

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет України  
«Київський Політехнічний Інститут імені Ігоря Сікорського»  
Кафедра конструювання електронно-обчислювальної апаратури

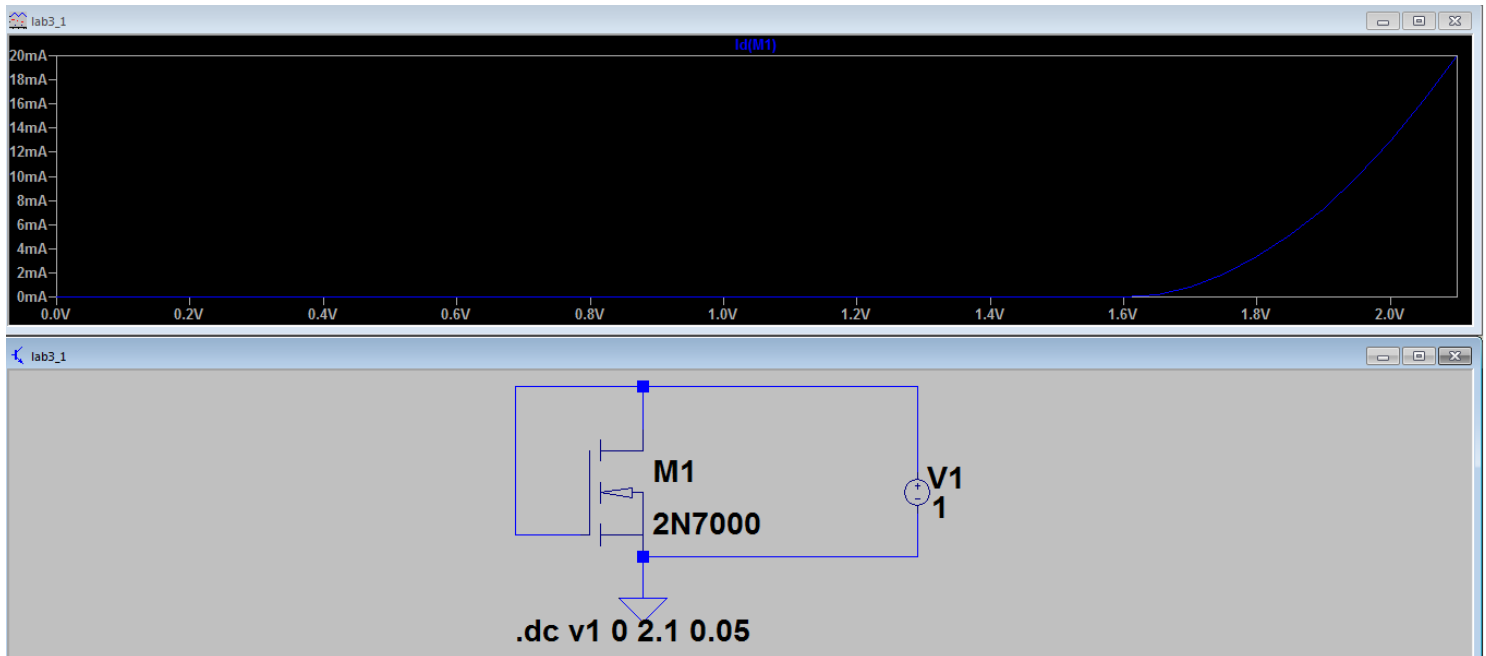
Звіт  
З виконання лабораторної роботи №3  
з дисципліни “Аналогова електроніка”

Виконав:  
студент групи ДК-62  
Шашков А.В.

Перевірив:  
доц. Короткий Є В.

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

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



Для розрахунку порогової напруги оберемо струм стоку 20 мА, який протікає при напрузі на затворі 2.1В.

Струм, що в 4 рази більший за нього, тобто, 80 мА, протікає при напрузі стоку 2,62В.

Тоді порогова напруга буде дорівнювати:

$$U_{\pi} = 2U_{зв1} - U_{зв2}$$

$$U_{\pi} = 2 * 2,1 - 2,62 = 1,58\text{В},$$

що цілком відповідає графіку залежності.

