

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Фізичний факультет

Основи електроніки

ЗВІТ ПО ЛАБОРАТОРНІЙ РОБОТІ №6

ОПЕРАЦІЙНІ ПІДСИЛЮВАЧІ З НЕГАТИВНИМ ЗВОРОТНІМ ЗВ'ЯЗКОМ

Роботу виконала

Гордєєва Софія

студентка 2 курсу

5-Б групи

Фізичного факультету

Київського національного

університету

імені Тараса Шевченка

Київ 2021

ЗМІСТ

ВСТУП

1. Мета роботи
2. Методи вимірювання

РОЗДІЛ 1. Теоретичні відомості

РОЗДІЛ 2 Практична частина

- 2.1. Інвертувальний підсилювач
- 2.2. Неінвертувальний підсилювач
- 2.3. Інтегратор
- 2.4. Диференціатор

ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ВСТУП

1. 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.

2. Методи вимірювання

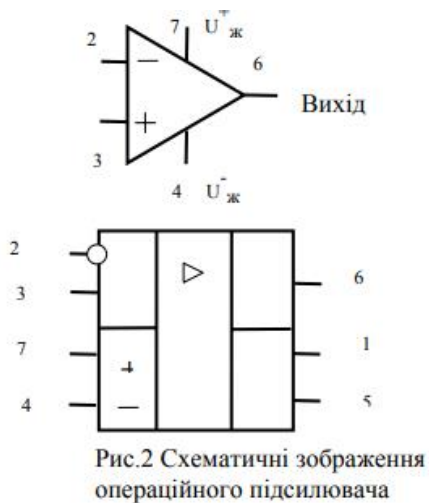
Метод співставлення: одночасне спостереження вхідного та вихідного сигналів на екрані двоканального осцилографа із наступним вимірюванням і порівнянням їх параметрів.

РОЗДІЛ 1

Теоретичні відомості

1. Означення, умовні позначення та основні характеристики операційних підсилювачів (ОП). Рівняння, що описує роботу ОП.

Операційний підсилювач – це диференційний підсилювач постійного струму, який в ідеалі має нескінченний коефіцієнт підсилення за напругою і нульову вихідну напругу за відсутністю сигналу на вході, великий вхідний опір і малий вихідний, а також необмежену смугу частот сигналів, що підсилюються. Раніш такі високоякісні підсилювачі використовувалися виключно в аналогових обчислювальних пристроях для виконання математичних операцій, наприклад, складання та інтегрування. Звідси і виникла їх назва - операційні підсилювачі (ОП).



Основні характеристики: коефіцієнт підсилення за напругою, що можна обрахувати за формулою

$$|K(f)| = \frac{K}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_{zp}}\right)^2}}$$

різниця фаз між вихідною напругою та напругою зворотного зв'язку, частотна характеристика,

$$\Delta\varphi(f) = \arctg\left(\frac{f}{f_{zp}}\right)$$

амплітудна характеристика.

2. Інвертувальний та неінвертувальний входи ОП. Негативний та позитивний зворотний зв'язок в схемах ОП. Коефіцієнт зворотного зв'язку.

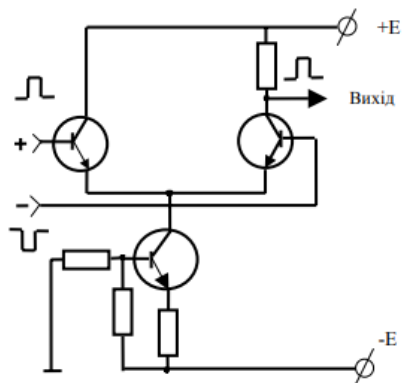


Рис.1 Диференційний підсилювач із несиметричним виходом

На Рис.1 показано проходження прямокутних імпульсів через два входи диференційного підсилювача. Вхід (+) називають “неінвертувальним”, а вхід (-) - “інвертувальним” (або позначеного в другому варіанті схематичного зображення ОП кружком).

Створення зворотного зв'язку полягає в тому, що частина вихідного сигналу повертається через ланку зворотного зв'язку (ЗЗ) на вхід. Якщо сигнал зворотного зв'язку подається на вхід в протифазі до вхідного сигналу ($\Delta\phi = 180^\circ$), то зворотний зв'язок називають НЕГАТИВНИМ (НЗЗ). Якщо ж він подається на вхід у фазі до вхідного сигналу, ($\Delta\phi = 0^\circ$), то такий зворотний зв'язок називають ПОЗИТИВНИМ (ПЗЗ).

