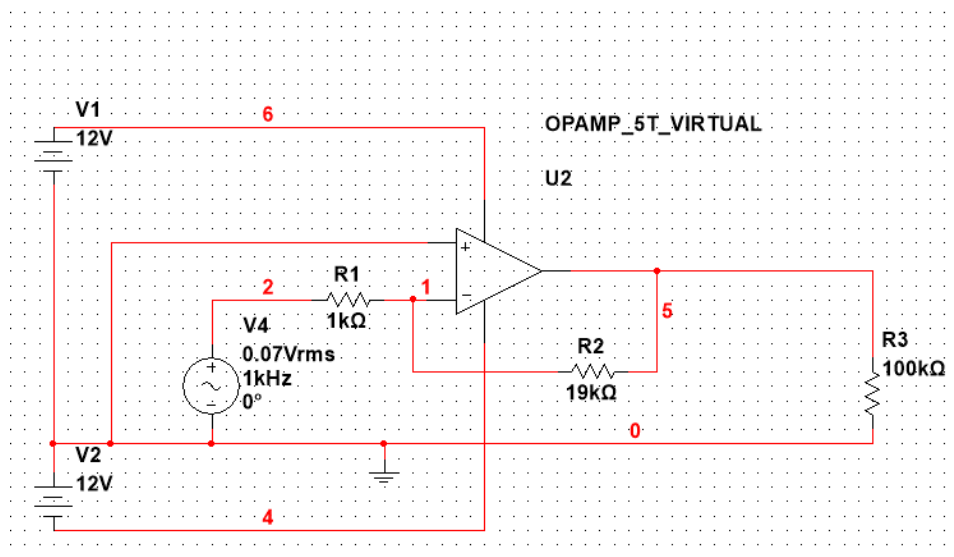


Лабораторна робота №5 з ФОКЕ

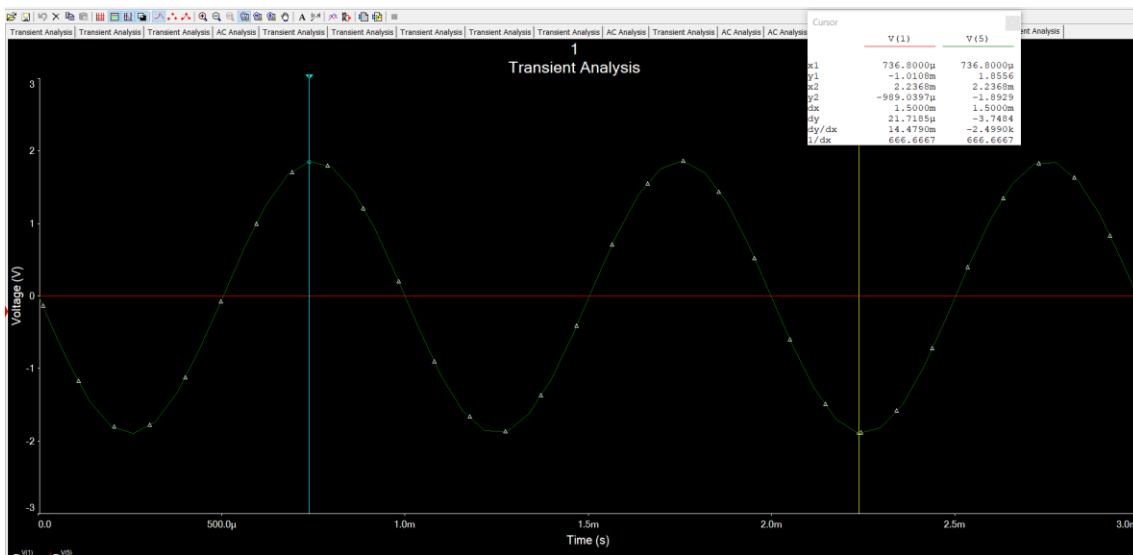
Схеми на операційних підсилювачах

У даній роботі досліджується ряд схем, побудованих на основі операційних підсилювачів (ОП). Ідеальний ОП характеризується коефіцієнтом підсилення та вхідним опором, що прямує до нескінченності, вихідним опором, що прямує до нуля, і рівномірною амплітудно-частотною характеристикою для всіх частот.

1. Зібрати схему інверсного увімкнення ОП, зображену на рис.1. Застосувати модель ОП OPAMP_5T_VIRTUAL з бібліотеки ANALOG. Забезпечити коефіцієнт підсилення, рівний номеру Вашого варіанту. Провести аналіз часових залежностей (Transient Analysis). Після цього зміною співвідношення $R2/R1$ збільшувати коефіцієнт підсилення доти, доки не перестане виконуватися формула (1). Порівняти оцінений таким чином коефіцієнт підсилення із заданим значенням (Differential Mode Voltage Gain у властивостях моделі ОП)

