

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”

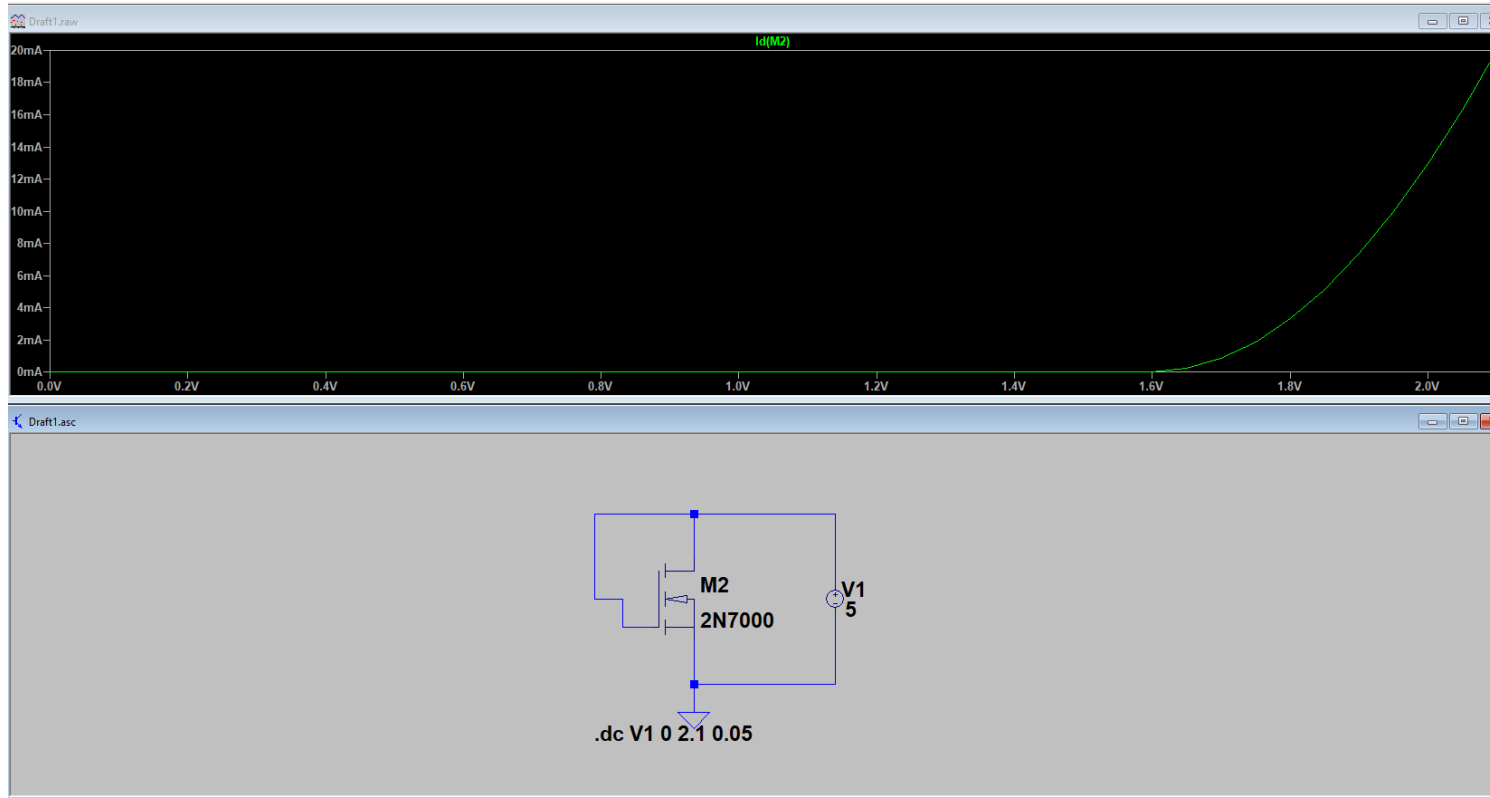
Виконали:  
студент групи ДК-62  
Наталич М.Я.

Перевірив:  
доц. Короткий Є. В.