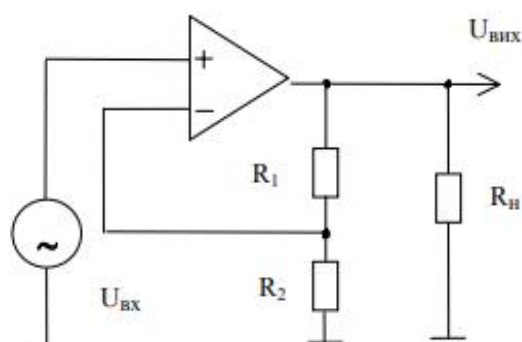
Коефіцієнт підсилення K * підсилювача з негативним зворотним зв'язком:

$$K^* = 1/B = (R_1 + R_2) / R_2 .$$

3. Зворотний зв'язок за напругою і за струмом. Послідовний і паралельний зворотний зв'язок. Навести відповідні схеми та вказати їх застосування.

Зворотний зв'язок за способом створення сигналу	Зворотний зв'язок за способом подачі сигналу
<ol style="list-style-type: none"> 1. ЗЗ <u>за напругою</u>, коли на вхід подається сигнал, пропорційний вихідній напрузі. 2. ЗЗ <u>за струмом</u>, коли на вхід подається сигнал, пропорційний вихідній напрузі. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Послідовний</u> ЗЗ, коли джерело напруги вхідного сигналу і сигналу ЗЗ включені послідовно. 2. <u>Паралельний</u> ЗЗ, коли джерело напруги вхідного сигналу і сигналу ЗЗ включені паралельно.

Послідовний негативний зв'язок за напругою



Підсилювач напруги

$K_u = U_{\text{ВІХ}}/U_{\text{ВХ}}$ – коефіцієнт підсилення

$$U_{\text{ЗІ}} = U_{\text{ВІХ}} * B$$

$B = R_1/(R_1 + R_2)$ – коефіцієнт ЗІ

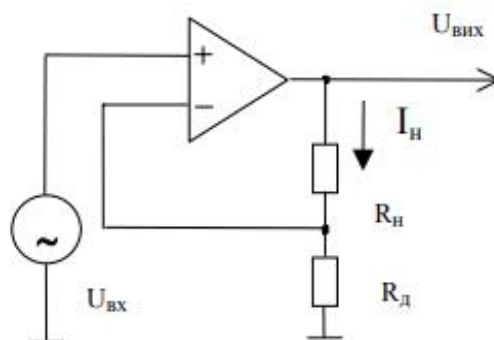
$K^* = (R_2/R_1 + 1) * (1/(1 + 1/(BK_0)))$, якщо

$BK_0 \gg 1$, то $K^* = (R_2/R_1 + 1) = K_u$

$$R_{\text{ВХ}}^* = R_{\text{ВХ}}(1 + BK_0)$$

$$R_{\text{ВІХ}}^* = R_{\text{ВІХ}}/(1 + BK_0)$$

Послідовний негативний зв'язок за струмом



Перетворювач напруга-струм (трансформатор провідності)

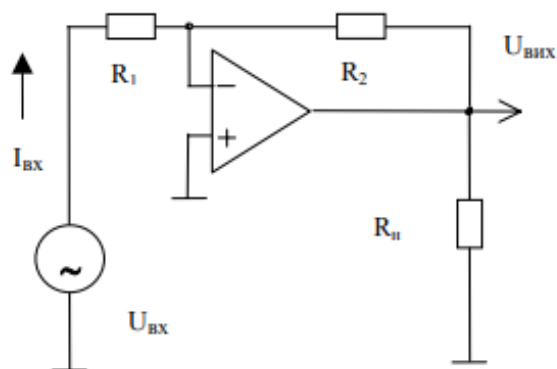
$$U_{\text{ВХ}} = I_{\text{Н}} * R_{\text{Д}}$$

