

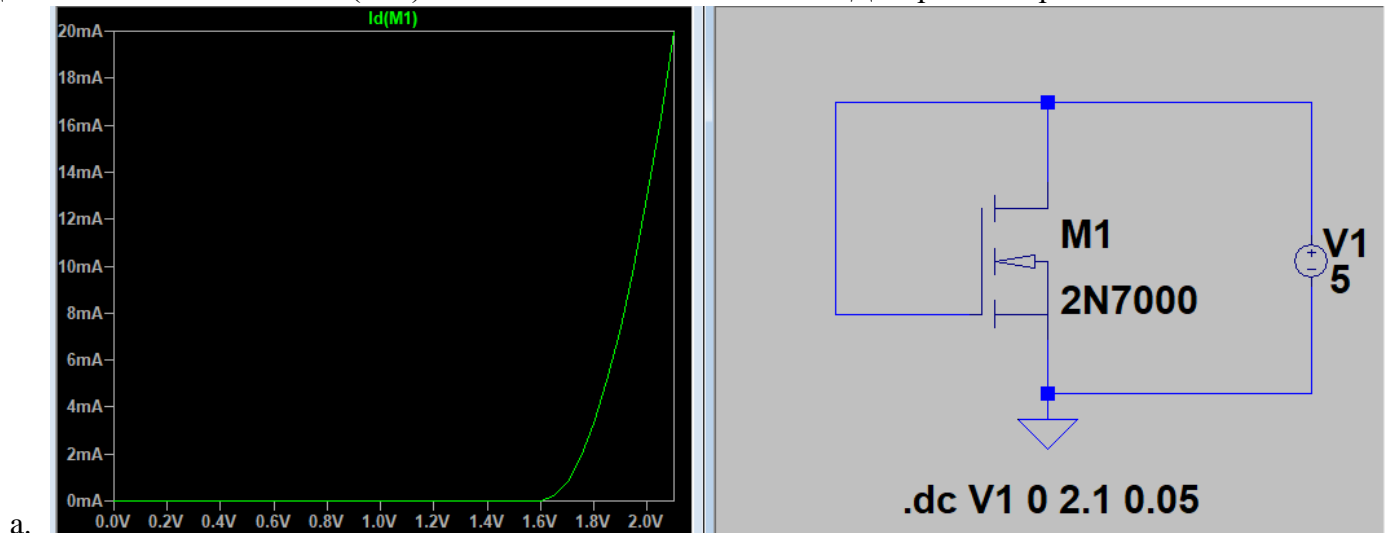
Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський Політехнічний Інститут імені Ігоря Сікорського»
Кафедра конструювання електронно-обчислювальної апаратури

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

Виконав:
студент групи ДК-62
Голуб М.С.

Перевірив:
доц. Короткий Є В.

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 1.8В.

Струм, що в 4 рази більший за нього, тобто, 16 мА, протікає при напрузі стоку 2В.

Тоді порогова напруга буде дорівнювати:

$$U_{\pi} = 2U_{зв1} - U_{зв2}$$

$$U_{\pi} = 2 * 1,8 - 2 = 1,6В,$$

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:

$$16 * 10^{-3} = \frac{b}{2}(2 - 1,6)^2$$

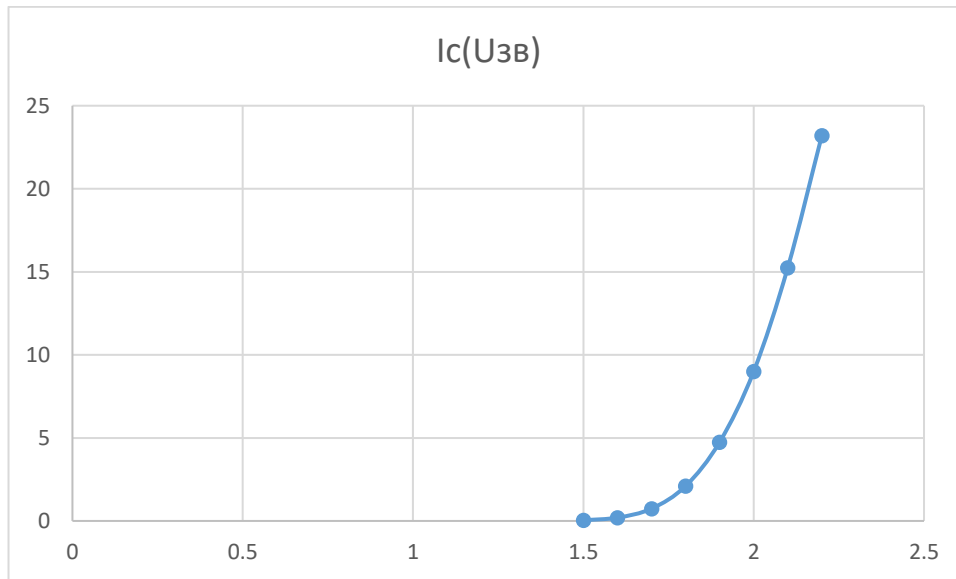
$$16 * 10^{-3} = \frac{b}{2}0,16$$

$$b = \frac{16 * 10^{-3} * 2}{0,16} = 200 * 10^{-3}$$

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

U _{зв} , В	I _с , мА
1,5	0,04
1,6	0,2
1,7	0,74
1,8	2,1
1,9	4,75
2	9
2,1	15,25
2,2	23,2

Наведемо отриману залежність:



З залежності видно, що істотний струм стоку починає протікати при напрузі 1,5÷1,6В, а залежність досить непогано апроксимується квадратичною функцією, що в цілому відповідає очікуванням.

Для експериментальних даних коефіцієнт b :

