

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-61

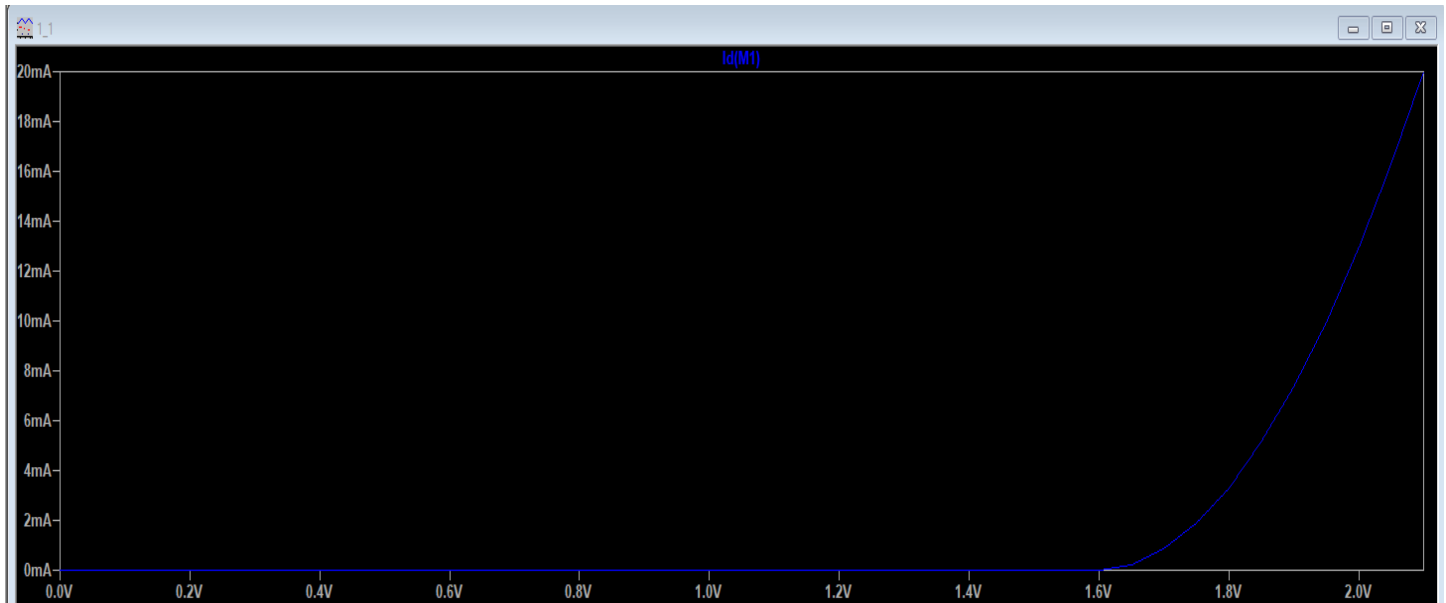
Накоренко А.А

Перевірив:

доц. Короткий Є В.

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

Просимулювавши роботу схеми було отримано таку залежність:



Характер залежності повністю відповідає теорії.

Далі визначив порогову напругу по формулі:

$U_{зв1}$  та  $U_{зв2}$  взяті при струмі в 4mA та 16mA відповідно.