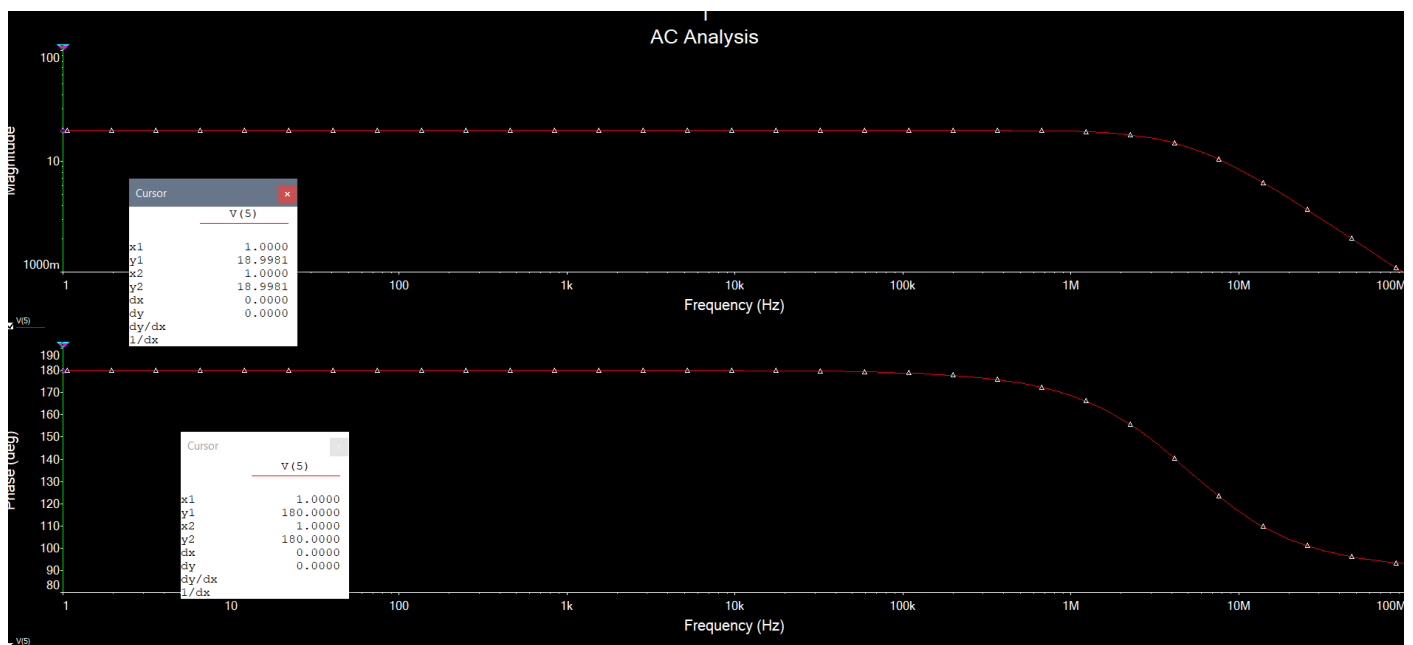


$K_i = -R2/R1 \Rightarrow -19k\Omega/1k\Omega = -19$. Можемо в цьому переконатися зробивши Transient Analysis



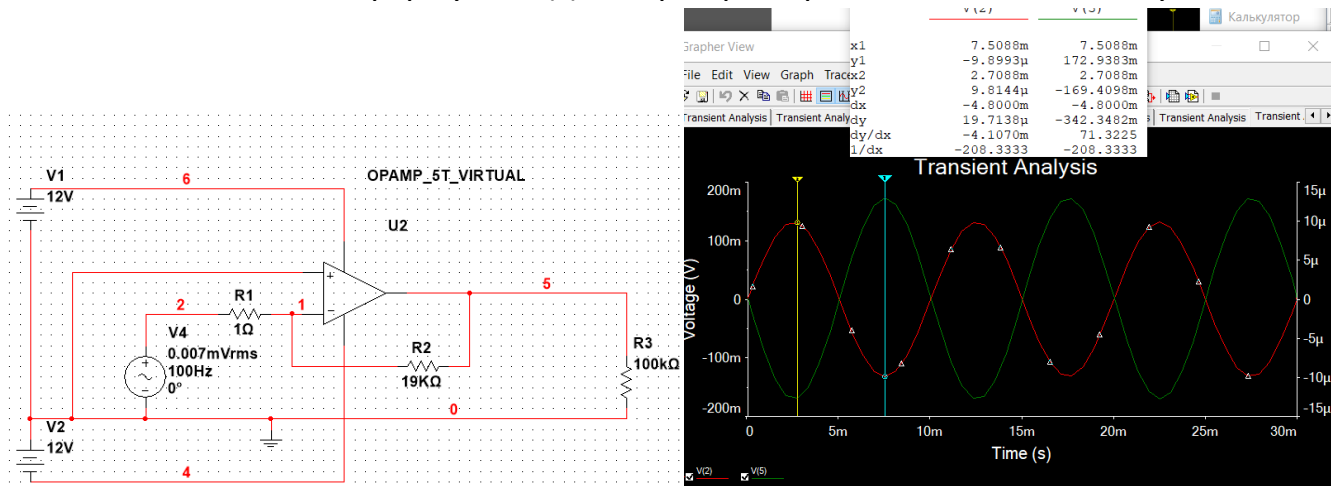
$(3.74/2)/0.1=19$ -коефіцієнт підсилення

