

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені**  
**ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**Повстен А.Я.**

**ЗВІТ**

**ОПЕРАЦІЙНІ ПІДСИЛЮВАЧІ З НЕГАТИВНИМ**  
**ЗВОРОТНИМ ЗВ'ЯЗКОМ**

**Київ. КНУ ім. Т. Шевченка, 2021**

УДК 001.002 (008.21)

ББК 73Ц

I-72

**Укладач Повстен А.Я.**

I-72 Звіт. Операційні підсилювачі з негативним зворотним зв'язком./ укл.  
Повстен А.Я.

– К. : КНУ ім. Т. Шевченка, 2021. – с. (Укр. мов.)

Наведено загальний звіт виконання роботи з моделювання електронних  
схем у програмі ElectronicWorkbench.

## Зміст

Вступ

Теоретична частина

Практична частина

- Інвертувальний підсилювач

-Неінвертувальний підсилювач

-*Інтегратор*

Висновок

## **Вступ**

Мета роботи – ознайомитися з властивостями операційних підсилювачів, опанувати способи підсилення електричних сигналів схемами з ОП, охопленим негативним зворотним зв'язком та способи виконання математичних операцій за допомогою схем з ОП.

Метод вимірювання – це метод співставлення: одночасне спостереження вхідного та вихідного сигналів на екрані двоканального осцилографа із наступним вимірюванням і порівнянням їх параметрів.

## Теоретичні відомості

**Створення зворотного зв'язку** полягає в тому, що частина вихідного сигналу підсилювача повертається через ланку зворотного зв'язку (ЗЗ) на його вхід. Якщо сигнал зворотного зв'язку подається на вхід у протифазі до вхідного сигналу (різниця фаз  $\Phi = 180^\circ$ ), то зворотний зв'язок називають негативним (НЗЗ). Якщо ж він подається на вхід у фазі до вхідного сигналу ( $\Phi = 0^\circ$ ), то такий зворотний зв'язок називають позитивним (ПЗЗ).

Основною інтегральною мікросхемою для створення аналогових електронних пристроїв є операційний підсилювач (ОП). ОП являє собою 98 мікросхему, що за своїми розмірами і ціною практично не відрізняється від окремого транзистора, хоча вона й містить кілька десятків транзисторів, діодів і резисторів

Завдяки практично ідеальним характеристикам ОП реалізація на їх основі різних схем виявляється значно простішою і дешевшою, ніж на окремих транзисторах і резисторах.

Операційним підсилювачем називають багатокаскадний диференціальний підсилювач постійного струму, який має в діапазоні частот до кількох десятків кілогерц коефіцієнт підсилення більший за  $10^4$  і за своїми властивостями наближається до уявного «ідеального» підсилювача. Під «ідеальним» розуміють такий підсилювач, який має:

- нескінченний коефіцієнт підсилення за напругою диференціального вхідного сигналу ( $K \rightarrow \infty$ );
- нескінченний вхідний імпеданс ( $Z_{вх} \rightarrow \infty$ );
- нульовий вихідний імпеданс ( $Z_{вих} = 0$ );
- рівну нулеві напругу на виході ( $U_{вих} = 0$ ) при рівності напруг на вході ( $U_{вх1} = U_{вх2}$ );
- 5) нескінченний діапазон робочих частот

Характеристики реального ОП не такі ідеальні, як хотілося б. Однак, для практичних цілей ці характеристики близькі до ідеальних: коефіцієнт підсилення для низьких частот (за постійним струмом)  $K > 10^4$ ; вхідний опір  $R_{вх} > 10^6$  Ом; вихідний опір  $R_{вих} < 10^2$  Ом; коефіцієнт підсилення падає до 1 на частоті порядку  $10^6$  Гц (1 МГц); напруга зміщення  $U_{зм}$  (визначається як напруга, яку потрібно подати на вхід ОП, щоб вихідна напруга стала рівною нулеві) для більшості ОП не перевищує 10 мВ, а для прецизійних – 10 мкВ.