$$U_{п} = 2U_{зв1} - U_{зв2}$$

Де  $U_{зв1} = 3,64 \text{ В}$ , а  $U_{зв2} = 2,05 \text{ В}$

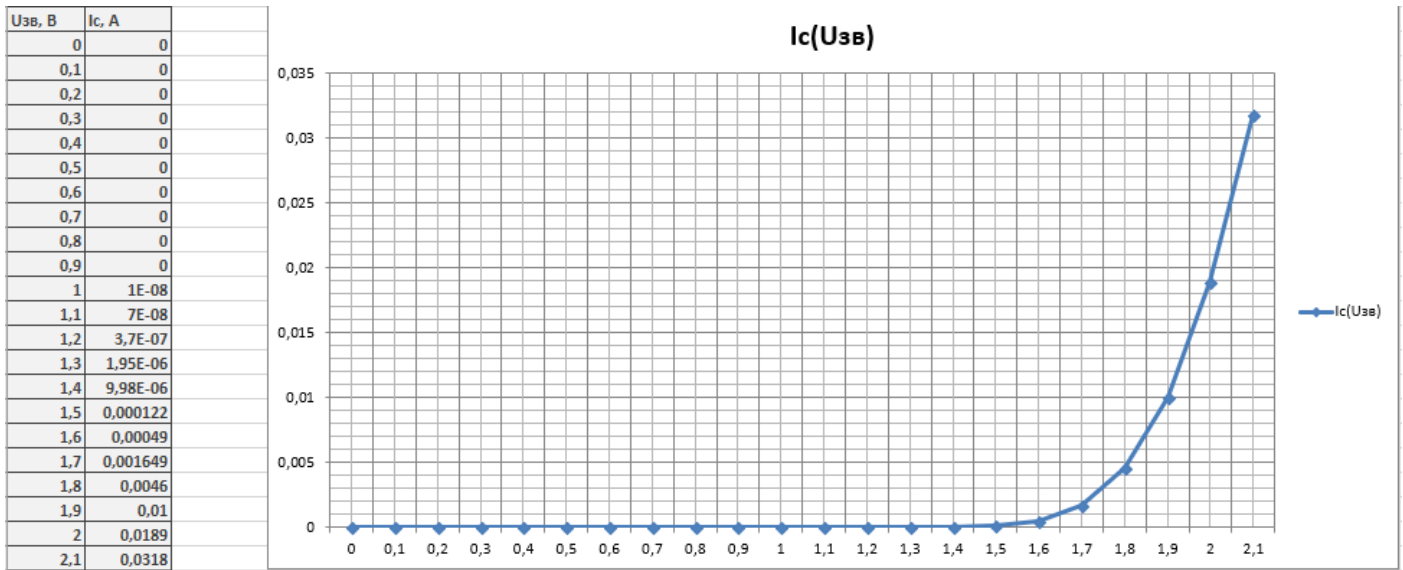
$$U_{п} = 1,59 \text{ В}$$

Тепер можна знайти  $b$  з формули:

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

$$b = 0,1512$$

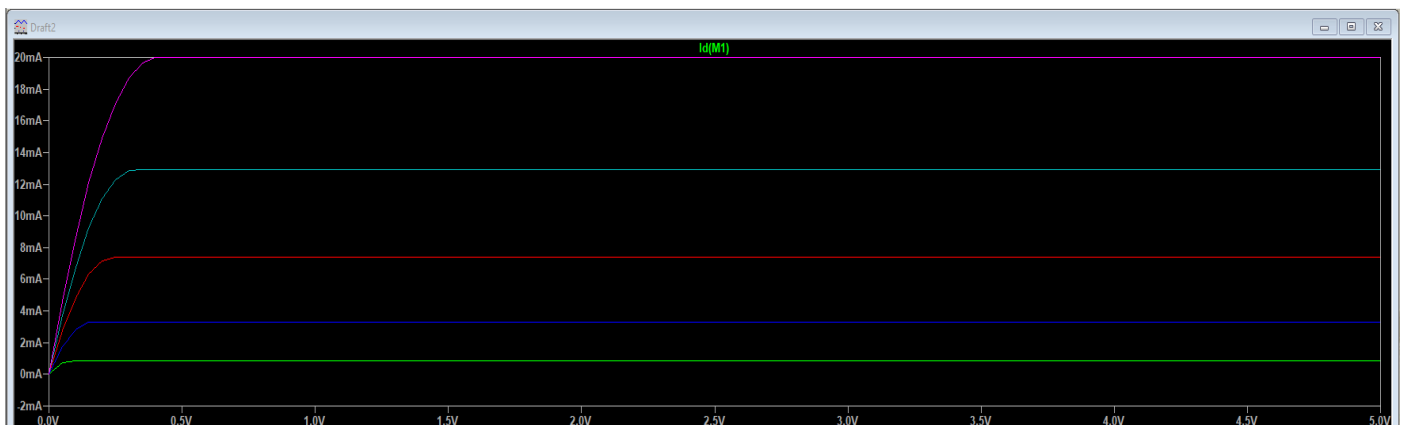
Залежність отримана на практиці:



За практичними значеннями  $b = 0,0245$ , що сильно відрізняється від теоретичних розрахунків. Виходячи з цього можна стверджувати, що модель цього транзистора в LTSpice не є точною.

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

Була виконана лише симуляція.