Київ – 2018

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

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 4 мА, який протікає при напрузі на затворі 1.81В.

Струм, що в 4 рази більший за нього, тобто, 12 мА, протікає при напрузі стоку 1,98В.

Тоді порогова напруга буде дорівнювати:

$$U_{\pi} = 2U_{зв1} - U_{зв2}$$

$$U_{\pi} = 2 * 1,81 - 1,98 = 1,64\text{В},$$

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:

$$12 * 10^{-3} = \frac{b}{2}(1,98 - 1,64)^2$$

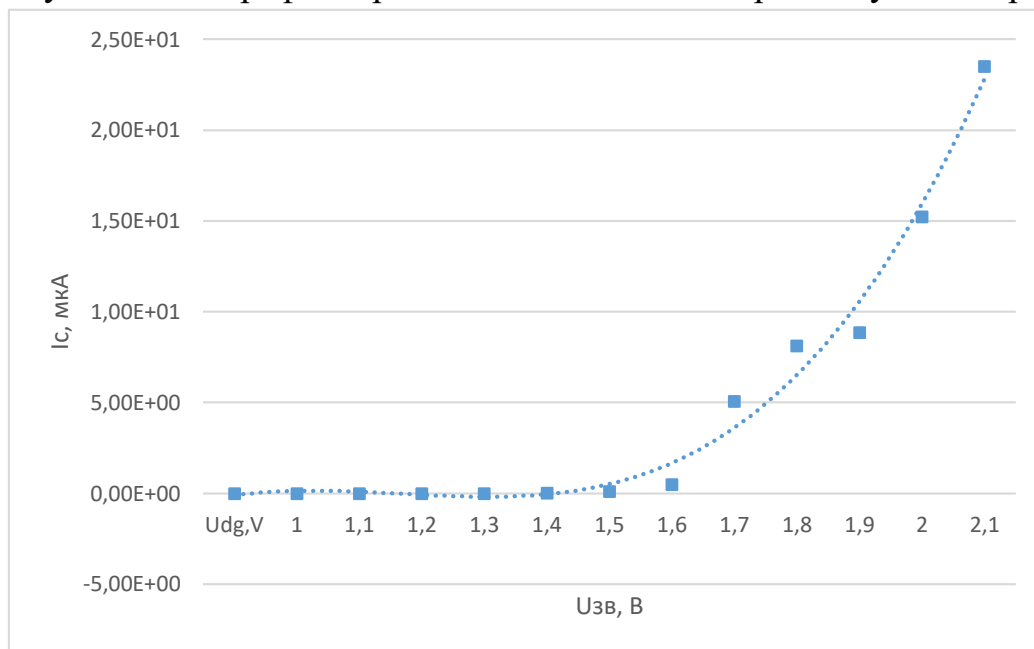
$$12 * 10^{-3} = \frac{b}{2} * 0,1156$$

$$b = \frac{12 * 10^{-3} * 2}{0,1156} = 207 * 10^{-3}$$

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

Udg,V	Ic,mA
1	0
1,1	0
1,2	0
1,3	0
1,4	0,02
1,5	0,11
1,6	0,5
1,7	5,06
1,8	8,12
1,9	8,86
2	15,24
2,1	23,5

На малюнку наведено графік отриманої залежності з апроксимуючою кривою:



З залежності видно, що істотний струм стоку починає протікати при напрузі 1,4÷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  $b$ :

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

$$15,24 * 10^{-3} = \frac{b}{2} (2 - 1,58)^2$$

$$15,24 * 10^{-3} = \frac{b}{2} * 0,1764$$

$$b = \frac{15,24 * 10^{-3} * 2}{0,1764} = 172,789 * 10^{-3}$$

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.