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

$$80 * 10^{-3} = \frac{b}{2}(2,62 - 1,58)^2$$

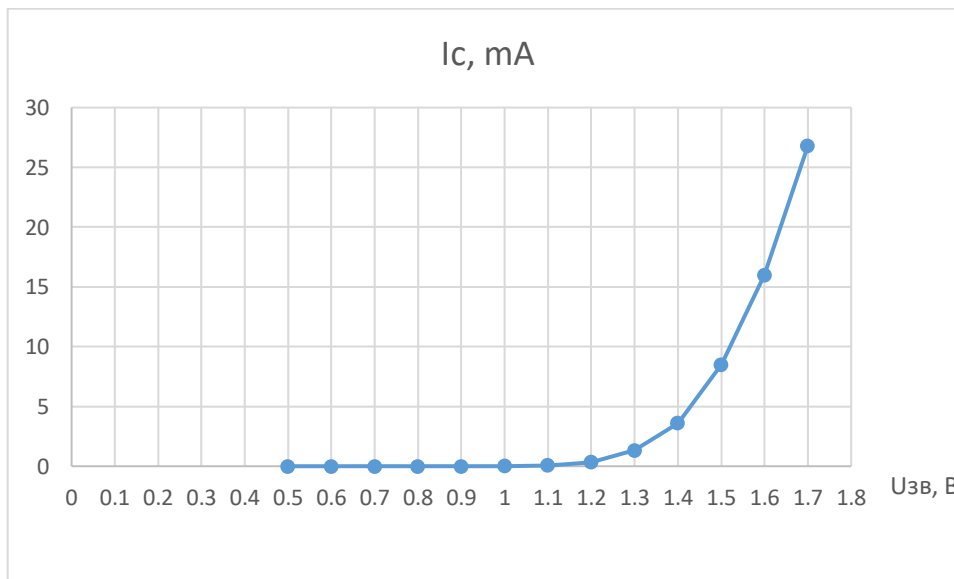
$$80 * 10^{-3} = \frac{b}{2}1,0816$$

$$b = \frac{80 * 10^{-3} * 2}{1,0816} = 147,9 * 10^{-3}$$

б. Таку ж залежність було відзнято на реальному транзисторі. Отримали такі результати:

Uзв, В	Iс, mA
0,5	0
0,6	0
0,7	0,00004
0,8	0,00028
0,9	0,00181
1	0,01139
1,1	0,068
1,2	0,341
1,3	1,324
1,4	3,6
1,5	8,5
1,6	16
1,7	26,8

На малюнку наведено графік отриманої залежності:



З залежності видно, що істотний струм стоку починає протікати при напрузі 1,2÷1,6В, а залежність досить непогано апроксимується квадратичною функцією, що в цілому відповідає очікуванням. Похибку в визначенні порогової напруги може бути викликана технологічними особливостями виготовлення польових транзисторів – порогова напруга для деяких транзисторів може коливатися в межах 0,5÷5В.

Для експериментальних даних коефіцієнт  $b$ :

$$I_c = \frac{b}{2} (U_{зв} - U_{п})^2$$

$$3,6 * 10^{-3} = \frac{b}{2} (1,4 - 1,2)^2$$

$$b = \frac{3,6 * 10^{-3} * 2}{0,04} = 180 * 10^{-3}$$

Отримали величину одного порядку, тому модель можна вважати вірною. Відхилення можна пояснити так само: технологічні процеси у деяких транзисторів дають відхилення передавальної провідності до 5 разів.