Умова досягнення струму насичення  $U_{bc} \geq U_{зв} - U_{п}$

Для проведеної симуляції:

1.  $U_{зв} = 1,7\text{В}$ . Насичення досягнуто при  $U_{вс} = 0,109\text{В} \geq 1,7\text{В} - 1,59\text{В} = 0,11\text{В}$

2.  $U_{зв} = 1,8\text{В}$ . Насичення досягнуто при  $U_{вс} = 0,205\text{В} \geq 1,8\text{В} - 1,59\text{В} = 0,21\text{В}$

3.  $U_{зв} = 1,9\text{В}$ . Насичення досягнуто при  $U_{вс} = 0,294\text{В} \approx 1,9\text{В} - 1,59\text{В} = 0,31\text{В}$

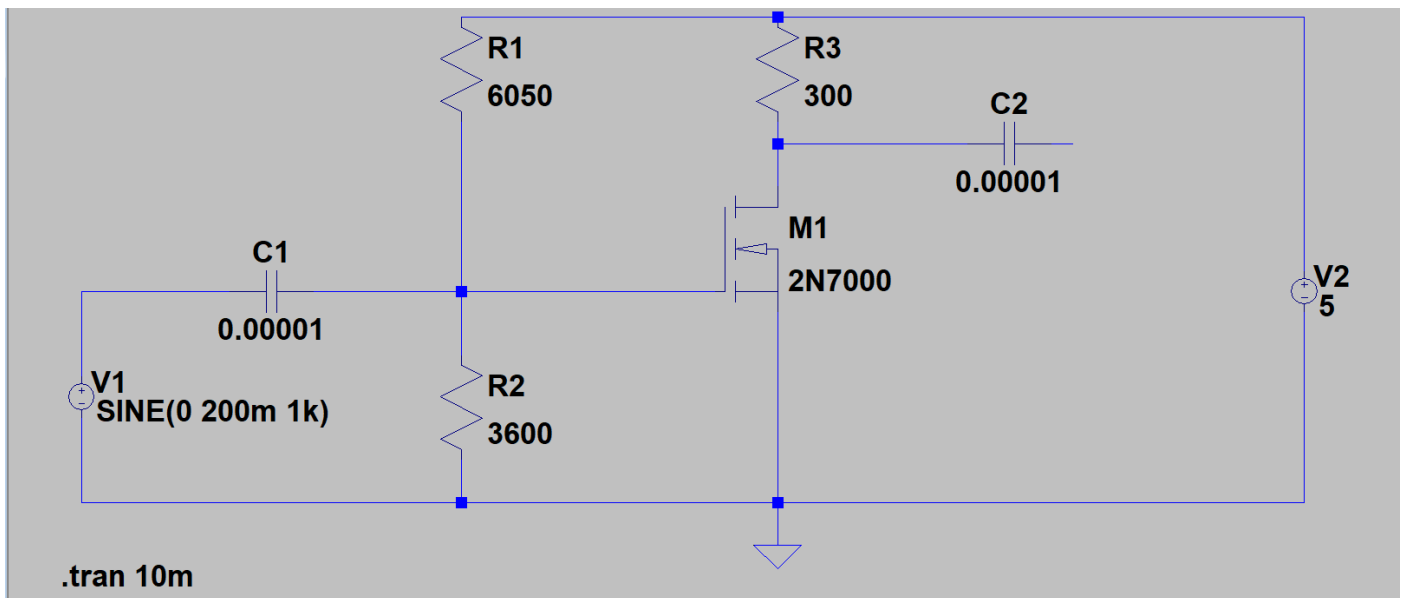
4.  $U_{зв} = 2,0\text{В}$ . Насичення досягнуто при  $U_{вс} = 0,397\text{В} \approx 2,0\text{В} - 1,59\text{В} = 0,41\text{В}$

5.  $U_{зв} = 2,1\text{В}$ . Насичення досягнуто при  $U_{вс} = 0,452\text{мВ} < 2,1\text{В} - 1,59\text{В} = 0,51\text{В}$

Умова дуже добре виконується для напруг 3В, які ближче до порогової, але чим вища 3В, ти менш точно починала виконуватись умова. Це можна пояснити неточністю моделі.

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

3.1) Було створено схему підсилювача. Номінали резисторів було розраховано за допомогою змінного резистора.