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

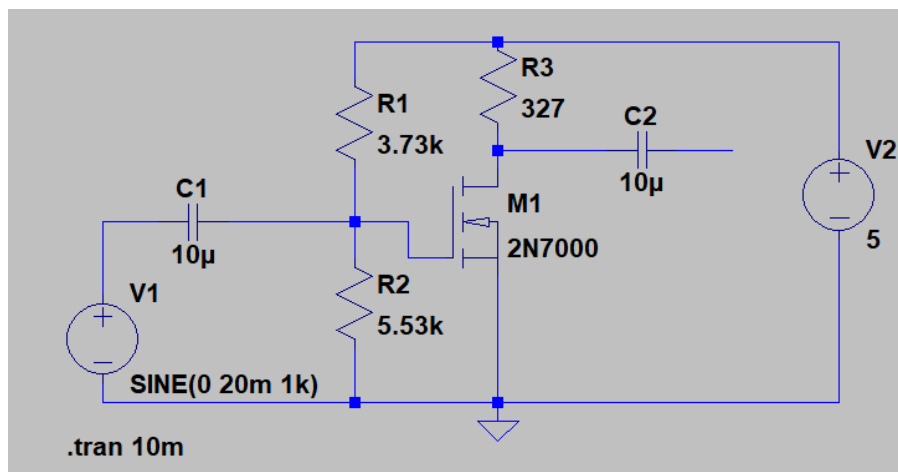
Було проведено симуляцію схеми підсилювача з загальним витоком з наступними параметрами компонентів:

R1 = 3,73 кОм

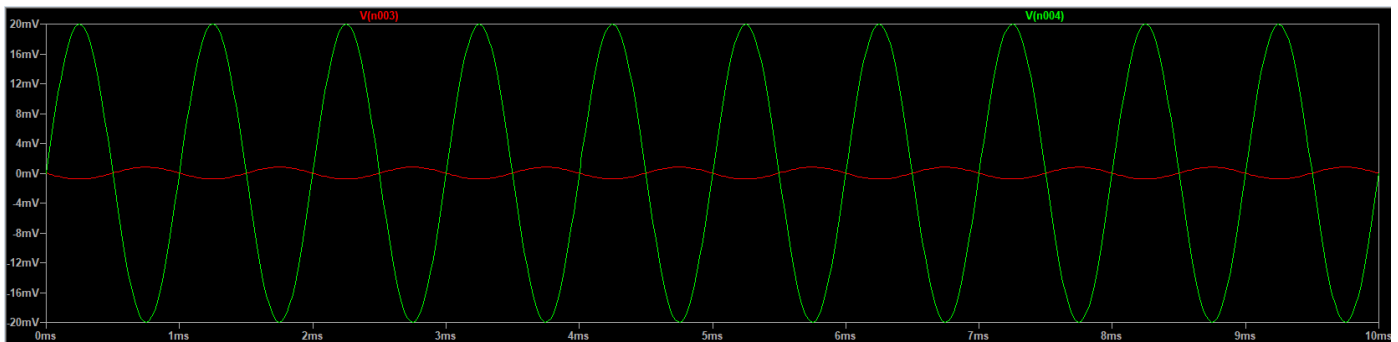
R2 = 5,53 кОм

R3 = 327 Ом

C1 = C2 = 10 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:

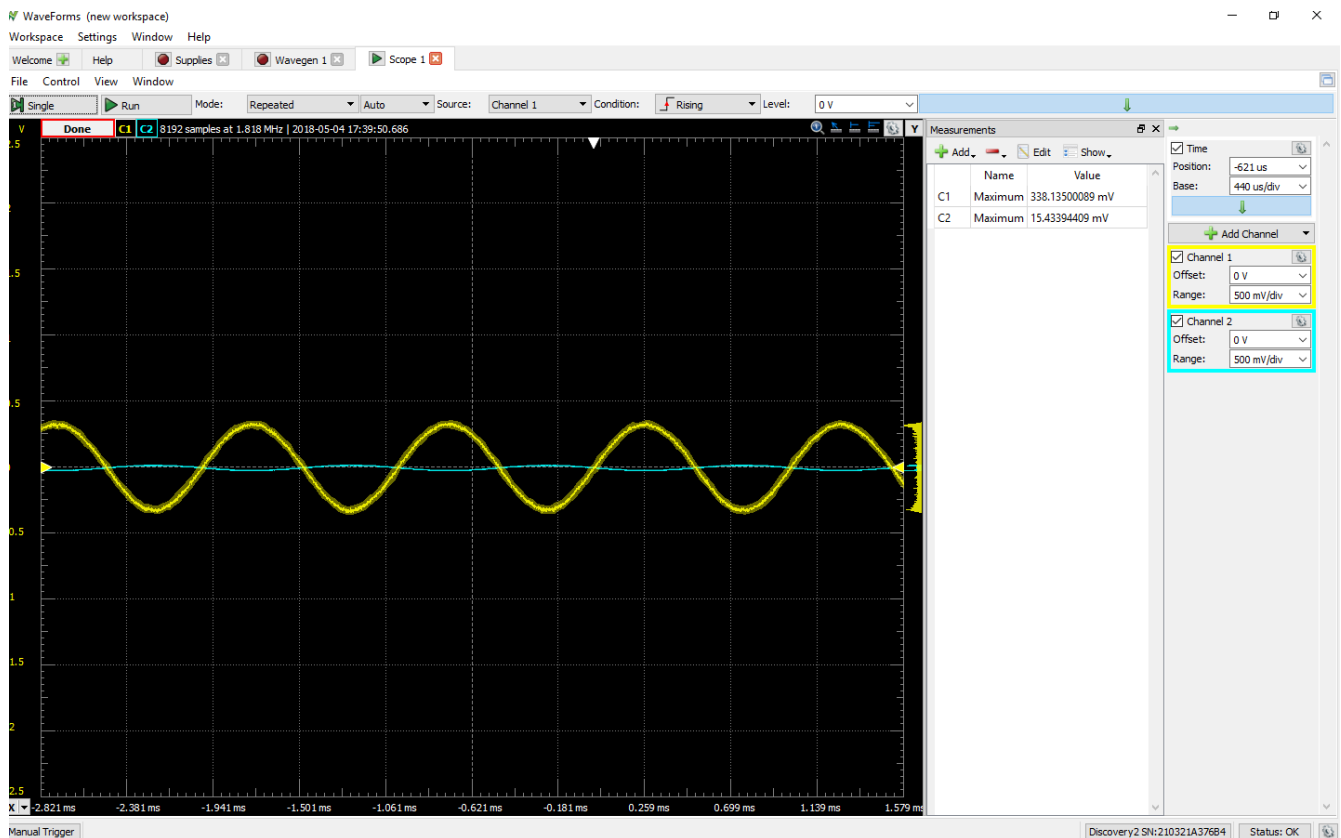
Для перевірки робочої точки напругу генератора сигналу виставили рівною нулю. Отримали такі параметри робочої точки спокою:

$$U_{зв0} = 2,01В$$

$$U_{вс0} = 2,52В$$

$$I_{с0} = 7,5mA$$

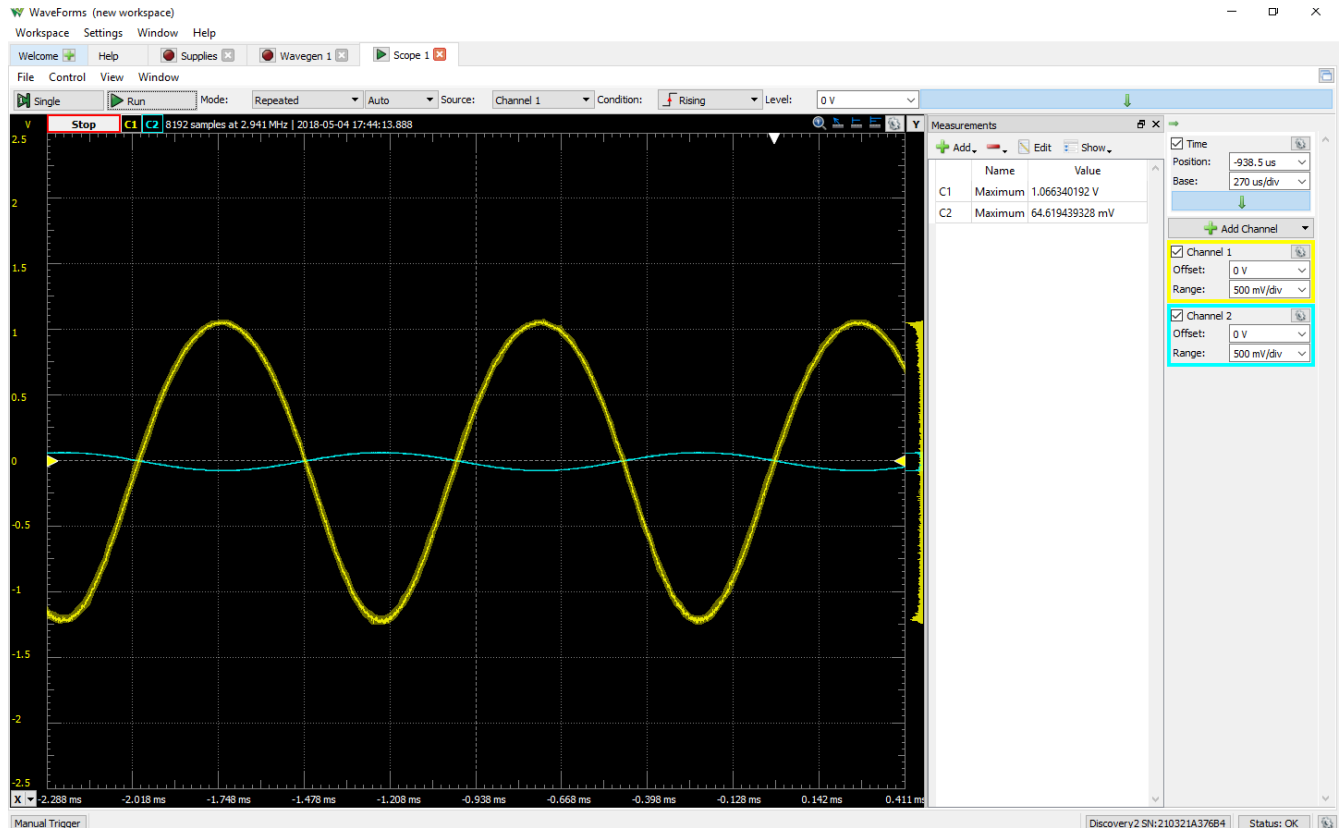
На вхід підсилювача подали сигнал, аналогічний входному в симуляції. На виході отримали синусоїдальний сигнал без нелінійних спотворень, обернений по фазі на 180 градусів:



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

$$K_U = \frac{U_{\text{вих}}}{U_{\text{вх}}} = \frac{-340 \text{ мВ}}{15 \text{ мВ}} = -22,66$$

Для знаходження максимальної амплітуди вхідного сигналу напругу на вході підвищували до тих пір, поки на виході не з'явилися нелінійні спотворення. Такою напругою виявилась 70÷90 мВ. Спотворення виглядали так:



Для експериментального визначення передавальної провідності робочу точку транзистора змістили на 0,06В змінюючи опори на: R1=3,73 kOm, R2=5,53 kOm. Струм спокою виріс з 7,5 мА до 11,3 мА.

Тоді  $\Delta U_{\text{зв}} = 0,06\text{В}$ , а  $\Delta I_{\text{с}} = 3,8\text{мА}$ .

$$g_m = \frac{\Delta I_{\text{с}}}{\Delta U_{\text{зв}}} = \frac{3,8 * 10^{-3}}{0,06} = 63,33 \text{ мС}$$

З технічної документації на 2N7000  $g_m$  має складати мінімум 100 мС, що підтверджує коректність проведеного дослідження.

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

$$K_U = \frac{U_{\text{вих}}}{U_{\text{вх}}} = -g_m R_3 = -63,33 * 10^{-3} * 327 = -20,7$$

Отримали число, що майже збігається з експериментальними даними.

## **Висновки**

В даній лабораторній роботі провели експериментальне дослідження поведінки польового транзистору в різних режимах роботи: відзняли статичну вихідну та передавальну характеристики, розрахували коефіцієнт крутизни  $b$ , порівняли їх з даними симуляцій. Також було складено схему підсилювача з загальним витоком і досліджено його роботу при різних вхідних параметрах. Експериментально та теоретично визначили коефіцієнт підсилення та передавальну провідність.