# Практична частина

## Інвертувальний підсилювач

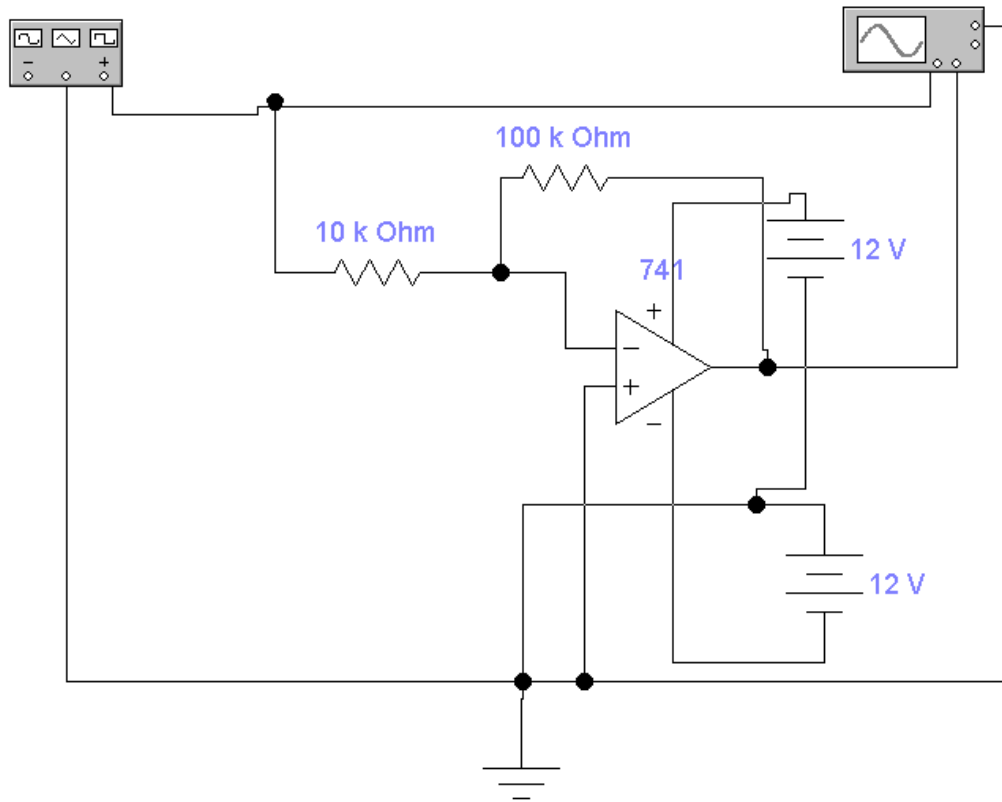
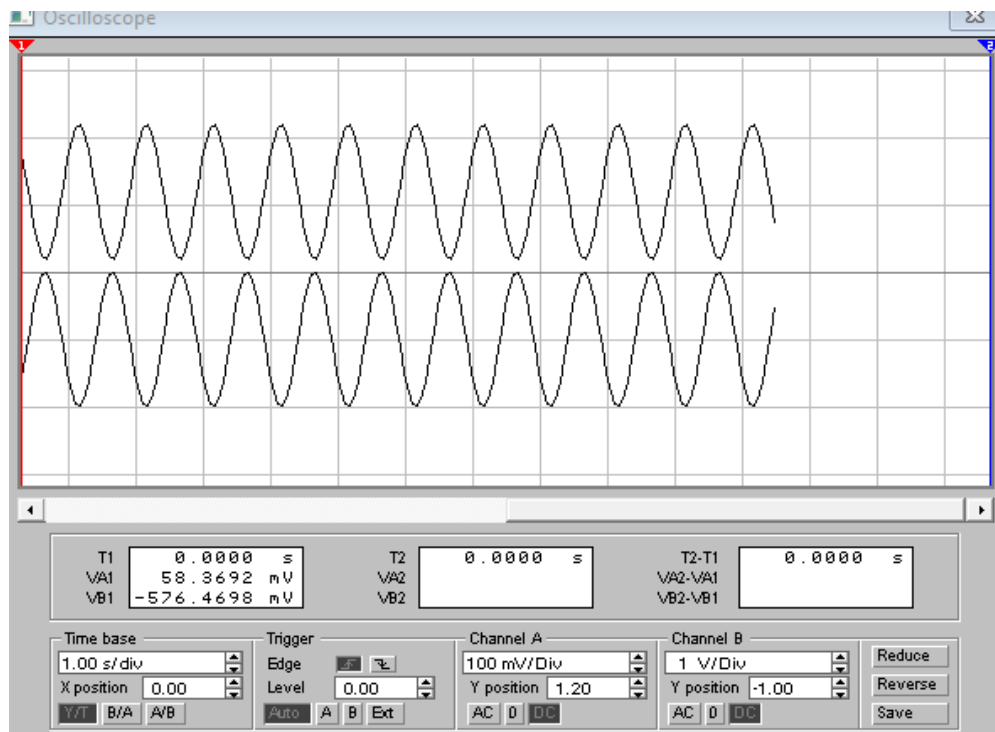