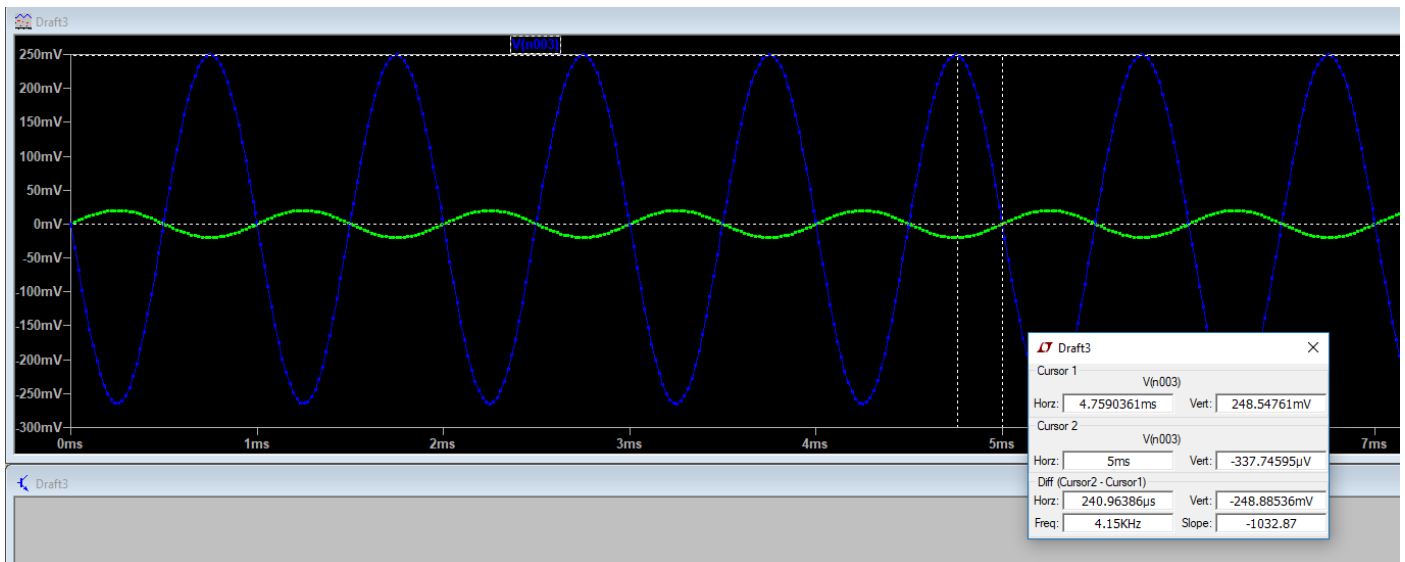


3.2)Робоча точка

$$I_0 = 5.8\text{mA}$$

$$U_{зв0} = 1,8652\text{ В}$$

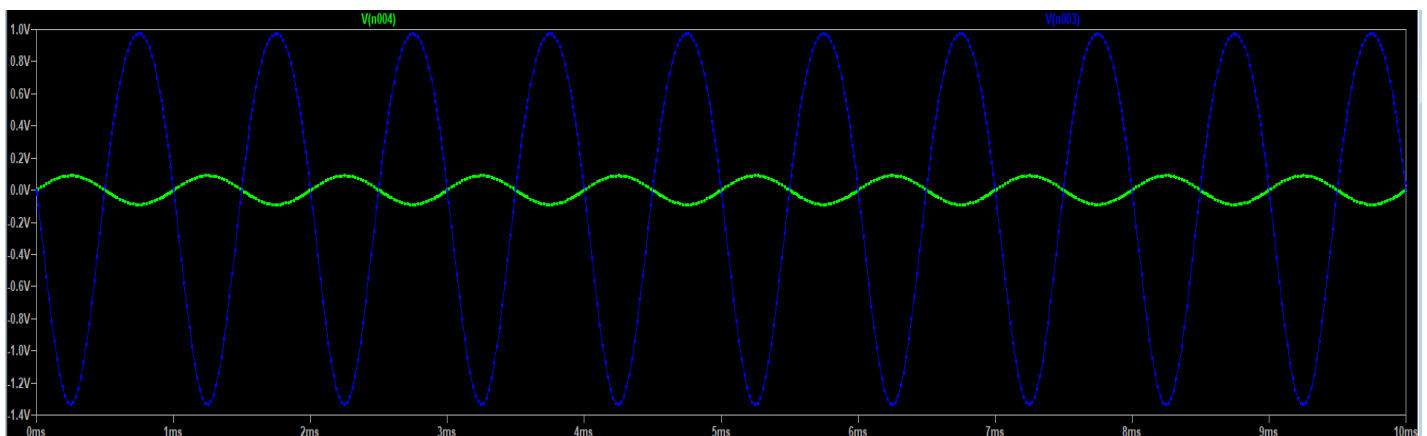
$$U_{вс0} = 3,2665\text{ В}$$



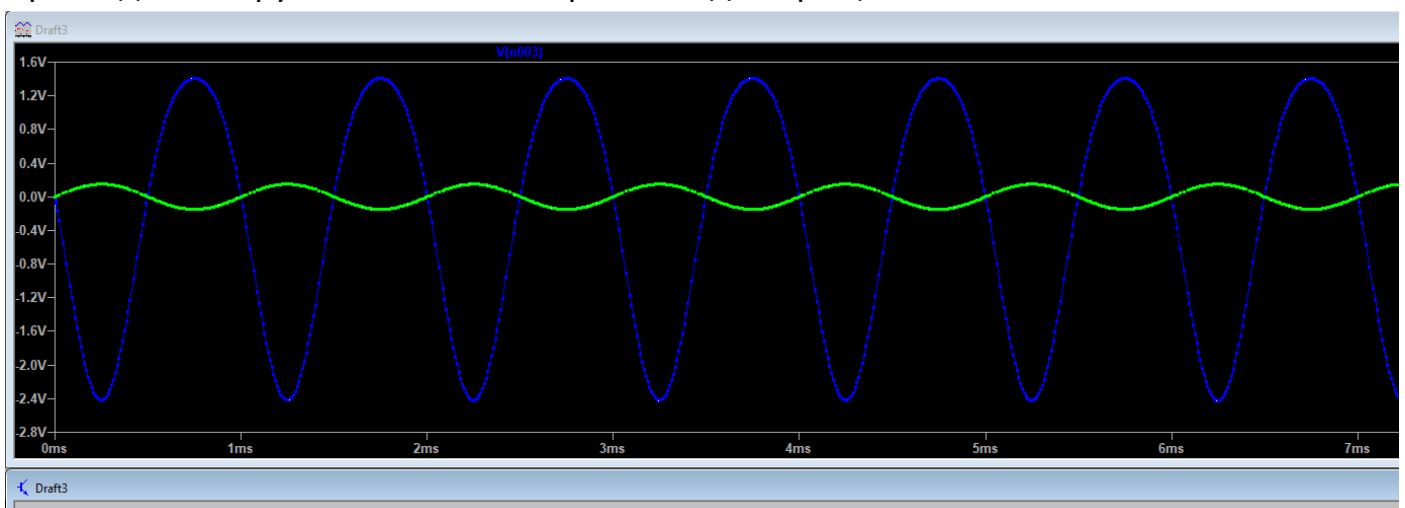
Результат симуляції на екрані вище. З нього видно, що амплітуда вихідного сигналу 248мВ.

$$K_u = 248/20 = 12,4$$

3.3) Спотворення починаються при вхідній напрузі 90мВ



При вхідній напрузі в 150мВ спотворення видно краще



3.4) Збільшив напругу на R2, щоб  $U_{зв0} = 2$  В.

В такому випадку:

$$U_{вс0} = 1,2 \text{ В}$$

$$I_{с0} = 12,6 \text{ мВ}$$

Тепер знаходим  $g_m$

$$g_m = \frac{\Delta I_c}{\Delta U_{зв}} = \frac{6,8 * 10^{-3}}{0.1314} = 50 \text{ мС}$$