Можемо знайти коефіцієнт підсилення за AC Analysis



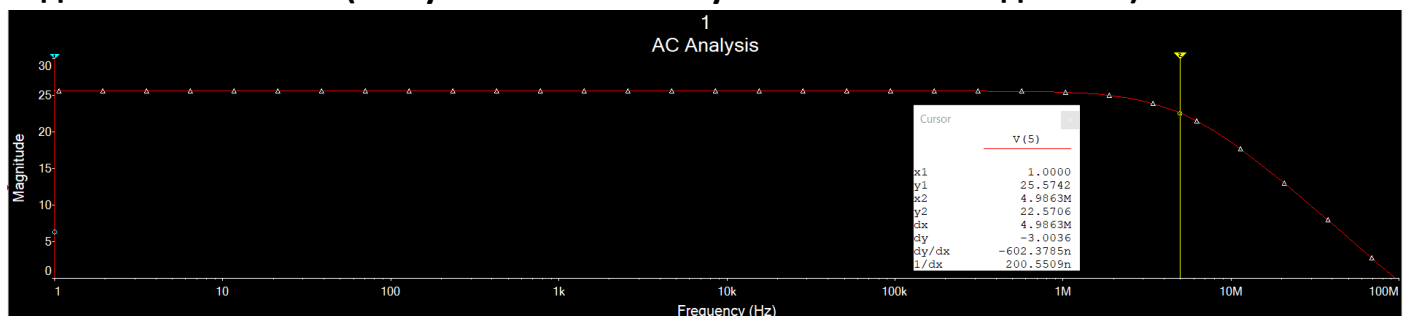
Починаємо змінювати співвідношення $R2/R1$ для збільшення коефіцієнту підсилення доти поки не перестане виконуватися $K_i = -R2/R1$

Змінюємо пропорційність опорів резисторів. Очікуємо отримати коефіцієнт підсилення $\approx 19\,000$ за формулою. Для перевірки зробимо Transient Analysis:



$172938/9,899 \approx 17\,500$ -коеф підсилення. Як можемо бачити при збільшенні опорів формульне значення поступово починає змінюватись та набувати хибних значень

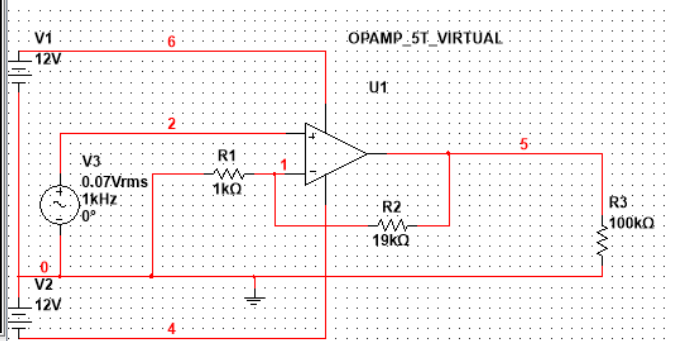
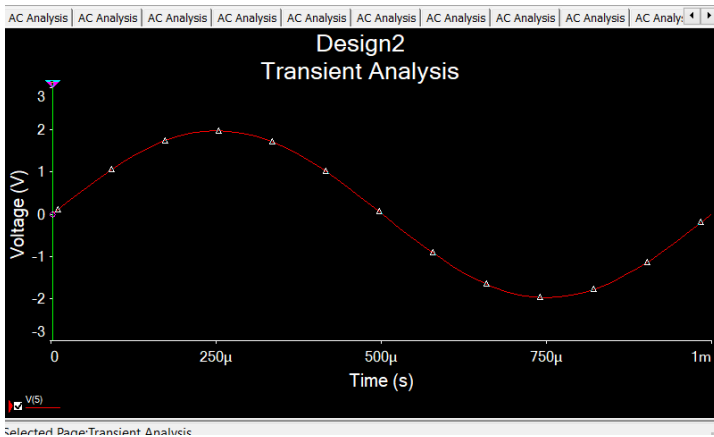
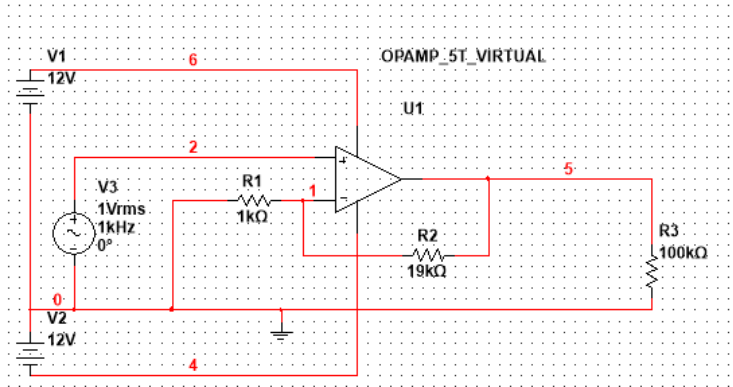
- Повернутися до початкового коефіцієнта підсилення. Провести аналіз частотних характеристик (AC Analysis). Визначити верхню граничну частоту та порівняти її із заданим значенням (Unity-Gain Bandwidth у властивостях моделі ОП)