Схема інвертувального підсилювача



Напруга на вході та на виході

Неінвертувальний підсилювач:

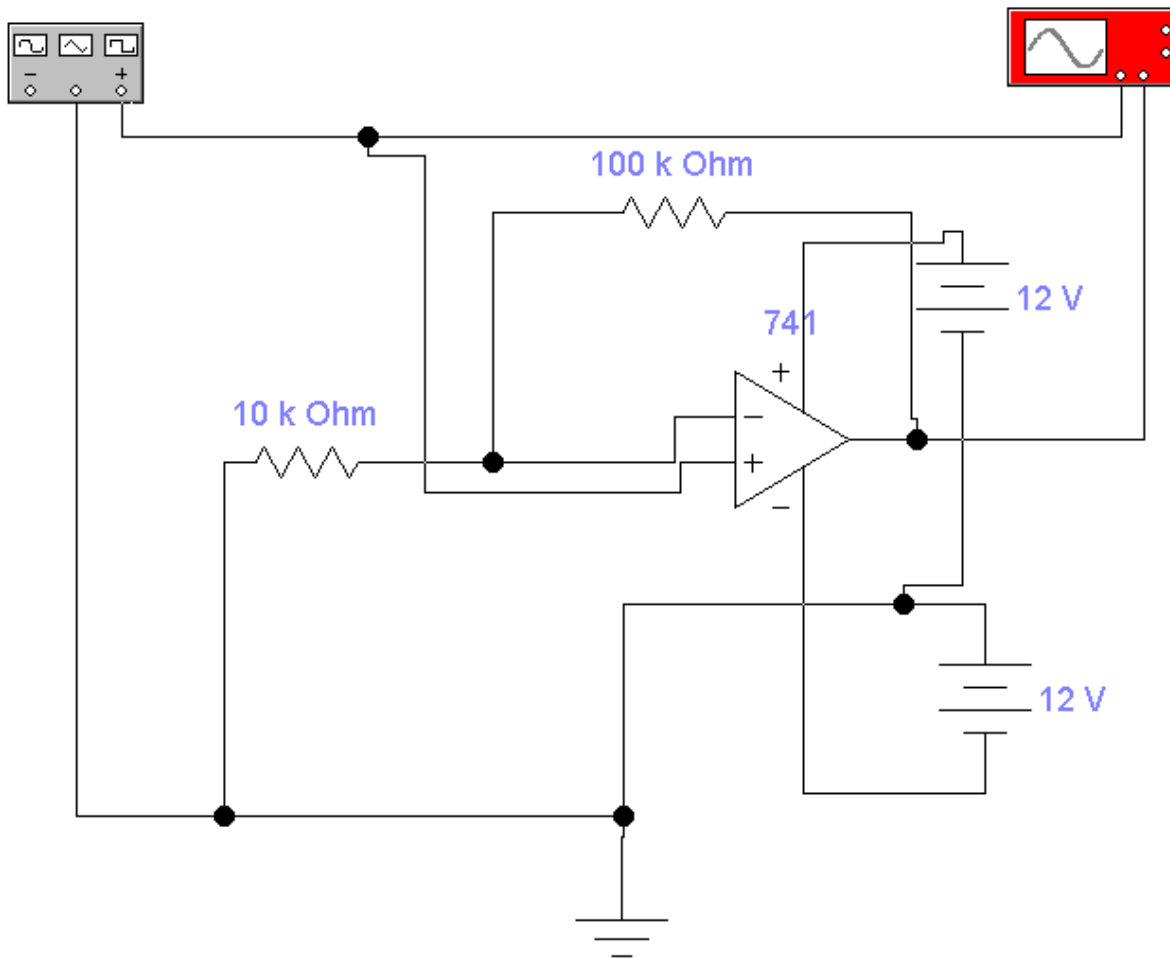
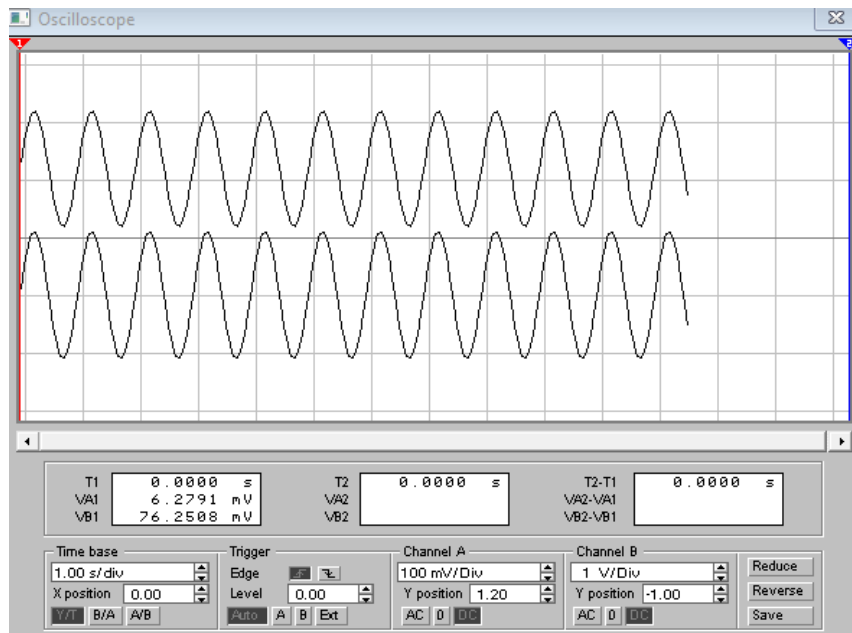
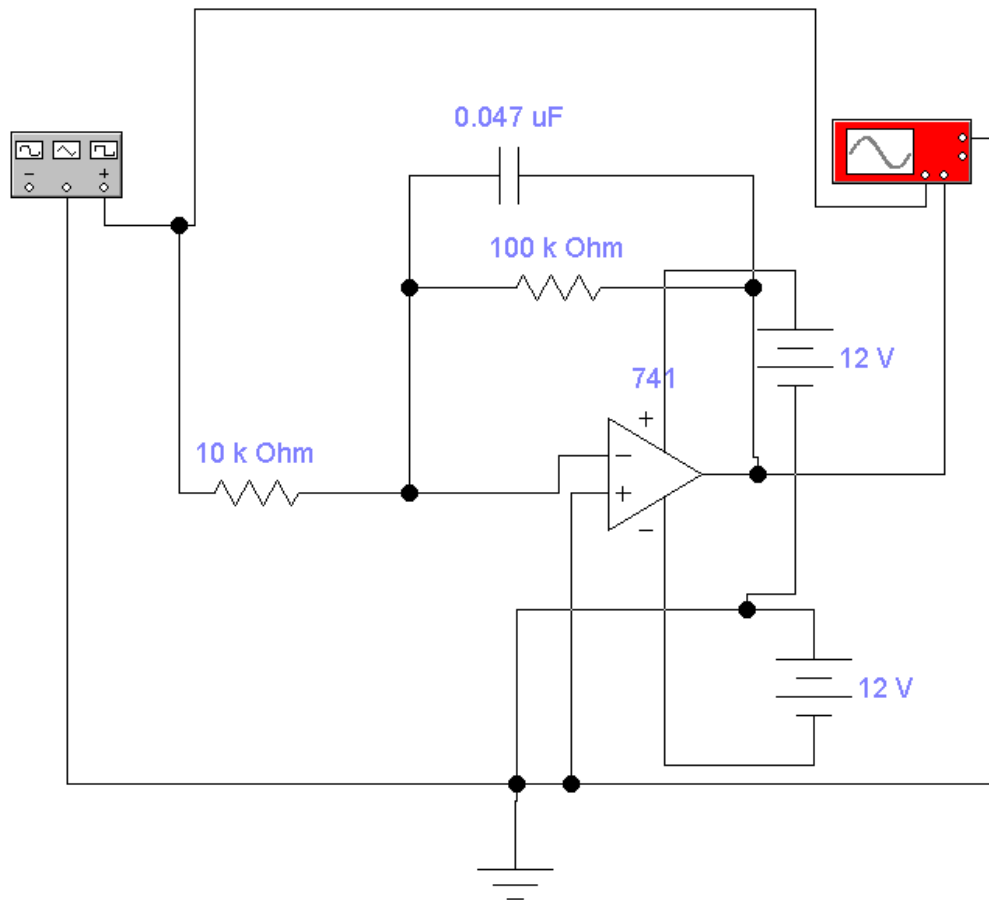