3.5) Знаходжу  $K_u$

$$K_u = - 300 * 50 * 10^{-3} = -15$$

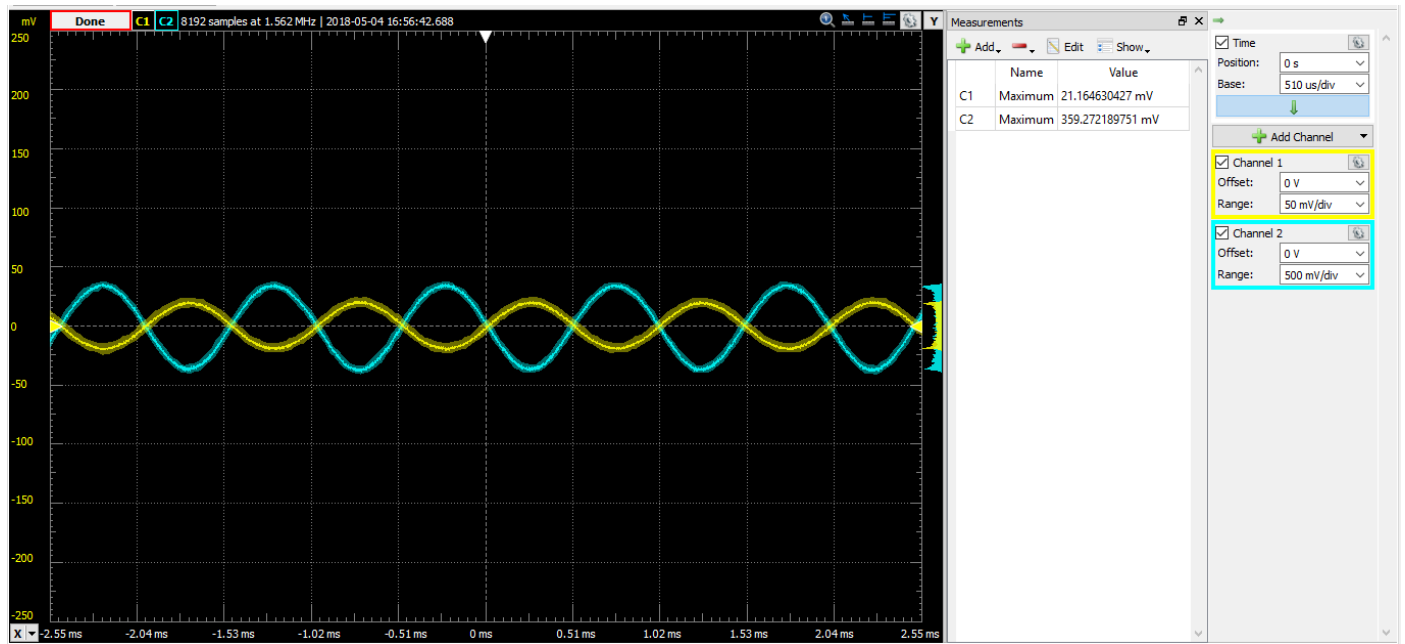
Реальна схема

Те ж саме було реалізоване на реальній схемі.

3.2)

Практичні значення:	
$U_{зв0}$ , В	1,87
$U_{вс0}$ , В	2,5
$U_{гс0}$ , В	2,5
$I_{с0}$ , А	0,0083
	0,0083

3.3)