$$U_{\text{ЗІ}} = I_{\text{Н}} * R_{\text{Д}}$$

$$R_{\text{ВХ}}^* = R_{\text{ВХ}}(1 + BK_0)$$

$$R_{\text{ВІХ}}^* = R_{\text{Д}}(1 + BK_0)$$

Паралельний негативний зв'язок за напругою



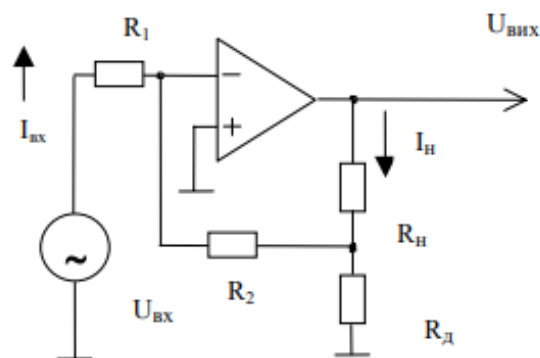
Перетворювач струм-напруга (трансформатор опору)

$$U_{\text{ВІХ}} = -I_{\text{ВХ}} * R_2$$

$$R_{\text{ВХ}}^* = R_2(1 + K_0)$$

$$R_{\text{ВІХ}}^* = R_{\text{ВІХ}}/(1 + K_0)$$

Паралельний негативний зв'язок за струмом



Підсилювач струму

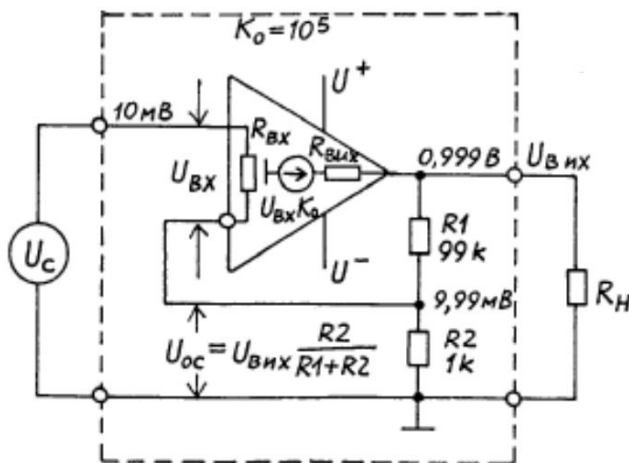
$$I_{\text{Н}} = -I_{\text{ВХ}}(R_{\text{Д}} + R_{\text{Н}})/R_{\text{Д}}$$

$$R_{\text{ВХ}}^* = R_2/(1 + K_0)$$

$$R_{\text{ВІХ}}^* = R_{\text{Д}}(1 + K_0)$$

4. Принцип роботи неінвертувального підсилювача напруги на ОП.

Вивести формулу для коефіцієнта підсилення K^* .



Напругу U_c джерела сигналу подають на неінвертувальний вхід ОП. Частина вихідної напруги, яку знімають з подільника R_1, R_2 , подають на вхід ОП, причому на його інвертувальний вхід, здійснивши таким чином, негативний зворотний зв'язок. Коефіцієнт передачі ланки

зворотного зв'язку

$$B = R_2 / (R_1 + R_2) < 1.$$

Внутрішня схема ОП замінена входним опором $R_{вх}$, вихідним опором $R_{вих}$ і генератором $K_0 U_{вх}$.

Для спрощення покладемо $R_{вх} \rightarrow \infty, R_{вих} = 0$. Згідно із схемою,

$$U_{вх} = U_c - U_{зз} = U_c - BU_{вих},$$

тут $U_{зз}$ - напруга НЗЗ, яка подається у вхідну ланку підсилювача.

З врахуванням того, що

$$U_{вих} = K_0 U_{вх} = K_0 (U_c - BU_{вих}),$$

можемо записати формулу для коефіцієнта підсилення підсилювача із замкненою петлею НЗЗ:

$$K^* = U_{вих} / U_c = K_0 / (1 + BK_0).$$

Для зручності аналізу перетворимо останню формулу, розділивши чисельник і знаменник на BK_0 :

$$K^* = (1/B) / (1 + 1/BK_0).$$

Якщо BK_0 – досить велике, що досить легко виконати при досить великому K_0 , то

$$K^* = 1/B = (R_1 + R_2) / R_2.$$

5. Принцип роботи інвертувального підсилювача напруги на ОП. Вивести формулу для коефіцієнта підсилення K^* .