Схема неінвертувального підсилювача

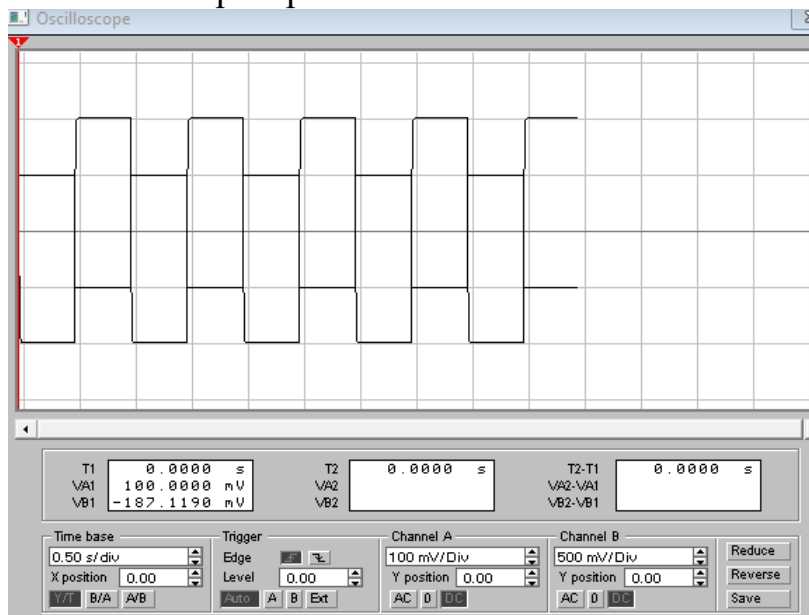


Напряга на вході та на виході

## Інтегратор



## Схема інтегратора



Напруга на вході та на виході



## **Висновок:**

У цій роботі я провів аналіз операційних підсилювачів з негативним зворотним зв'язком, використовуючи метод співставлення, який полягає в одночасному співставленні вхідного та вихідного сигналу. Під час дослідження ми розглянули 3 типи ОП, а саме: інвертувальний, неінвертувальний та інтегратор.