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

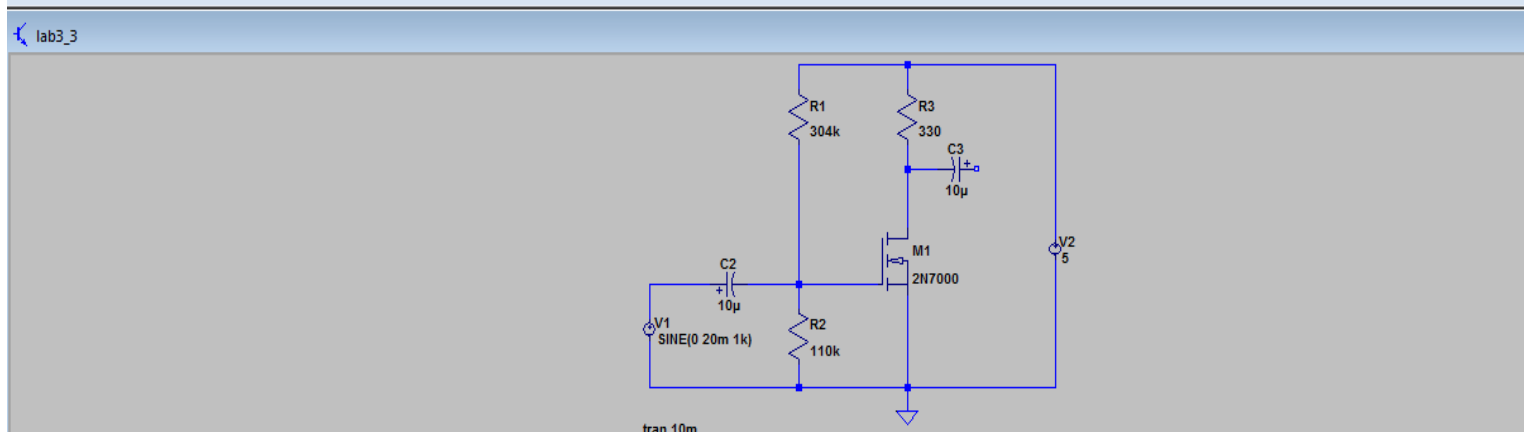
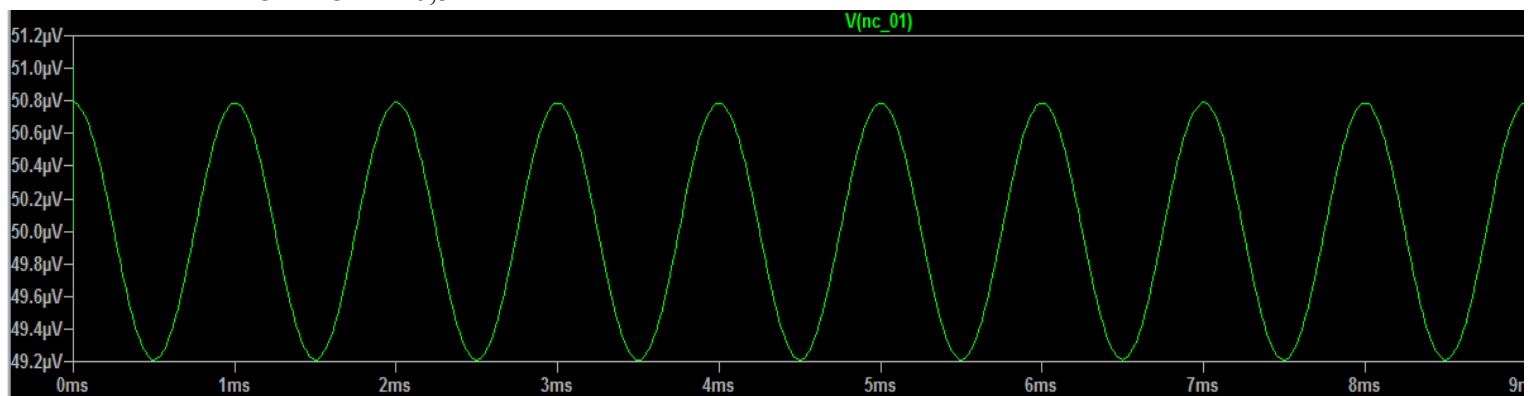
а. Було проведено симуляцію схеми підсилювача з загальним витоком з наступними параметрами компонентів:

$R1 = 304 \text{ кОм}$

$R2 = 110 \text{ кОм}$

$R3 = 330 \text{ Ом}$

$C1 = C2 = 10,5 \text{ мкФ}$



На виході підсилювача при синусоїдальному входному сигналі амплітудою 20 мВ нелінійних спотворень не відбувається, що свідчить про коректний підбір робочої точки.