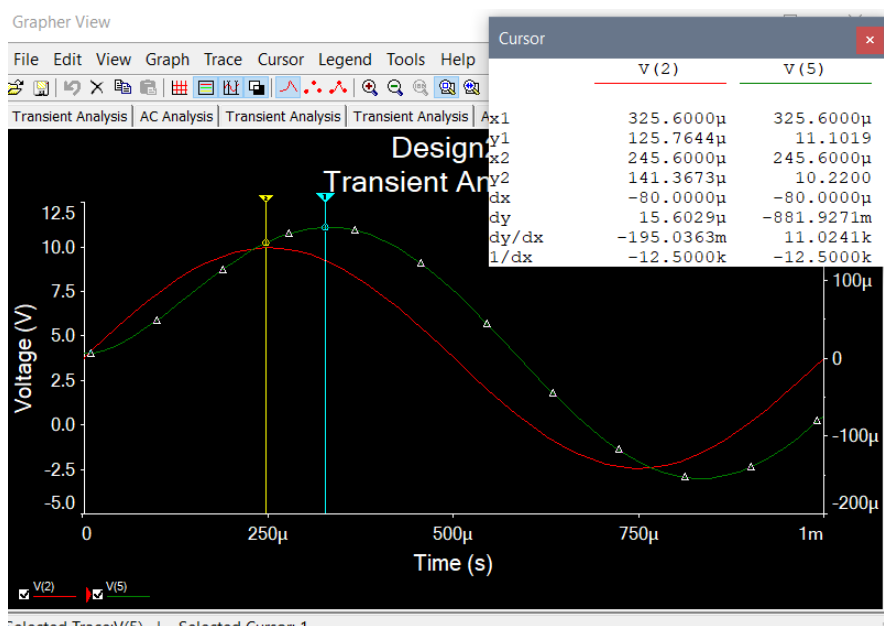
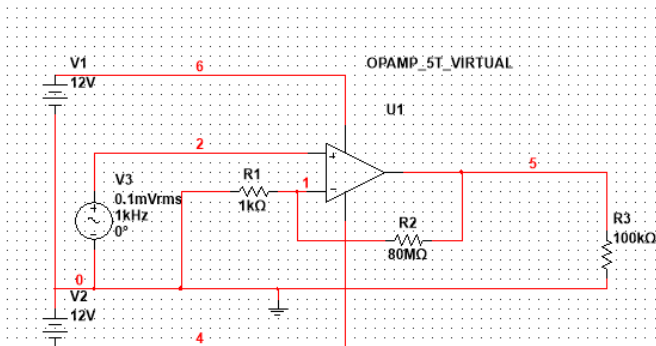
Зробивши AC Analysis бачимо що гранична частота отримується 5MHz, що є в 20 разів меншим від характеристичного значення ОП

- Повторити пункти 1-2 для неінверсного увімкнення ОП

Збираємо схему для неінверсного підключення:



За даних параметрів очікуємо отримати ≈ 80000



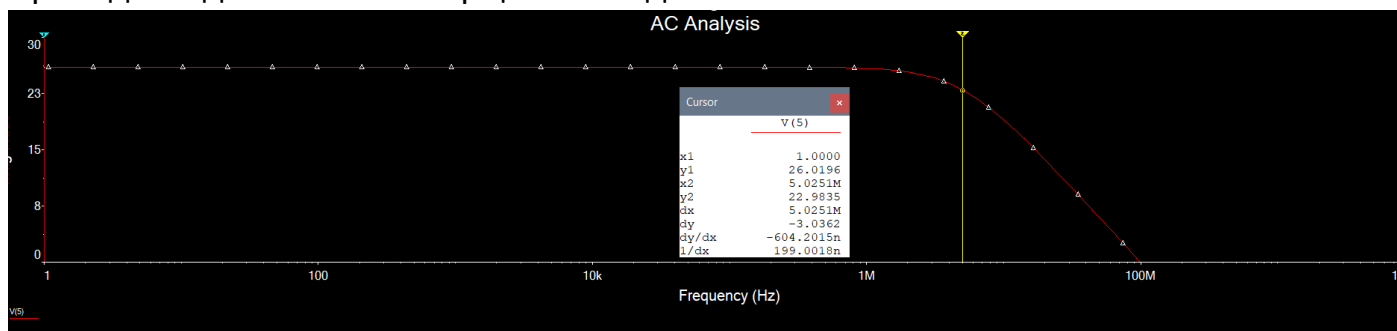
Провели Transient analysis отримали такі результати:

По-перше, фази не співпадають (максимуми до та після підсилення настають в різні моменти часу.

$11101/0,141 \approx 75000$. Отже можемо зробити висновки що за цими даними формула вже не спрацює

Тепер можемо провести аналіз частотних характеристик для визначення верхньої граничної частоти

