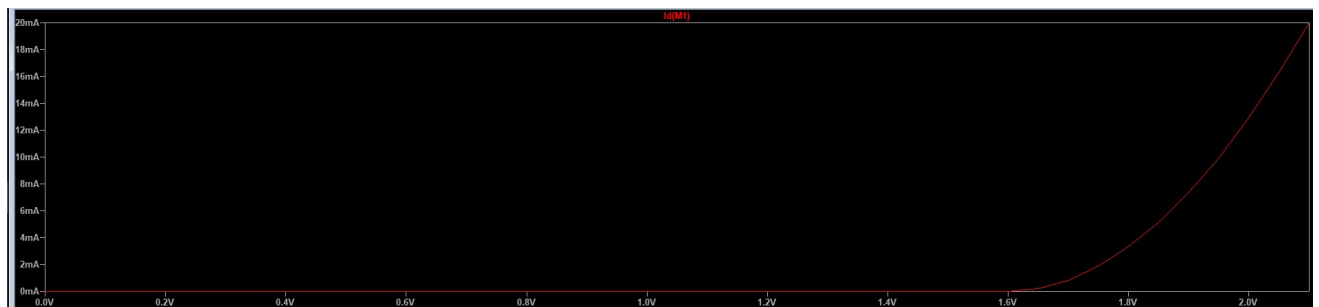
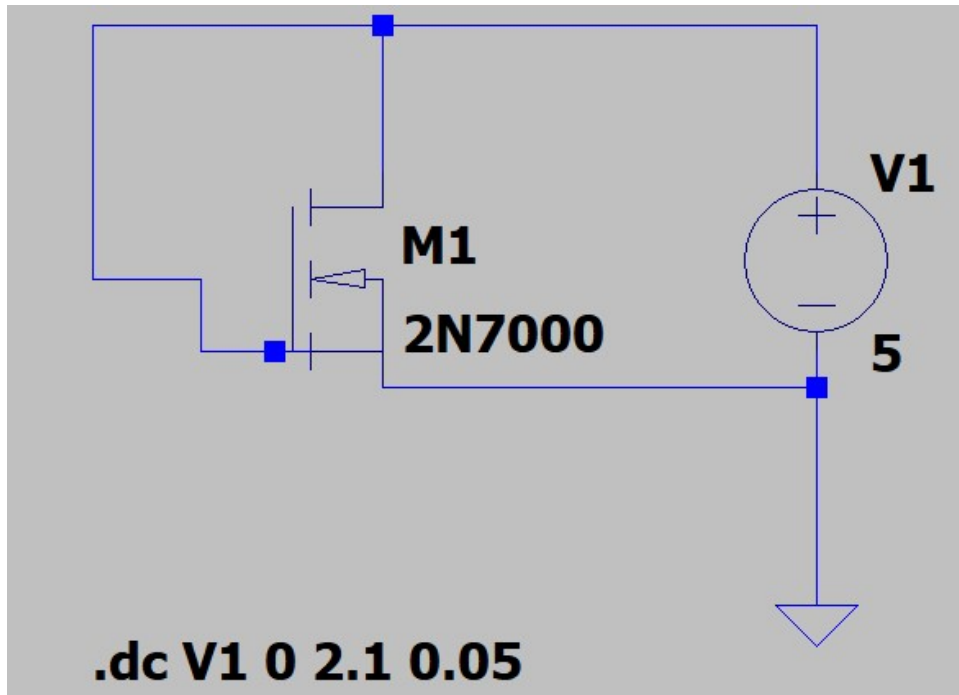
Короткий Є В.

м. Київ

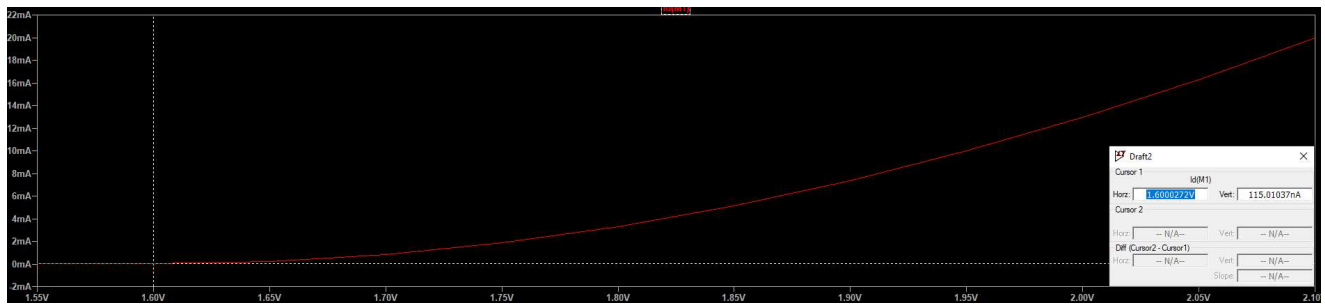
2021 р.