Таку ж схему було складено в лабораторії та досліджено при таких же входних сигналах. Отримали наступні результати:

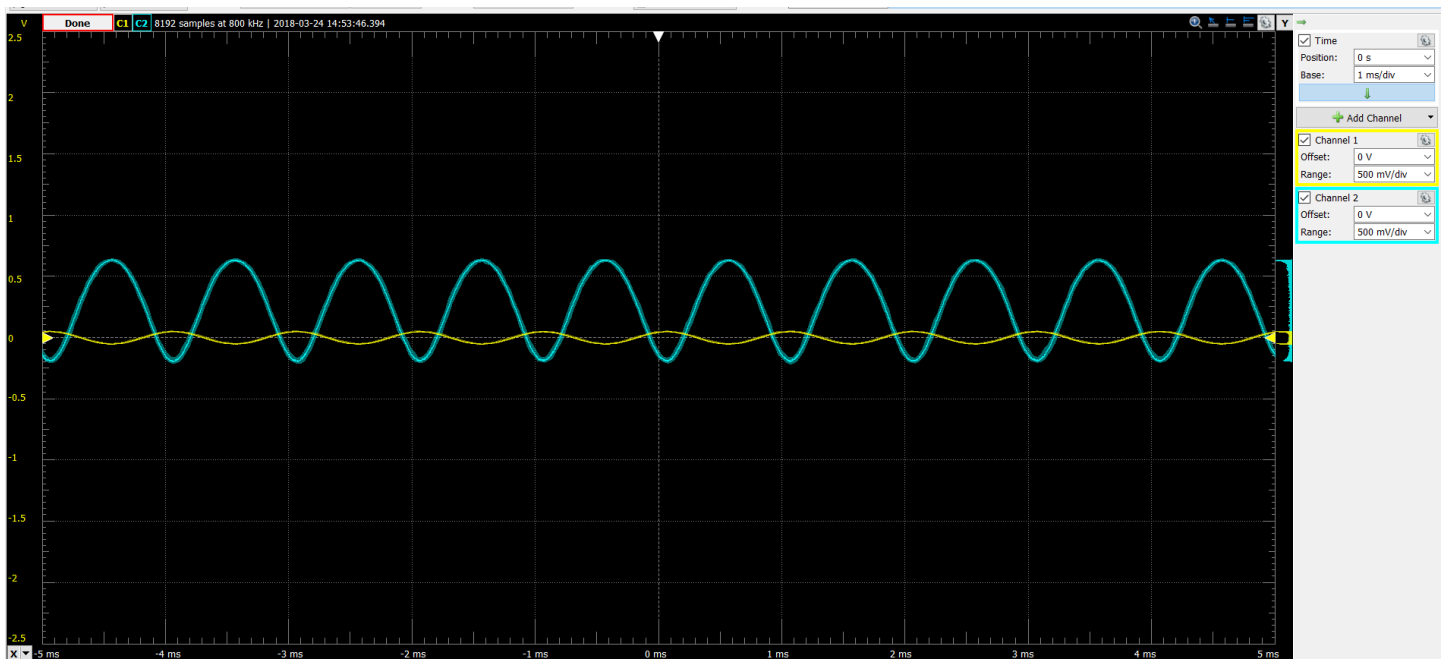
- b. Для перевірки робочої точки напругу генератора сигналу виставили рівною нулю. Отримали такі параметри робочої точки спокою:

$$U_{зв0} = 1,32\text{В}$$

$$U_{вс0} = 4,17\text{В}$$

$$I_{с0} = 2,4\text{мА}$$

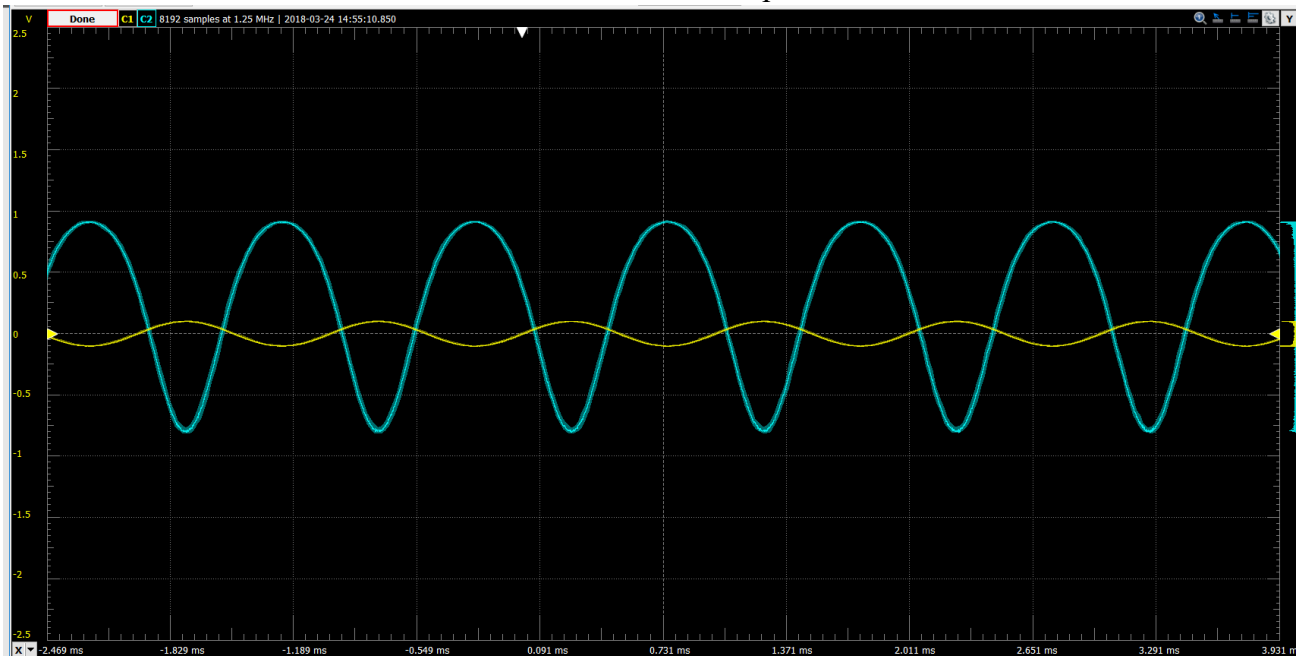
- с. На вхід підсилювача подали сигнал, аналогічний входному в симуляції. На виході отримали синусоїдальний сигнал без нелінійних спотворень, обернений по фазі на 180 градусів:



Коефіцієнт підсилення за напругою визначили як відношення амплітуди вихідного сигналу до амплітуди входного:

$$K_U = \frac{U_{\text{вих}}}{U_{\text{вх}}} = \frac{-400 \text{ мВ}}{30 \text{ мВ}} = -13,3$$

d. Для знаходження максимальної амплітуди вхідного сигналу напругу на вході підвищували до тих пір, поки на виході не з'явилися нелінійні спотворення. Такою напругою виявилась  $90 \div 100$  мВ. Спотворення виглядали так:



e. Для експериментального визначення передавальної провідності шляхом включення до резистору R2 послідовно додатковий резистор на 10 кОм. Струм спокою виріс з 5 мА до 11 мА.

Тоді  $\Delta U_{зв} = 0,1$  В, а  $\Delta I_c = 6$  мА.

$$g_m = \frac{\Delta I_c}{\Delta U_{зв}} = \frac{6 * 10^{-3}}{0,1} = 60 \text{ мС}$$

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

$$K_U = \frac{U_{вих}}{U_{вх}} = -g_m R_3 = -60 * 10^{-3} * 330 = -19$$

### **Висновки**

В даній лабораторній роботі провели експериментально дослідили поведінки польового транзистору в різних режимах роботи. Данні які було отримано ми порівняли з результатами отриманими в ході теоретичних розрахунків і виявили що результати майже відповідають очікуванням. Відмінності які ми отримали можуть бути спричинені похибкою у вимірюваннях та не надто точною моделлю транзистора в симуляції. Відповідно ми можемо зробити висновки відносно правдивості отриманих результатів, з урахуванням деякої похибки.