

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Лабораторна робота №6
Операційні підсилювачі з негативним зворотним
зв'язком

Автор

Столяров Андрій Дмитрович,
група 5-А, Фізичний Факультет

Київ, 23 квітня 2021 р.

Зміст

Вступ	2
Мета	2
Методи дослідження	2
Теоретичні відомості	2
Терміни і означення	2
ОП як інтегральна мікросхема	2
Хід Роботи	4
Інвертувальний підсилювач	4
Неінвертувальний підсилювач	5
Інтегратор на базі інвертувального підсилювача	6
Висновок	7

Вступ

Об'єкт дослідження — ОП, їхні ВАХ.

Мета

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.

Методи дослідження

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

Теоретичні відомості

Терміни і означення

Операційний підсилювач — це диференціальний підсилювач постійного струму, який в ідеалі має нескінченний коефіцієнт підсилення за напругою і нульову вихідну напругу за відсутності сигналу на вході, великий вхідний опір і малий вихідний, а також необмежену смугу частот підсилюваних сигналів.

Раніше такі високоякісні підсилювачі використовувалися виключно в аналогових обчислювальних пристроях для виконання математичних операцій, наприклад, складання та інтегрування. Звідси і походить їх назва – операційні підсилювачі (ОП).

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).

ОП як інтегральна мікросхема

У сучасній електроніці для конструювання різних електронних пристроїв (підсилювачів, детекторів, перетворювачів і т. д.) використовуються інтегральні мікро-

схеми. Шляхом комутації (створення певних електричних з'єднань) виводів інтегральних мікросхем і додавання кількох зовнішніх дискретних елементів (резисторів, конденсаторів, діодів і т. п.) вдається створити великий набір різноманітних електронних схем на основі одєї і тієї ж мікросхеми. Основною інтегральною мікросхемою для створення аналогових електронних пристроїв є операційний підсилювач (ОП). ОП являє собою 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:

1. нескінченний коефіцієнт підсилення за напругою диференціального вхідного сигналу ($K \rightarrow \infty$);
2. нескінченний вхідний імпеданс ($Z_{in} \rightarrow \infty$);
3. нульовий вихідний імпеданс ($Z_{out} \rightarrow 0$);
4. рівну нулевій напругу на виході ($U_{out} = 0$) при рівності напруг на вході ($U_{in_1} = U_{in_2}$);
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 $R_{in} > 10^6$ Ом; вихідний опір $R_{out} < 10^2$ Ом; коефіцієнт підсилення падає до 1 на частоті порядку 10^6 Гц (1 МГц); напруга зміщення U_3 (визначається як напруга, яку потрібно подати на вхід ОП, щоб вихідна напруга стала рівною нулевій) для більшості ОП не перевищує 10 мВ, а для прецизійних – 10 мкВ. Прототипом ОП може слугувати класичний диференціальний підсилювач з двома входами і несиметричним виходом.