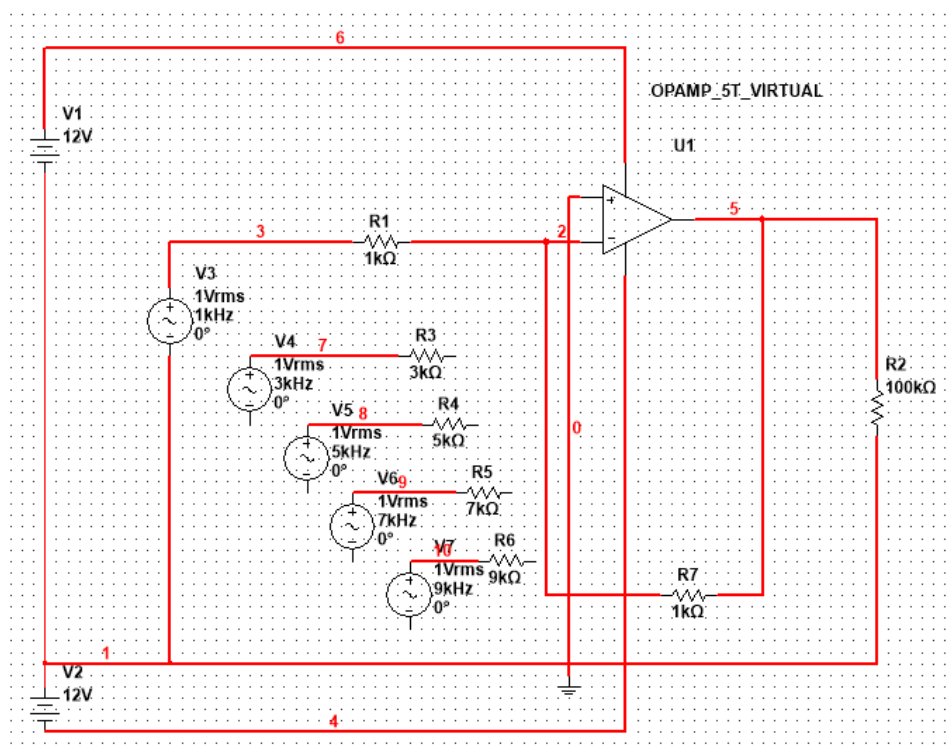
Проводимо для схеми з коефіцієнтом підсилення 19:



Отримали 5MHz, що так само є майже у 20 разів меншим від характеристичного значення ОП

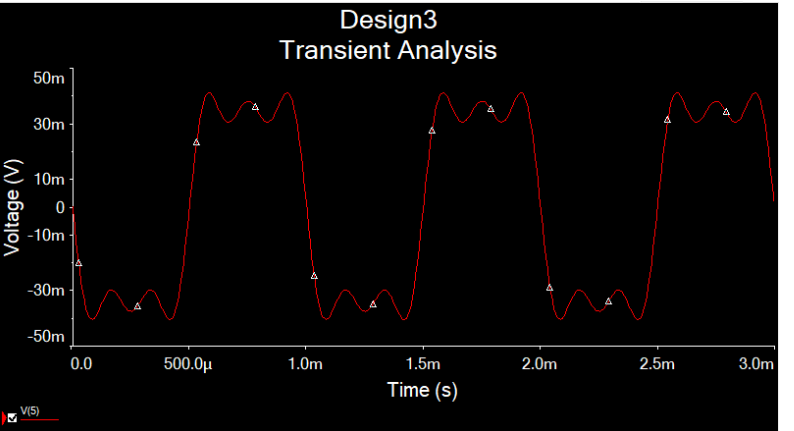
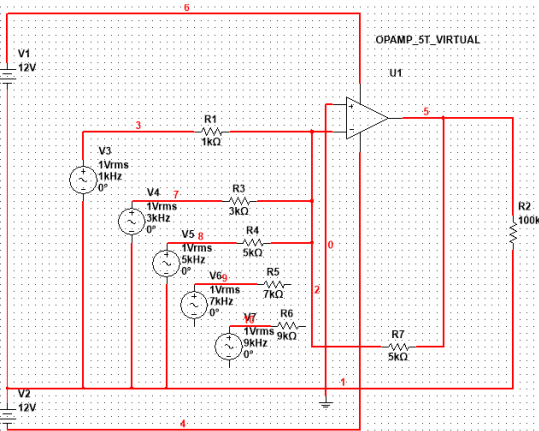
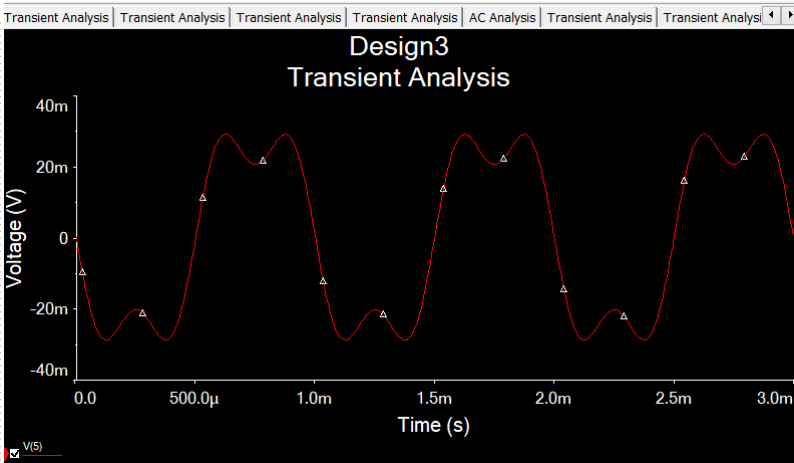
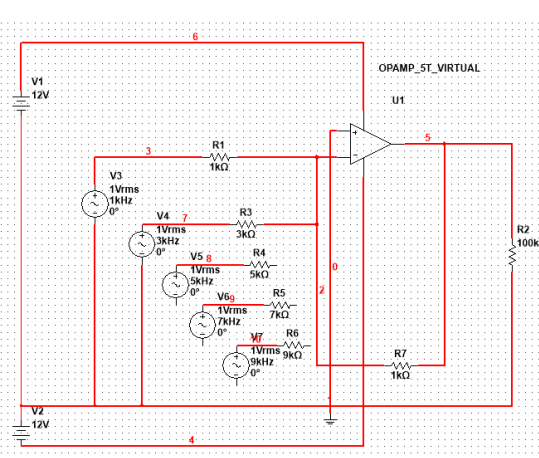
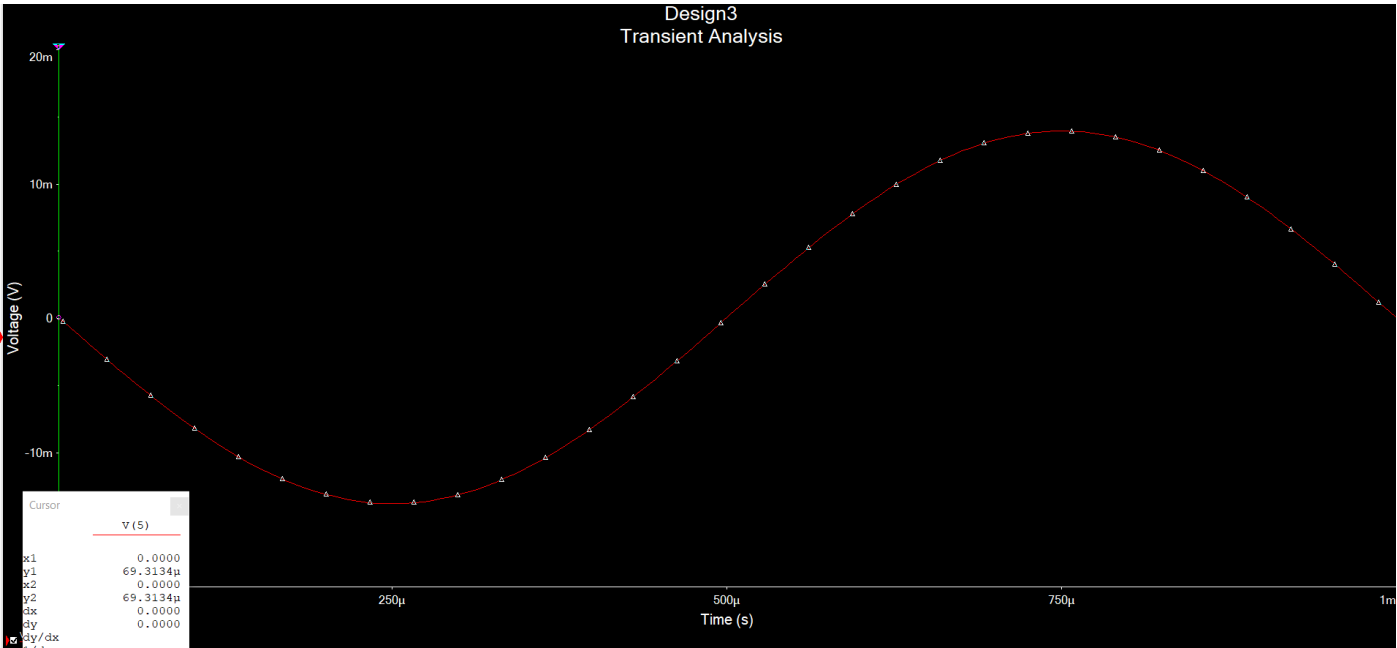
4. Зібрати схему Фур'є-синтезу (рис.3). Провести аналіз часових залежностей для 2-5 спектральних складових прямокутного імпульсу та порівняти форму сигналів, що отримуються на виході