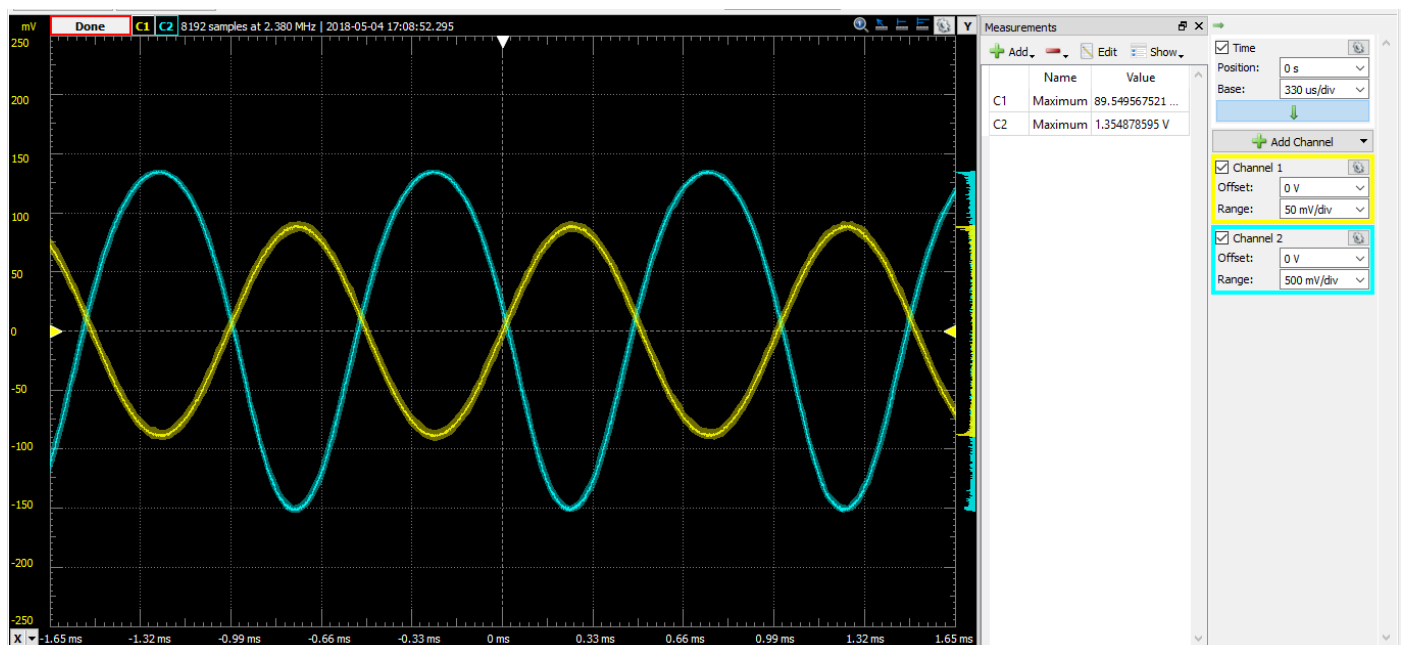


На практиці коефіцієнт  $K_u$  дещо більший ніж за розрахунками:

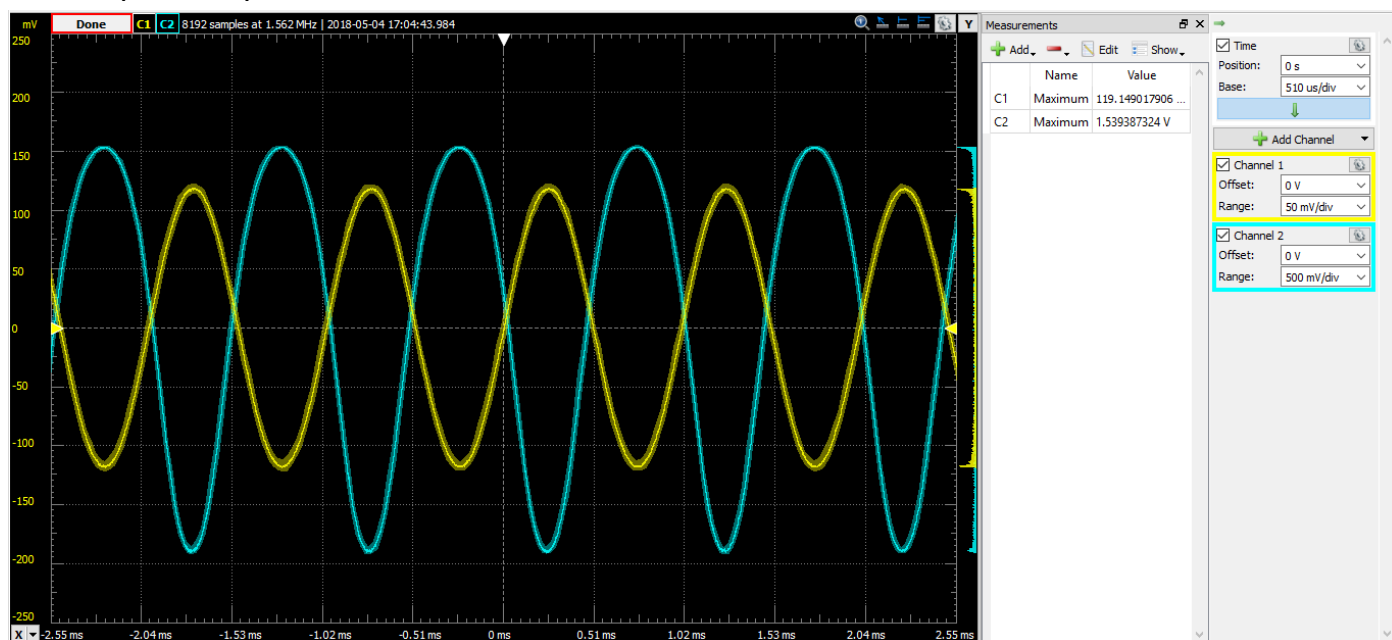
$$360/21 = 17.14$$

3.4)