Хід Роботи

Інвертувальний підсилювач

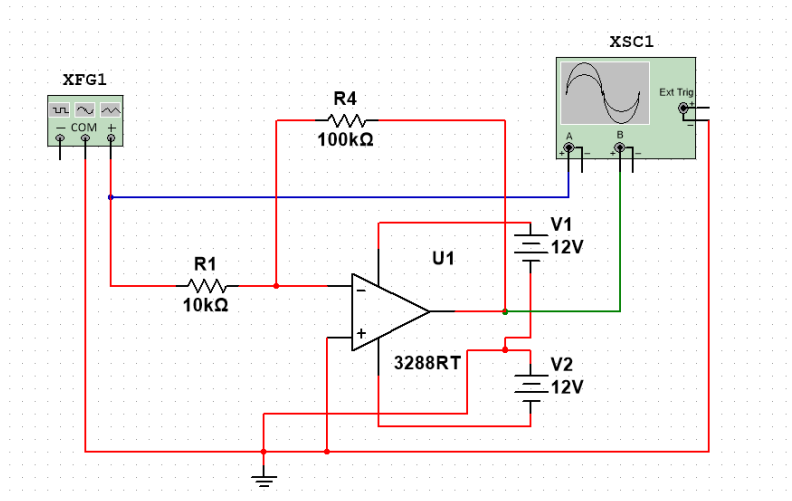


Рис. 1. Схема

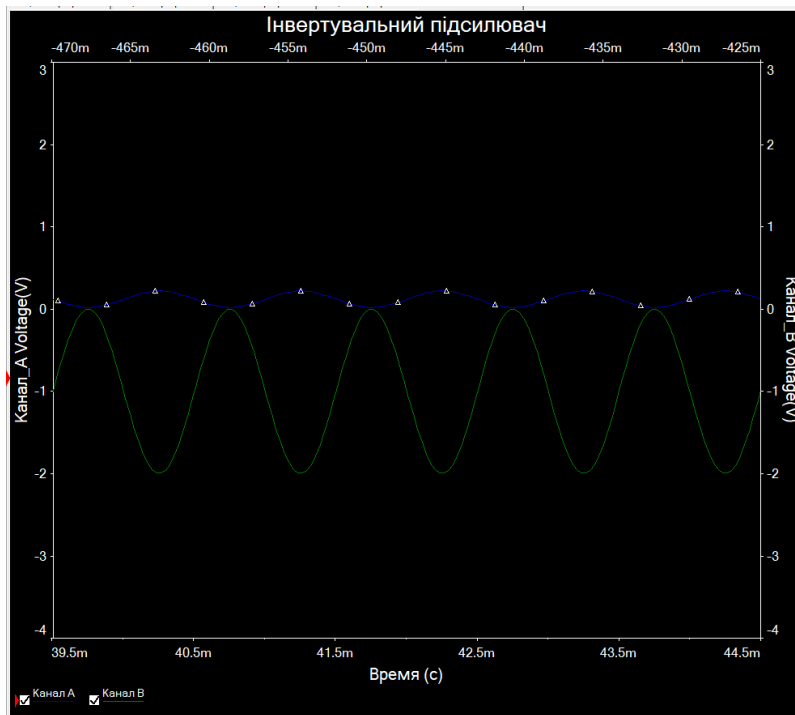


Рис. 2. Залежність напруги на вході і виході від часу

Неінвертувальний підсилювач

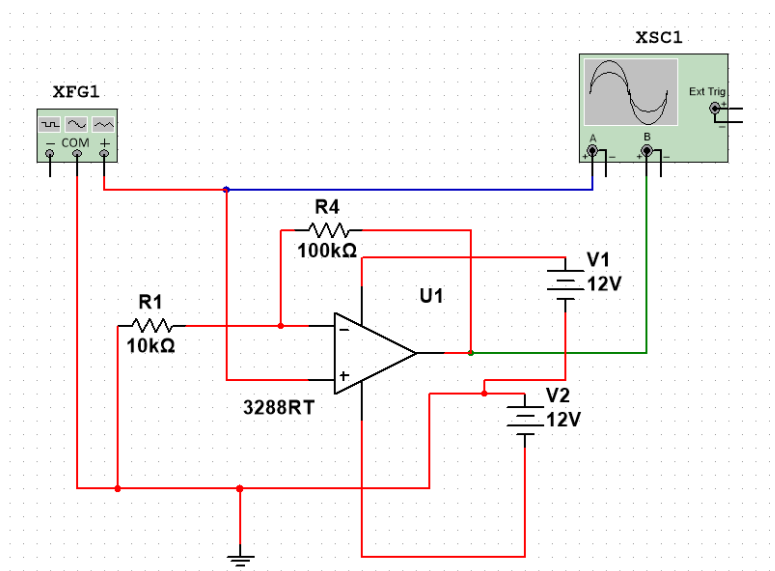


Рис. 3. Схема

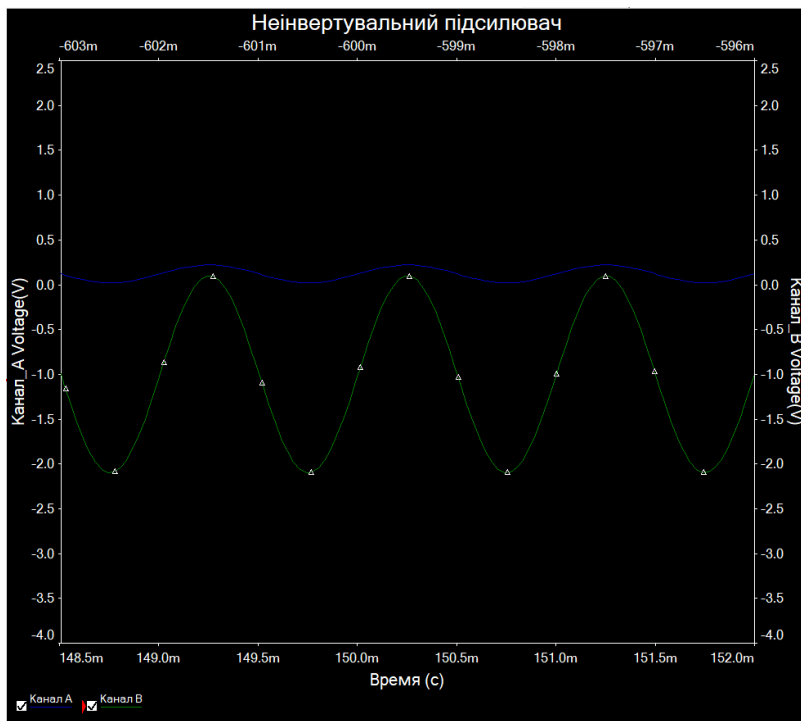


Рис. 4. Залежність напруги на вході і виході від часу

Інтегратор на базі інвертувального підсилювача

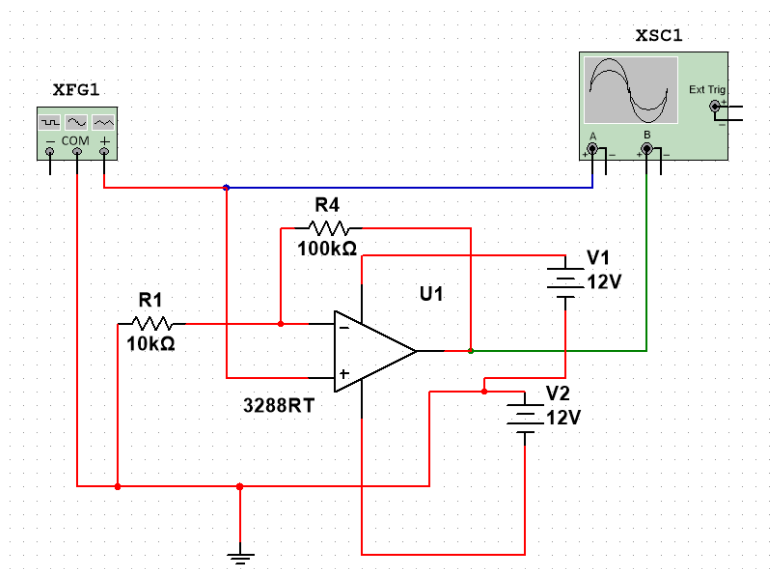


Рис. 5. Схема

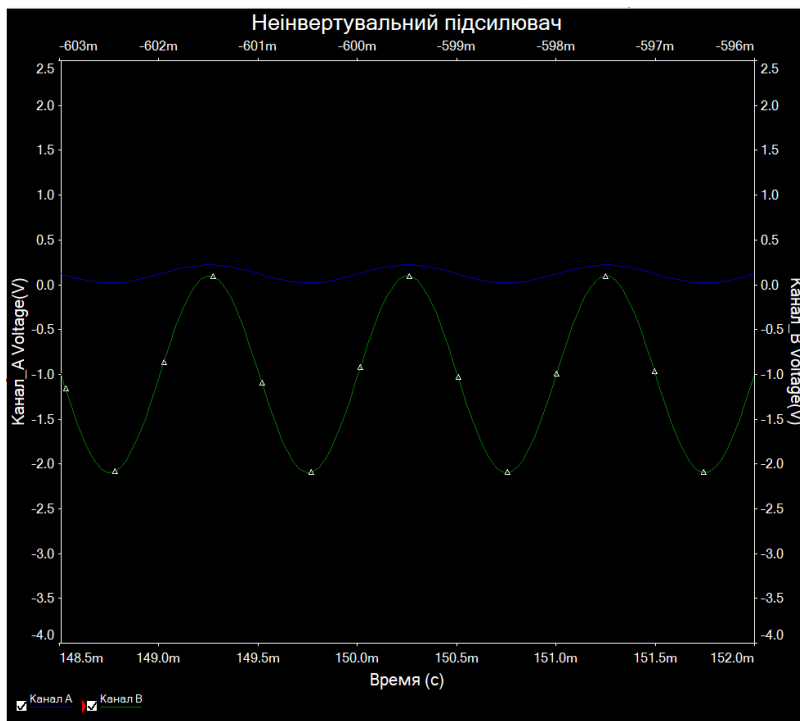


Рис. 6. Залежність напруги на вході і виході від часу

Висновок

У даній лабораторній роботі вдалось дослідити ВАХ операційних підсилювачів. При дослідження використовувались три типи ОП: інвертувальний, неінвертувальний підсилювач та інтегратор на базі інвертувального підсилювача. Також познайомились із їхніми відмінностями. Для дослідження перших двох типів використовувався гармонічний сигнал, для інтегратора — імпульсний. Перевірили зміну фаз на вході та виході з кожного ОП.

Робота виконувалась у програмі **Multisim14**.