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

1. Було проведено симуляцію роботи моделі польового МДН транзистора 2N7000 в режимі лінійного підвищення напруги затвор-виток та отримано таку залежність струму стоку:



Отримали такі результати:



U, В	I
1,55	1,59 пА
1,6	115 нА
1,65	211,8 мкА
1,7	841 мкА
1,75	1,88 мА
1,8	3,3 мА
1,85	5,2 мА
1,9	7,4 мА
2	13 мА
2,1	20 мА

Для розрахунку порогової напруги оберемо струм стоку 5 мА, який протікає при напрузі на затворі 1,846 В.

Струм, що в 4 рази більший за нього, тобто, 20 мА, протікає при напрузі стоку 2,1В.

Тоді порогова напруга буде дорівнювати:

$$U_{\Pi} = 2U_{зв1} - U_{зв2}$$

$$U_{\Pi} = 2 * 1,846 - 2,1 = 1,592 \text{ В}$$

це відповідає графіку, який ми отримали.

Якщо підставити отриману порогову напругу в формулу $I_c = \frac{b}{2}(U_{зв} - U_{\Pi})^2$, то можна отримати:

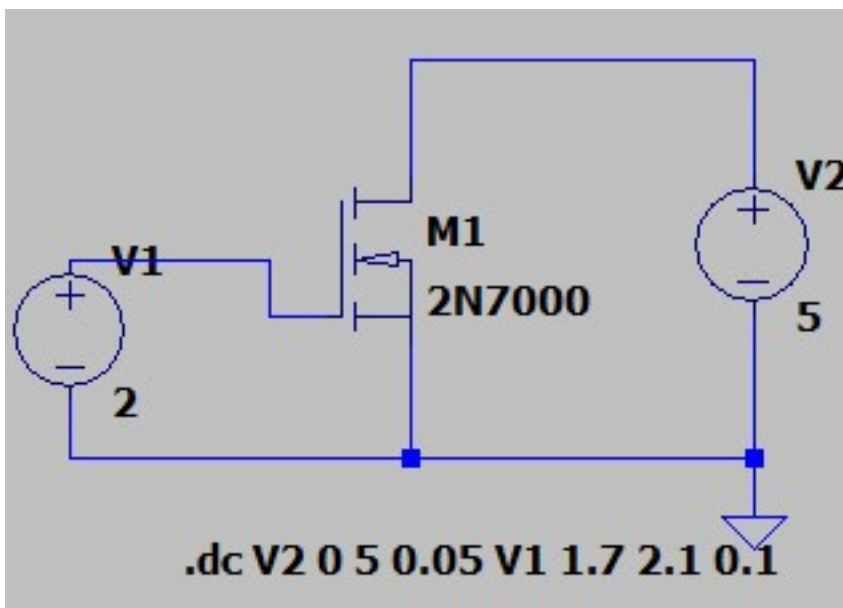
$$20 * 10^{-3} = \frac{b}{2} (2,1 - 1,592)^2$$

$$20 * 10^{-3} = \frac{b}{2} 0,258$$

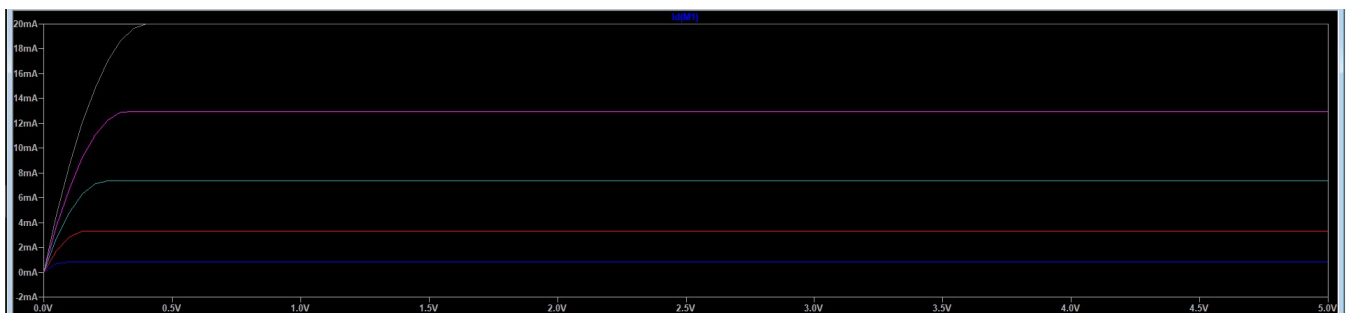
$$b = \frac{20 * 10^{-3} * 2}{0,258} = 155 * 10^{-3}$$