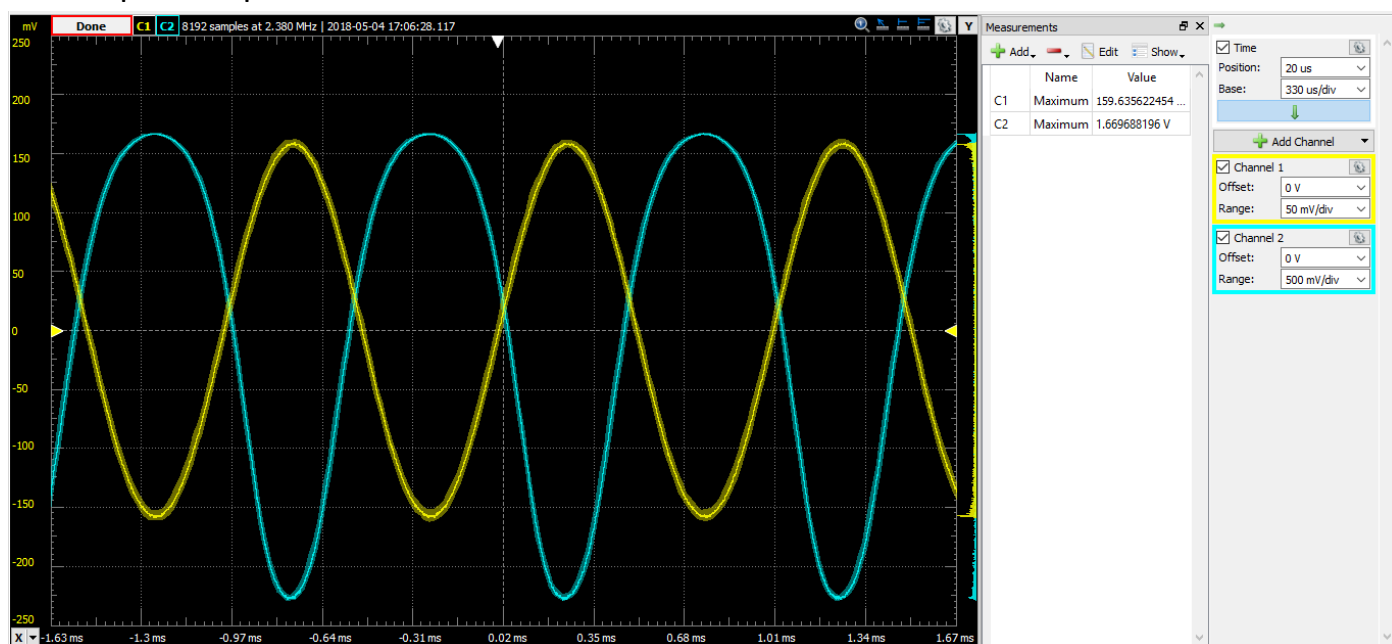
Початок спотворень при 90мВ



## Спотворення при 120мВ



## Спотворення при 160мВ



## 3.5) Визначення $K_u$ та $g_m$

$K_u$	-16,54	$K_u = -R_3 * \Delta I_c / \Delta U_{зв}$
$K_u$	-17,24	експериментально
$\delta, \%$	4,21	відносно $K_u = -R_3 * \Delta I_c / \Delta U_{зв}$

було	$U_{зв0}, V$	1,87			
стало	$U_{зв0}, V$	2		$\Delta U_{зв}, V$	0,13
було	$I_{c0}, A$	0,0083			
стало	$I_{c0}, A$	0,0155		$\Delta I_c, A$	0,0072
	$g_m$	0,055		$g_m = \Delta I_c / \Delta U_{зв}$	



Як видно,  $K_u$  в симуляції відрізняється від значення отриманих на практиці. Це можна пояснити неточністю моделі в LTSpice.

### Висновок

Отже виконавши цю лабораторну роботу, я в житті перевінив деякі властивості біполярного транзистора, та схем, побудованих на його основі. В принципі, з деякими похибками просимульована модель відповідає дійсності. Похибки можна пояснити неточністю моделі транзистора.