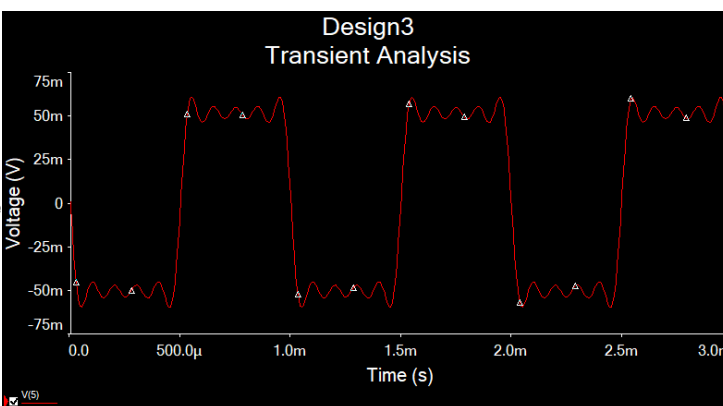
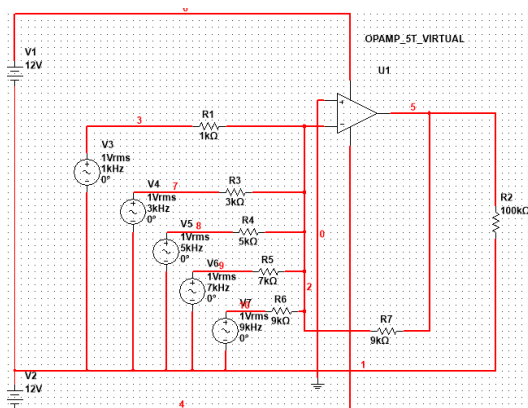
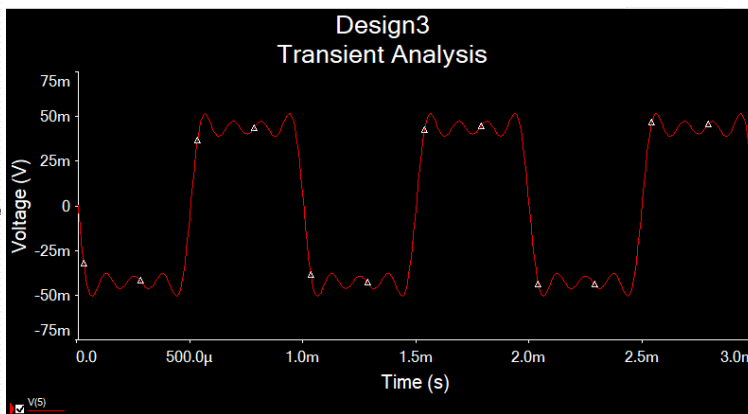
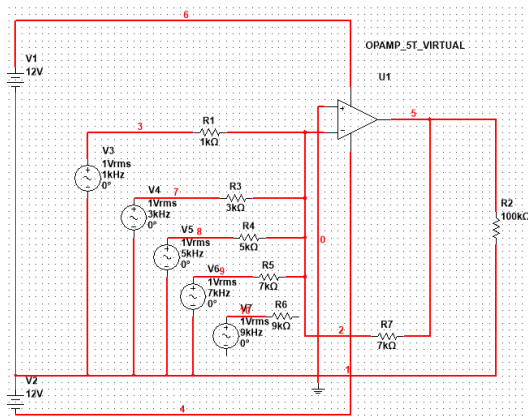
Для виконання даного завдання складемо схему для Фур'є синтезу:



Додаючи до схеми кожен ланку запускатимемо Transient Analysis для

перевірки:

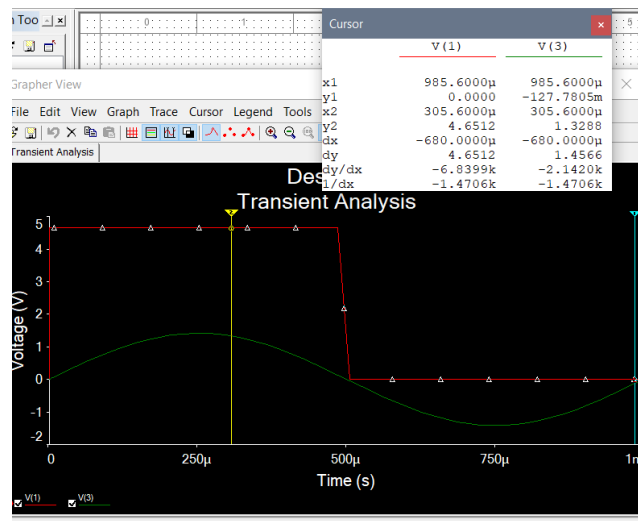
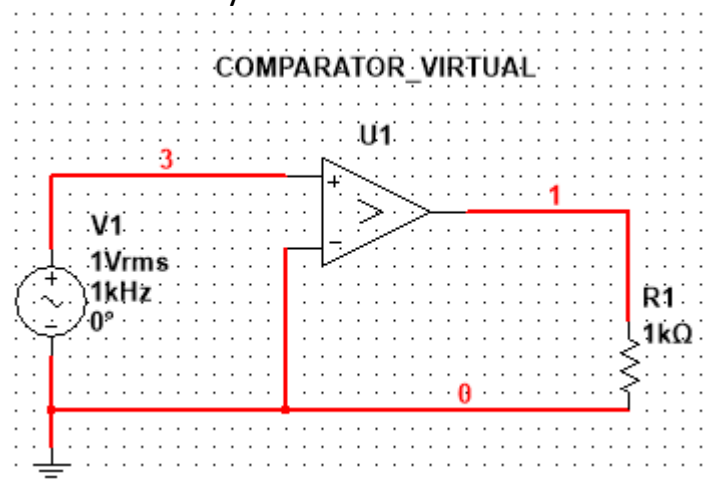




Порівнюючи отримані графіки можемо бачити, що при збільшенні ланок на одну збільшуватиметься кількість гармонік. Форма даного графіку відображає зрізану синусоїду, що більш схожа на прямокутник. На зрізі також можемо бачити майже рівномірні коливання. Виходячи з даного аналізу можна зрозуміти, що в подальшому при k ланках, кількість гармонік буде становити $k-1$, і за формою буде дуже близька до прямокутника. А також можемо виокремити, що при збільшенні ланок збільшуватиметься напруга на виході.