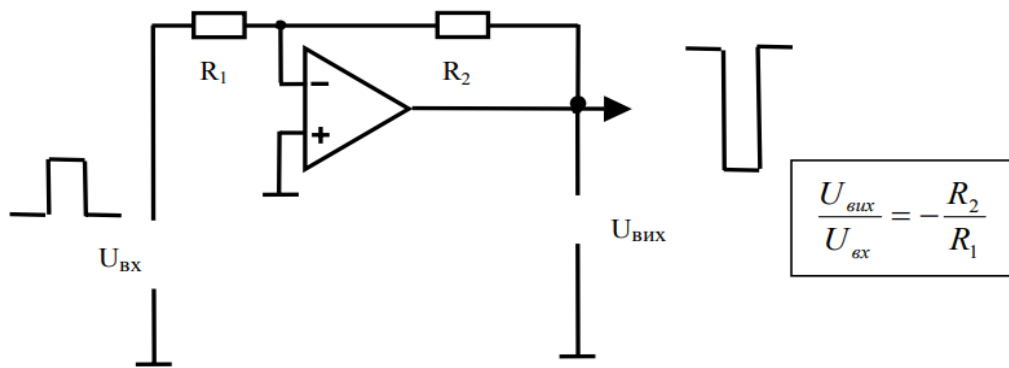


Рис.10 Схема інвертувального підсилювача

6. Принцип роботи інтегратора на ОП. Пояснити форму сигналу на виході такого пристрою. Вивести формулу, що пов'язує вхідну та вихідну напруги.

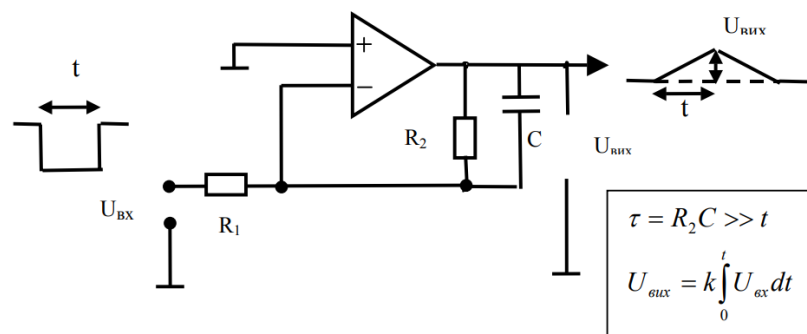