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

$$9 * 10^{-3} = \frac{b}{2}(2 - 1,6)^2$$

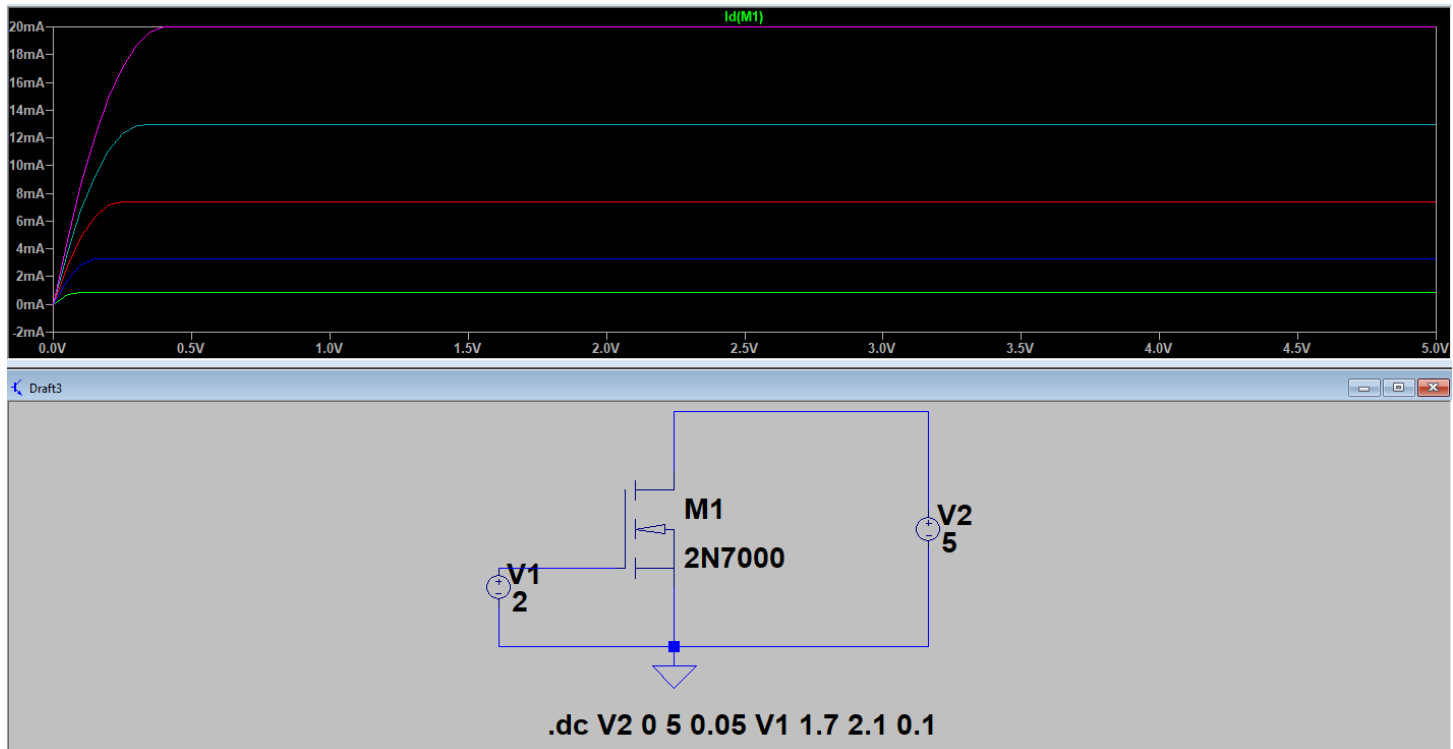
$$9 * 10^{-3} = \frac{b}{2}0,16$$

$$b = \frac{9 * 10^{-3} * 2}{0,16} = 112,5 * 10^{-3}$$

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

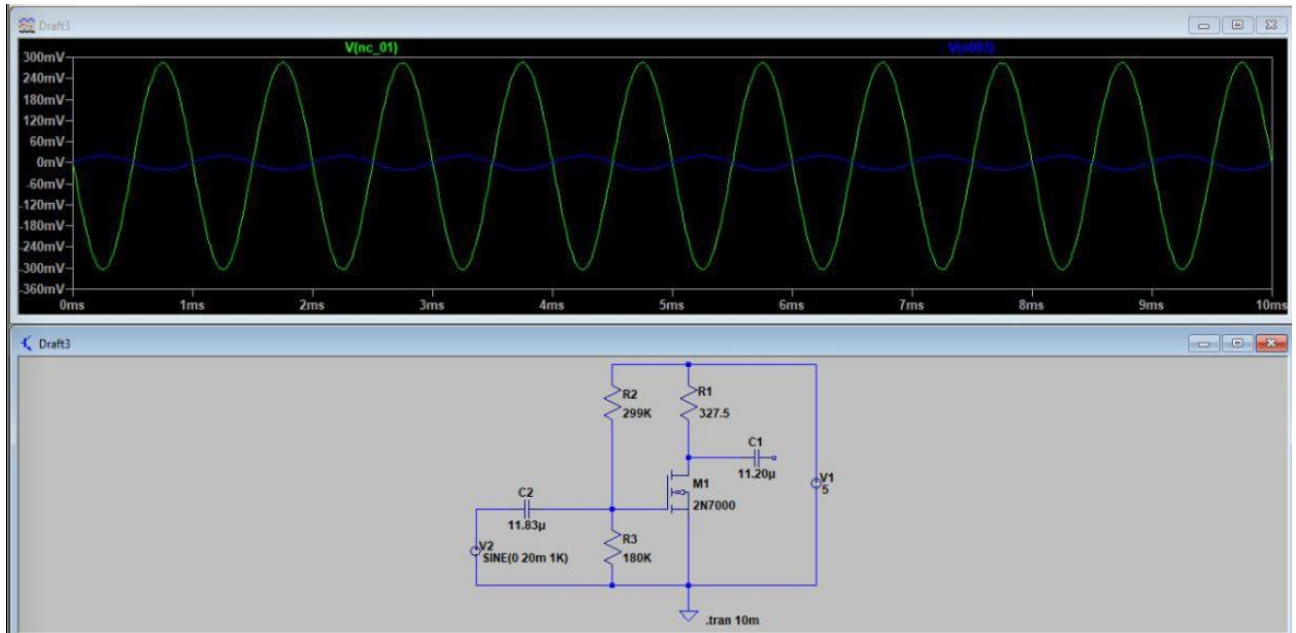
Було проведено симуляцію схеми та побудовано в програмі потрібний графік



Для проведеної симуляції:

1. $U_{зв} = 1,7V$. Насичення досягнуто при $U_{bc} = 0,109V \geq 1,7V - 1,59V = 0,11V$
 2. $U_{зв} = 1,8V$. Насичення досягнуто при $U_{bc} = 0,205V \geq 1,8V - 1,59V = 0,21V$
 3. $U_{зв} = 1,9V$. Насичення досягнуто при $U_{bc} = 0,294V \approx 1,9V - 1,59V = 0,31V$
 4. $U_{зв} = 2,0V$. Насичення досягнуто при $U_{bc} = 0,397V \approx 2,0V - 1,59V = 0,41V$
 5. $U_{зв} = 2,1V$. Насичення досягнуто при $U_{bc} = 0,452mV < 2,1V - 1,59V = 0,51V$
3. Дослідження підсилювача з загальним витоком на польовому МДН транзисторі 2N7000
- а. Було проведено симуляцію схеми підсилювача з загальним витоком з наступними параметрами компонентів:
 - $R1 = 327,5 \text{ Ом}$
 - $R2 = 299 \text{ кОм}$
 - $R3 = 180 \text{ кОм}$

$$C1 = C2 = 10 \text{ мкФ}$$



На виході підсилювача при синусоїдальному вхідному 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 вхідних сигналах. Отримали наступні результати:

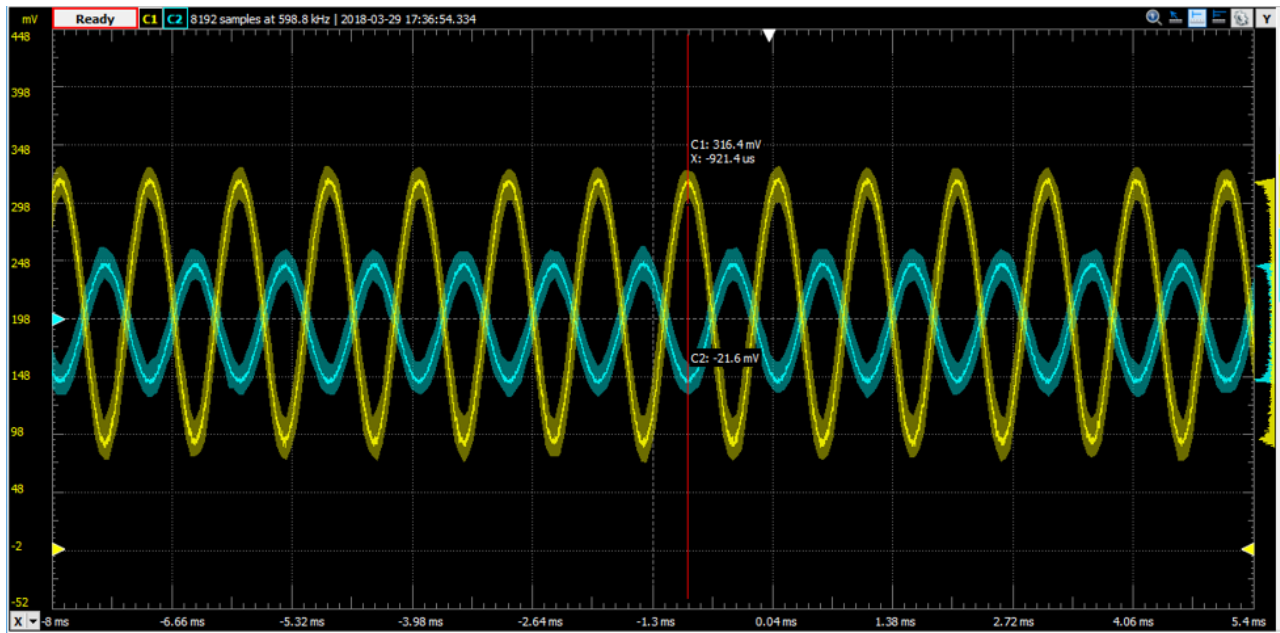
- б. Для перевірки робочої точки напругу генератора сигналу виставили рівною нулю. Отримали такі параметри робочої точки спокою:

$$U_{зв0} = 1,85\text{В}$$

$$U_{вс0} = 3,44\text{В}$$

$$I_{с0} = 4,6\text{мА}$$

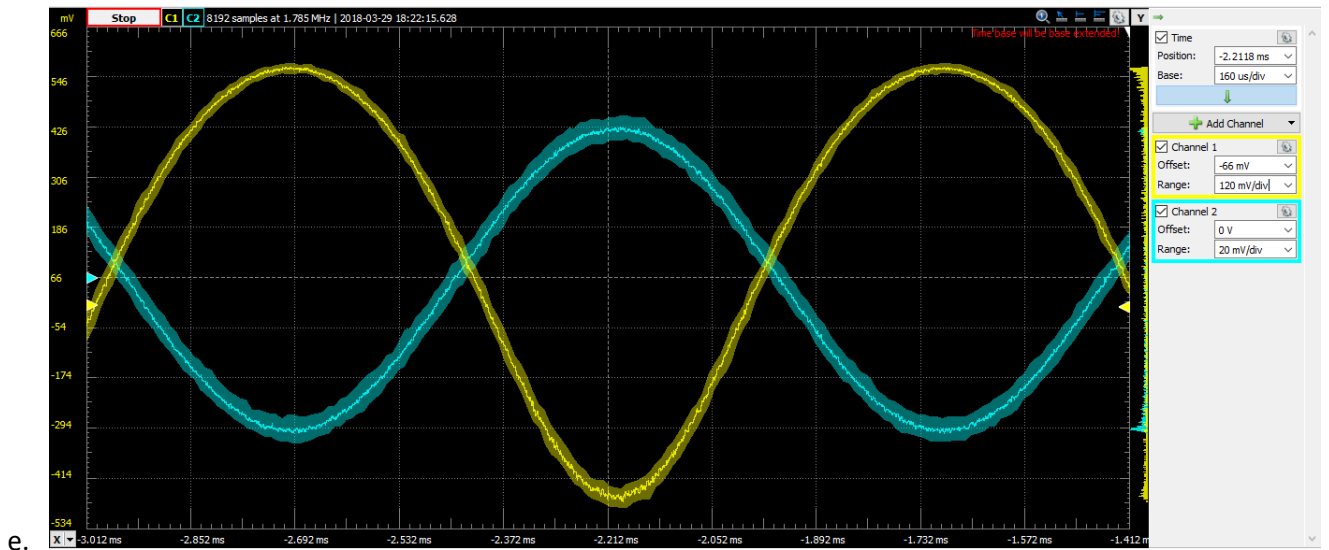
- с. На вхід підсилювача подали сигнал, аналогічний вхідному в симуляції. На виході отримали синусоїдальний сигнал без нелінійних спотворень, обернений по фазі на 180 градусів:



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

$$K_U = \frac{U_{\text{вих}}}{U_{\text{вх}}} = \frac{-316 \text{ мВ}}{20 \text{ мВ}} = -15,8$$

- d. Для знаходження максимальної амплітуди вхідного сигналу напругу на вході підвищували до тих пір, поки на виході не з'явились нелінійні спотворення. Такою напругою виявилась 50 мВ. Спотворення виглядали так:



e.

- f. Для експериментального визначення передавальної провідності робочу точку транзистора змістили на 0,1В шляхом включення до резистору R2 послідовно додатковий резистор на 20 кОм. Струм спокою виріс з 4,6 мА до 9мА. Тоді $\Delta U_{зв} = 0,1\text{В}$, а $\Delta I_c = 4,4\text{мА}$.

$$g_m = \frac{\Delta I_c}{\Delta U_{зв}} = \frac{4,4 * 10^{-3}}{0,1} = 44 \text{ мС}$$

Передаточну провідність також можна розрахувати за формулою $g_m = b \cdot (U_{зв0} - U_{п})$:

$$g_m = b(U_{зв0} - U_{п}) = 112,5 * 10^{-3} * (1,85 - 1,6) = 28 \text{ мС}$$

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

$$K_U = \frac{U_{вих}}{U_{вх}} = -g_m R_3 = -44 * 10^{-3} * 323 = -14,2$$

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.