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

2.1. Було проведено симуляцію наступної схеми:



Під час симуляції отримали такі характеристики:



Перевіримо, чи виконується умова досягнення струму насичення каналу при $U_{вс} \geq U_{зв} - U_{п}$ для проведеної симуляції:

I. $U_{зв} = 1,7$ В. Насичення досягнуто при $U_{вс} = 110$ мВ $\geq 1,7$ В $- 1,592$ В = 108 мВ

II. $U_{зв} = 1,8$ В. Насичення досягнуто при $U_{вс} = 212$ мВ $\geq 1,8$ В $- 1,592$ В = 208 мВ

III. $U_{зв} = 1,9$ В. Насичення досягнуто при $U_{вс} = 311$ В $\geq 1,9$ В – $1,592$ В = 308 мВ

IV. $U_{зв} = 2$ В. Насичення досягнуто при $U_{вс} = 408$ мВ ≥ 2 В – $1,592$ В = 408 мВ

V. $U_{зв} = 2,1$ В. Насичення досягнуто при $U_{вс} = 486$ мВ $< 2,1$ В – $1,592$ В = 508 мВ

Умова виконується для початку отриманих значень. Похибки можуть бути пов'язані з деякою неточністю моделі транзистора у середі LTspise XVII.

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

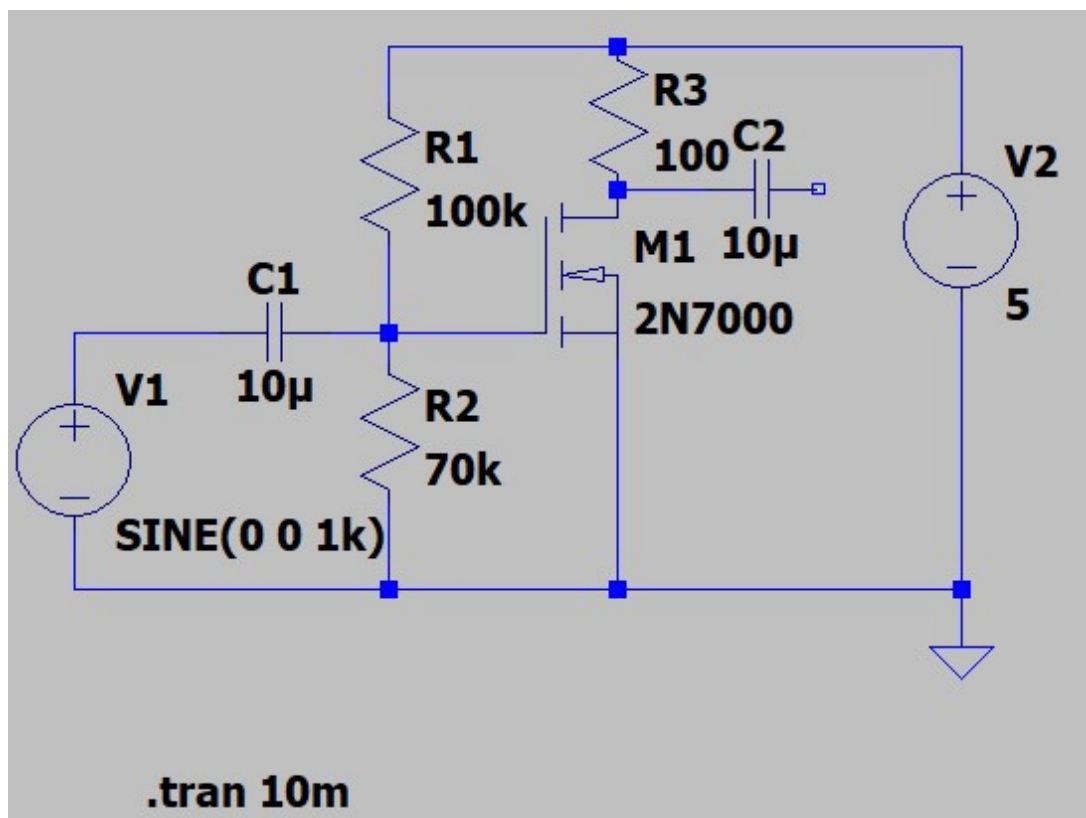
3.1. Було проведено симуляцію схеми підсилювача з загальним витоком з наступними параметрами компонентів:

$R_1 = 100$ кОм

$R_2 = 70$ кОм

$R_3 = 100$ Ом

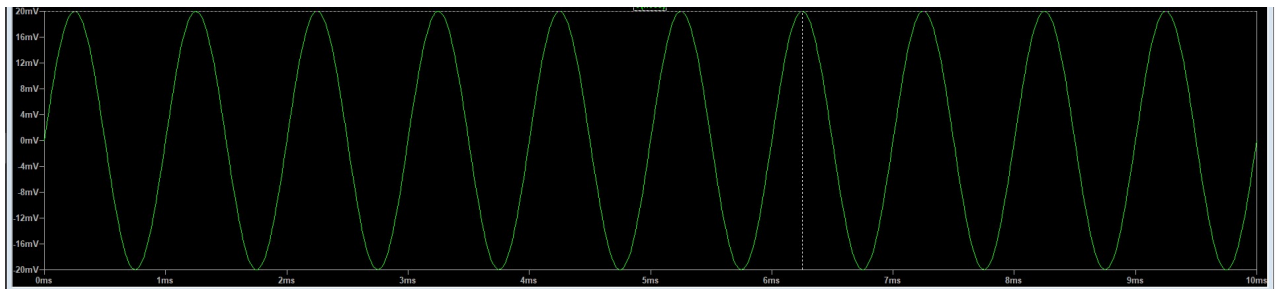
$C_1 = C_2 = 10$ мкФ



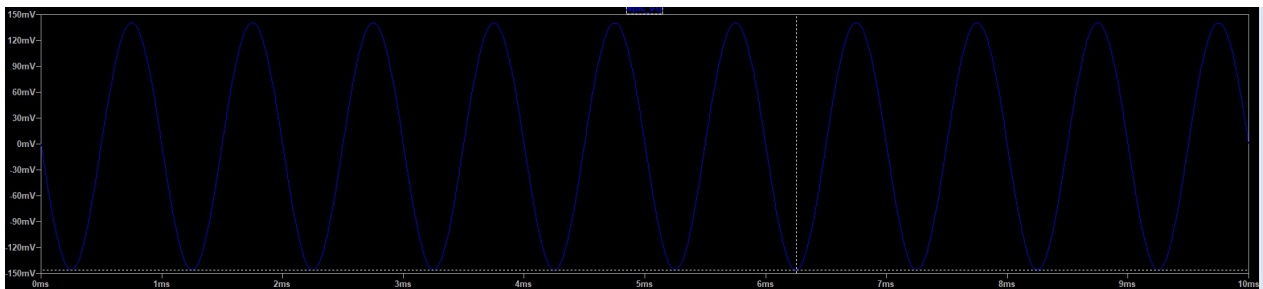
3.2. При відсутності вхідного синусоїдального сигналу отримали такі значення:

$U_{зв0} = 2,05$ В, $U_{вс0} = 3,3$ В, $I_c = 17$ мА.

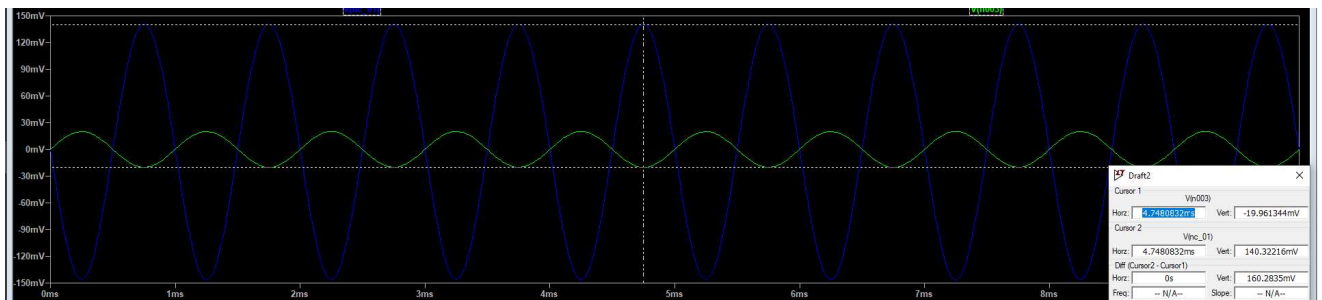
3.3. На вході підсилювача при синусоїдальному входному сигналі амплітудою 20 мВ отримали такий графік:



та такий, підсилений на виході:



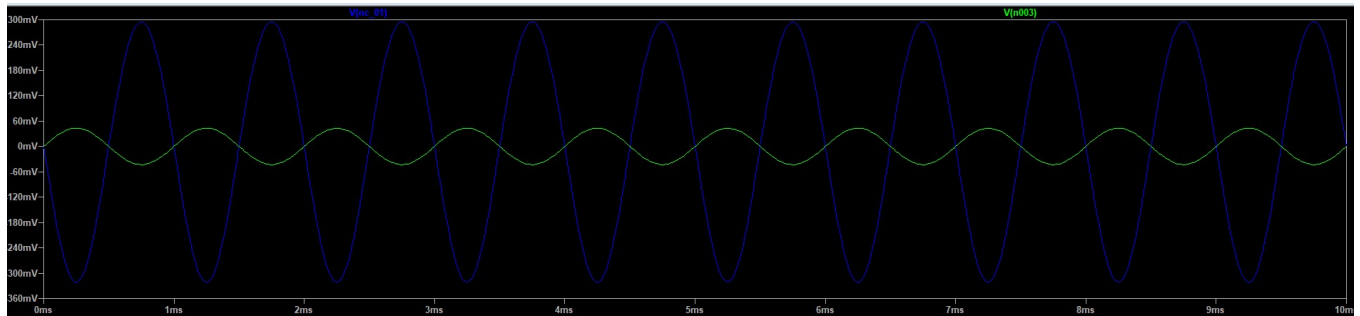
З цих двох графіків видно, що сигнал зміщений на 180 градусів.



Амплітуда на вході (U_{BX}) дорівнює -20 мВ, а на виході ($U_{ВИХ}$) – 140 мВ, отже коефіцієнт підсилення розрахуємо за наступною формулою:

$$K = \frac{U_{ВИХ}}{U_{BX}} = \frac{140}{-20} = -7$$

3.4. Для знаходження максимальної амплітуди входного сигналу напругу на вході підвищували до тих пір, поки на виході не з'явилися нелінійні спотворення. Із кроком у 0,1 мВ, починаючи з 20 мВ, такою напругою виявилась напруга у 44 мВ. Спотворення виглядали так:



3.5. Для експериментального визначення передавальної провідності робочу точку транзистора змістили на 0,17 В шляхом включення до резистору R_2 послідовно додатковий резистор на 10 кОм. Струм спокою виріс з 17 мА до 30,53 мА.

Тоді $\Delta U_{зв} = 0,17$ В, а $\Delta I_c = 13,53$ мА.

$$g_m = \frac{\Delta I_c}{\Delta U_{зв}} = \frac{13,53 * 10^{-3}}{0,17} = 78 \text{ мС}$$

Також можна розрахувати як:

$$g_m = b(U_{зв0} - U_{п}) = 155 * 10^{-3} * 0,46 = 72 \text{ мС}$$

Похибку можна вважати за похибку округлення.

3.6. Зі знайденої передавальної провідності можна знайти теоретичний коефіцієнт підсилення за напругою:

$$K_U = \frac{U_{вих}}{U_{вх}} = -g_m R_3 = -72 * 10^{-3} * 100 = -7,2$$

Майже рівне експериментальному значенню. Усі похибки можна вважати неточністю моделі у середі LTspice XVII та похибкою округлення.

Висновки

У цій лабораторній роботі провели експериментальне дослідження поведінки польового транзистору в різних режимах роботи. Розрахували та знайшли практично коефіцієнт b , коефіцієнт підсилення, порогову напругу та передавальну провідність. Відзняли статичну вихідну та передавальну характеристики. Також було складено схему підсилювача з загальним витоком і досліджено його роботу при різних вхідних параметрах. Отримані результати свідчать про коректність математичних моделей роботи транзистора із деякою погрішністю.