Рис.11 Схема інвертувального інтегратора

Активация Windows
Чтобы активировать Windo
раздел "Параметры".

РОЗДІЛ 2

Практична частина

2.1. Інвертувальний підсилювач

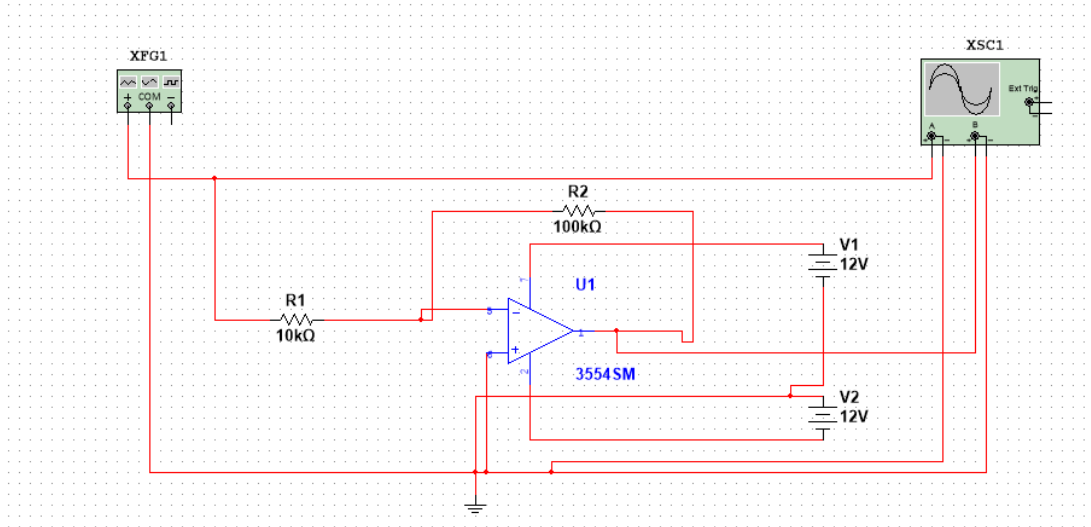
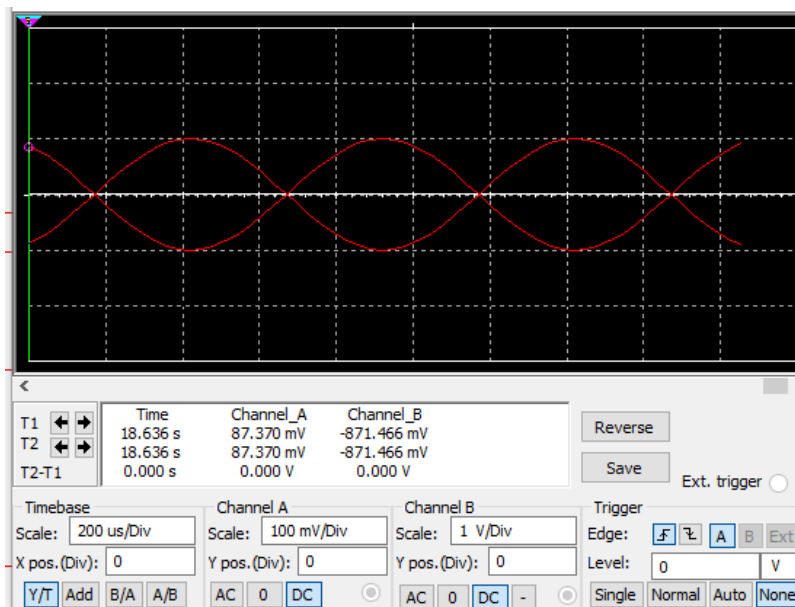