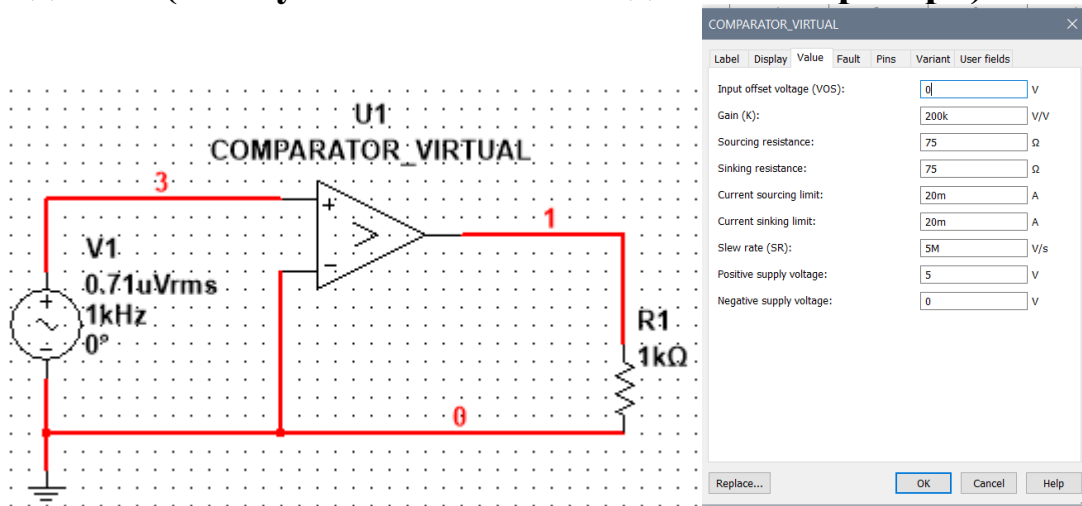
5. Зібрати схему дослідження компаратора (рис.4). Застосувати модель ОП *COMPARATOR_VIRTUAL* з бібліотеки *ANALOG*. Провести аналіз часових за-лежностей (Transient Analysis) і визначити верхній та нижній рівні вихідного сигналу.

Для виконання даного завдання побудуємо схему та для перевірки виконаємо Transient Analysis:

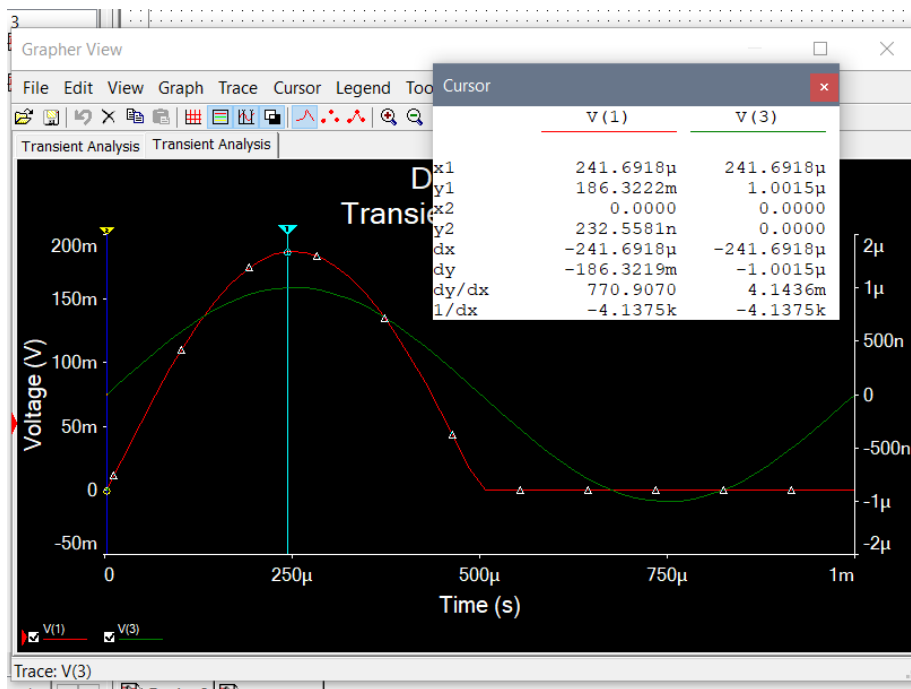


Можемо бачити, що верхній рівень вихідного сигналу дорівнює $u_2=4.65V$, а нижній рівень $u_1=0$;

6. Зменшити амплітуду вхідного джерела до значень порядку 1 мкВ, і оцінити та-ким чином власний коефіцієнт підсилення ОП, на базі якого побудовано компаратор. Порівняти отримане значення із заданим (*Gain* у властивостях моделі компаратора)



Змінимо джерело та дана компаратора запустимо ще раз Transient Analysis.



Виходячи з результатів даного аналізу отримали таких коефіцієнт підсилення:

$$186322/1,0015 \approx 186000$$

За характеристичними даними ОП, коефіцієнт підсилення має складати ≈ 200000 . У результаті ми отримали значення з похибкою у сторону зменшення

Висновок

У цій лабораторній роботі досліджено схеми на основі операційних підсилювачів (ОП).

1. Інверсне увімкнення ОП:

- Зібрано схему інверсного підсилювача, проведено Transient Analysis для перевірки коефіцієнта підсилення.
- Досліджено вплив зміни співвідношення резисторів R_2/R_1 на коефіцієнт підсилення.

- Проведено частотний аналіз для визначення верхньої граничної частоти.
- 2. **Неінверсне увімкнення ОП:**
 - Зібрано схему неінверсного підсилювача, проведено Transient Analysis і частотний аналіз.
- 3. **Схема Фур'є-синтезу:**
 - Зібрано схему Фур'є-синтезу, проведено Transient Analysis для різних кількостей гармонік, спостерігаючи зміну форми сигналу.
- 4. **Схема компаратора:**
 - Зібрано схему компаратора, проведено Transient Analysis для визначення рівнів вихідного сигналу.
 - Оцінено власний коефіцієнт підсилення ОП при мікрровольтному рівні вхідного сигналу.

Результати показали, що реальні характеристики ОП відрізняються від ідеалізованих при великих коефіцієнтах підсилення та частотах.