Рис.1 Схема інвертувального підсилювача.

Теоретичний коефіцієнт напруги:

$$K = - \frac{R_2}{R_1} = -10$$



Практичний коефіцієнт підсилення

$$K = \frac{U_{\text{вих}}}{U_{\text{вх}}} = -10.45$$

Рис.2 Синусоїдальні сигнали до (канал A) та після (канал B) підсилення

2.2. Неінвертувальний підсилювач

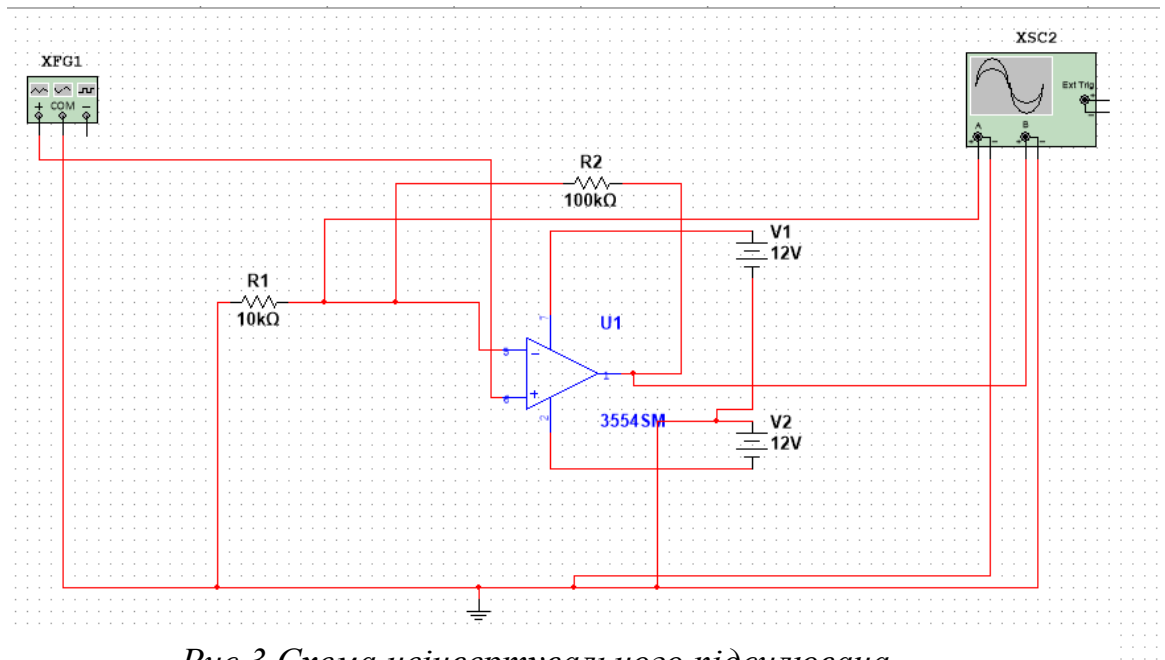
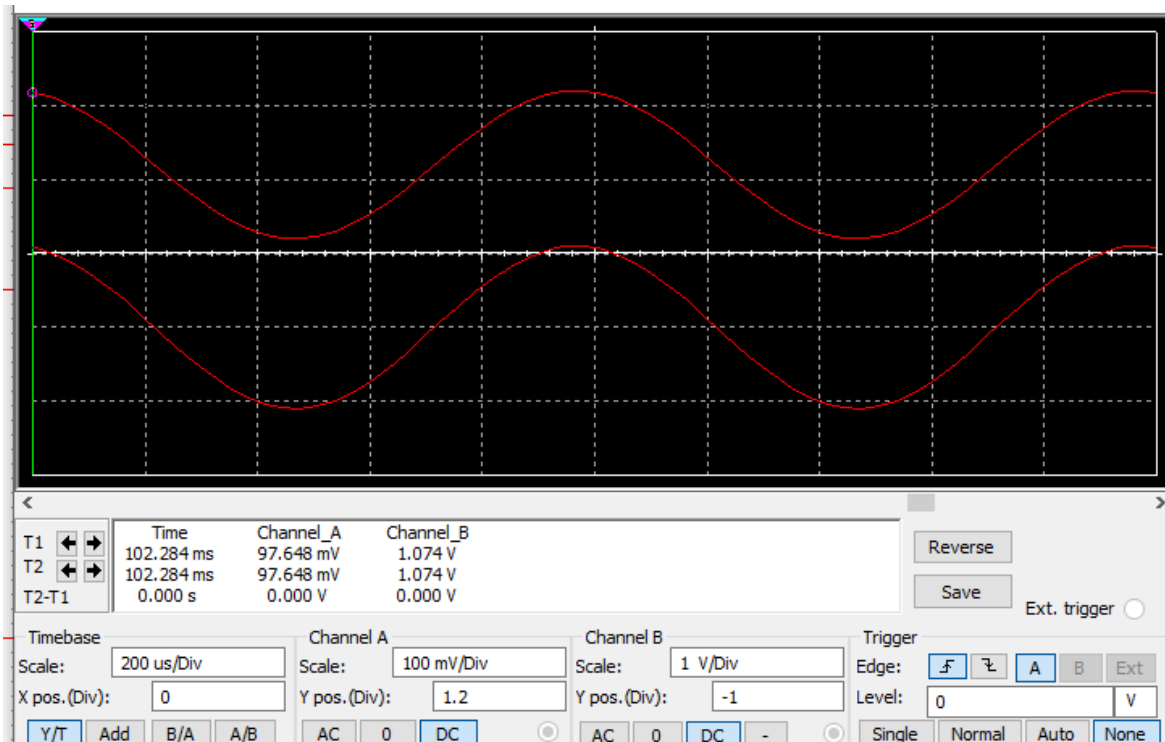


Рис.3 Схема неінвертувального підсилювача

Практичний коефіцієнт підсилення

$$K = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 11$$



Практичний коефіцієнт підсилення

$$K = \frac{U_{\text{вих}}}{U_{\text{вх}}} = 10.998$$

2.3. Інтегратор

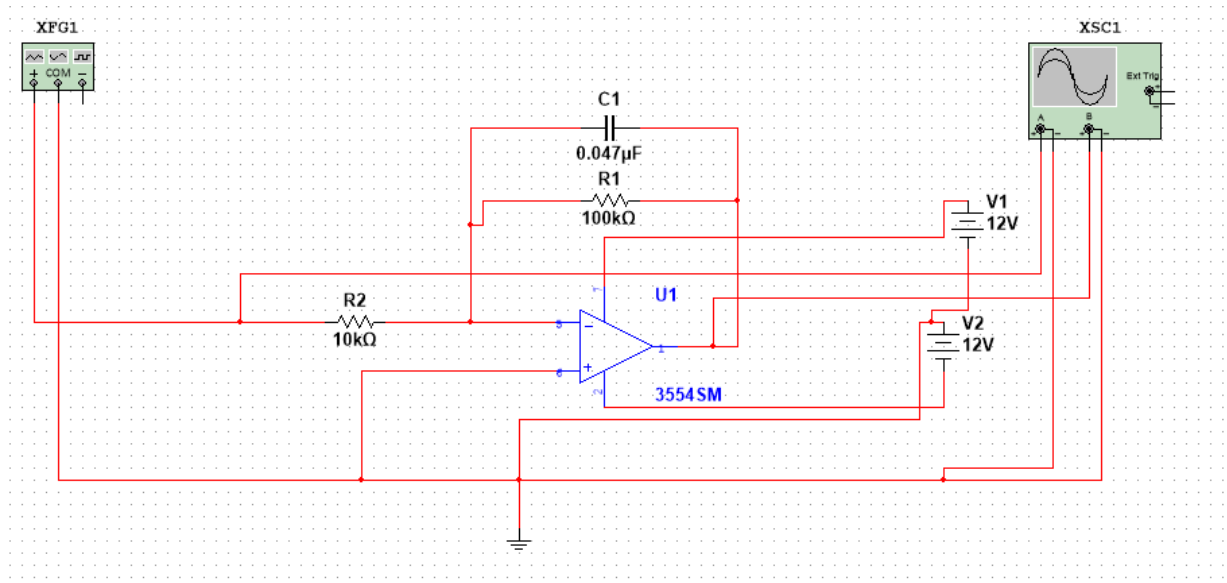


Рис. 5 Схема інтегратора

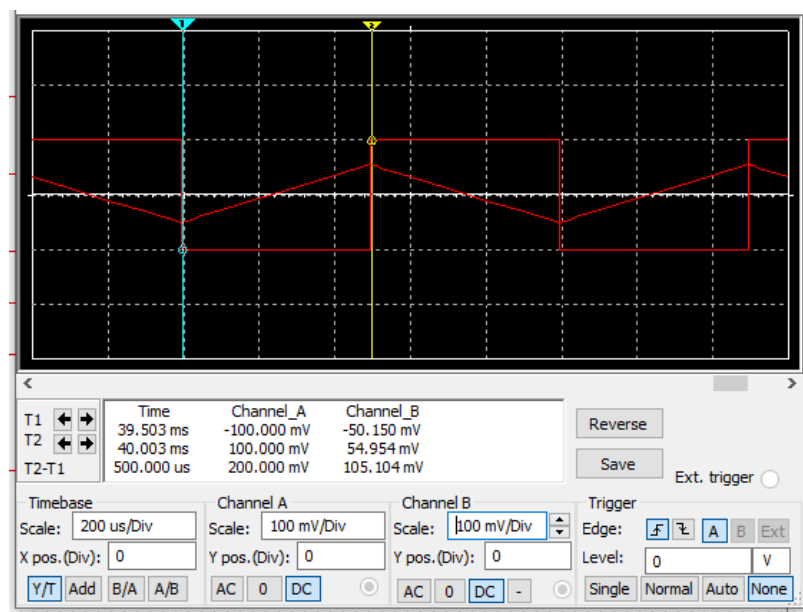


Рис.6 Прямокутні імпульси

Практично виміряна постійна інтегратора

$$K = \frac{U_{\text{вих}}}{tU_{\text{вх}}} = 1.05$$

2.4. Диференціатор

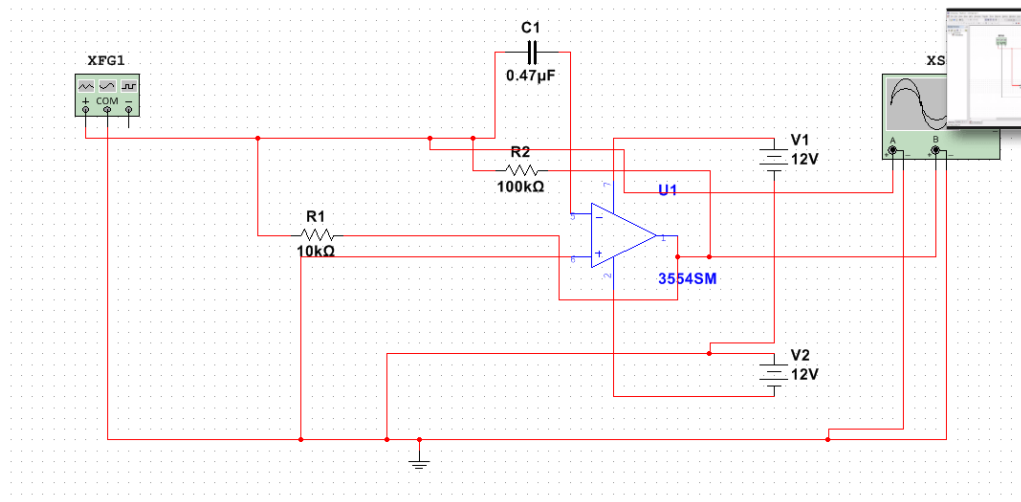


Рис. 7 Схема диференціатора

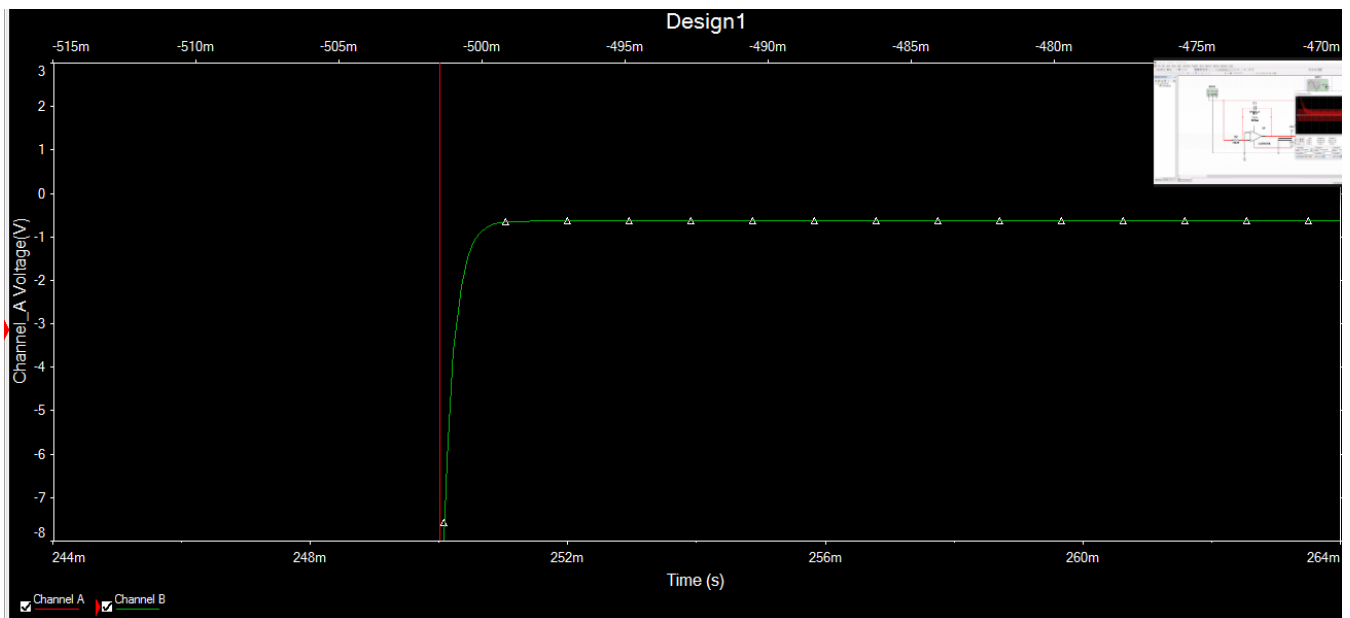


Рис.8 Прямокутні імпульс

ВИСНОВОК

У ході даної лабораторної роботи ми ознайомились із властивостями операційних підсилювачів, опанували способи підсилення електричних сигналів в ОП, охопленому негативним зворотним зв'язком та способи виконання математичних операцій за допомогою ОП. Для неінвертувального та інвертувального підсилювачів, а також для інтегратора та диференціатора отримали, що теоретичні розрахунки співпадають із результатами, отриманими практично. Із схемами установок можна ознайомитися на рисунках 1, 3, 5 та 7.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ю.О. Мягченко, Ю.М. Дулич, А.В.Хачатрян “Вивчення радіоелектронних схем методом комп’ютерного моделювання” : Методичне видання. – К.: 2006.- с.
2. Методичні вказівки до практикуму «Основи радіоелектроніки» для студентів фізичного факультету / Упоряд. О.В.Слободянюк, Ю.О.Мягченко, В.М.Кравченко.- К.: Поліграфічний центр «Принт лайн», 2007.- 120 с.