

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет «Одеська політехніка»  
Навчально-науковий інститут комп’ютерних систем  
Кафедра інформаційних систем

Лабораторна робота № 3

З дисципліни: «Інструментальні засоби систем IoT»

Тема: «Активні фільтри на основі операційних підсилювачів (ОП)»

Виконав:

Студент групи АІ-243

Гаврилов. О.В.

Перевірили:

Ядрова М.В.

Арісій О.О.

Одеса 2025

1.

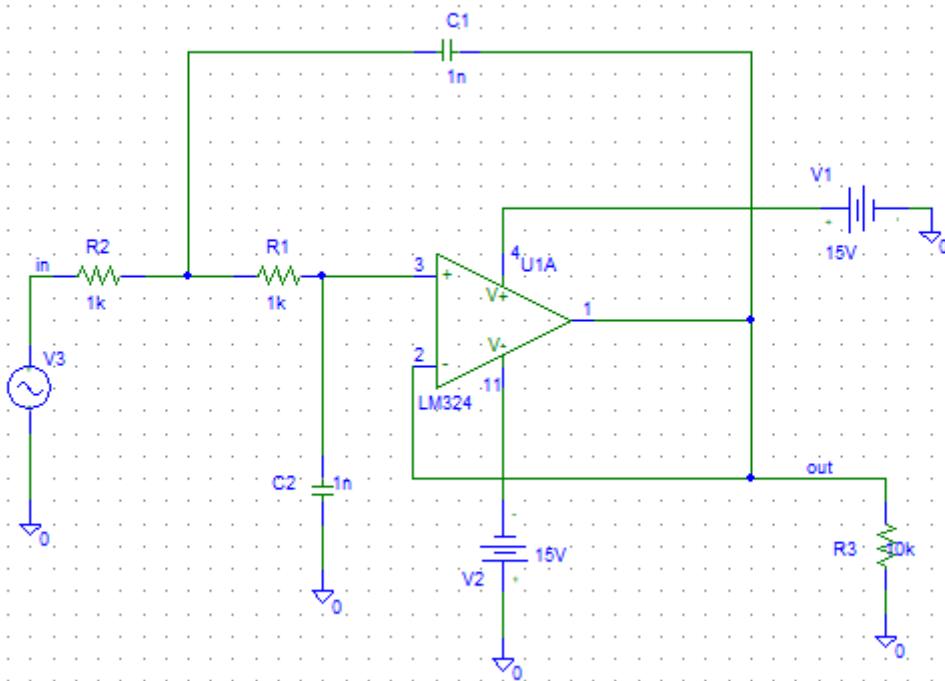


Рис. 3.1 - Схема ФНЧ 2-го порядку

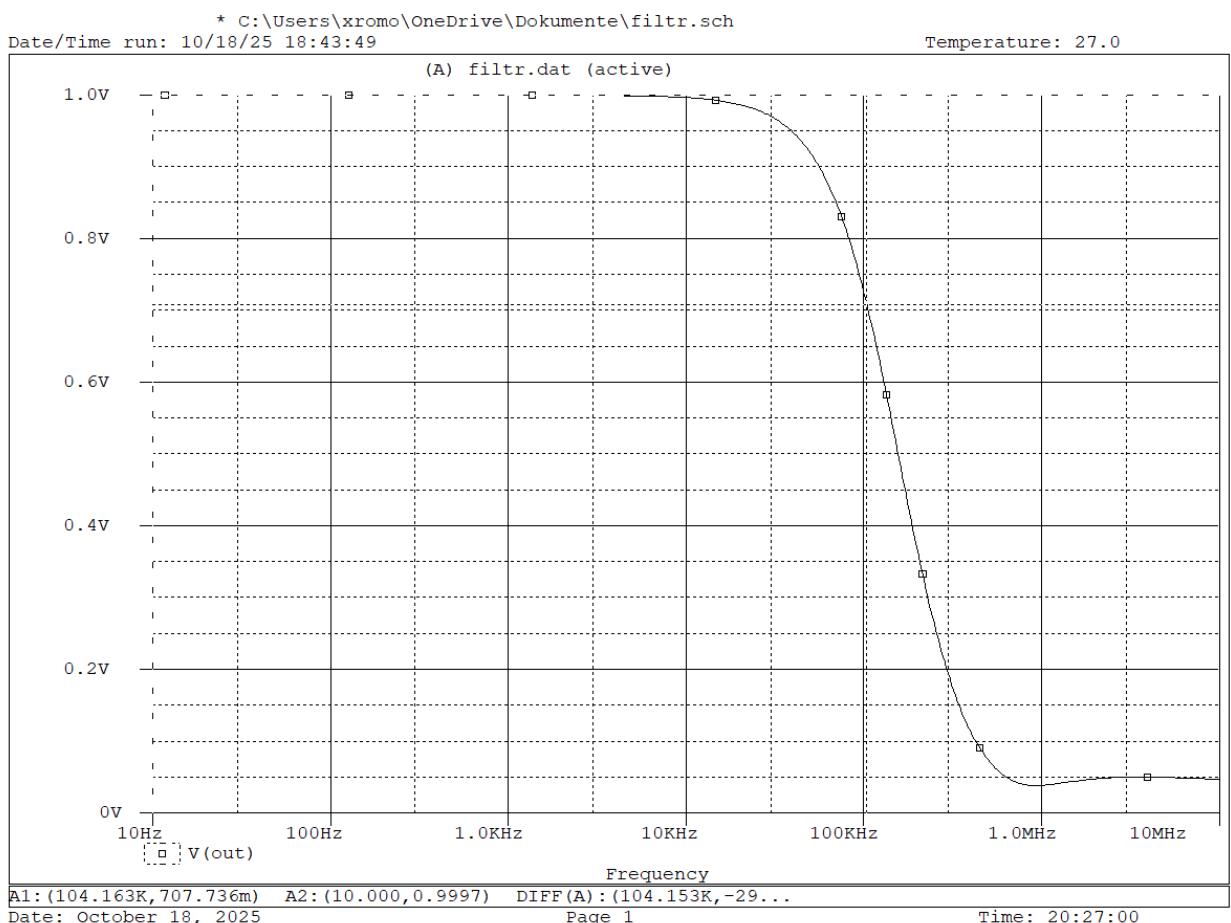


Рис. 3.2 - Амплітудно-частотна характеристика АЧХ ФНЧ 2-го порядку

Експериментальне значення:  $f_{3p} = 104\text{KHz}$

$$f_{3p} = \frac{1}{2\pi\sqrt{}}$$

Смуга пропускання: від 0 до 104 KHz.

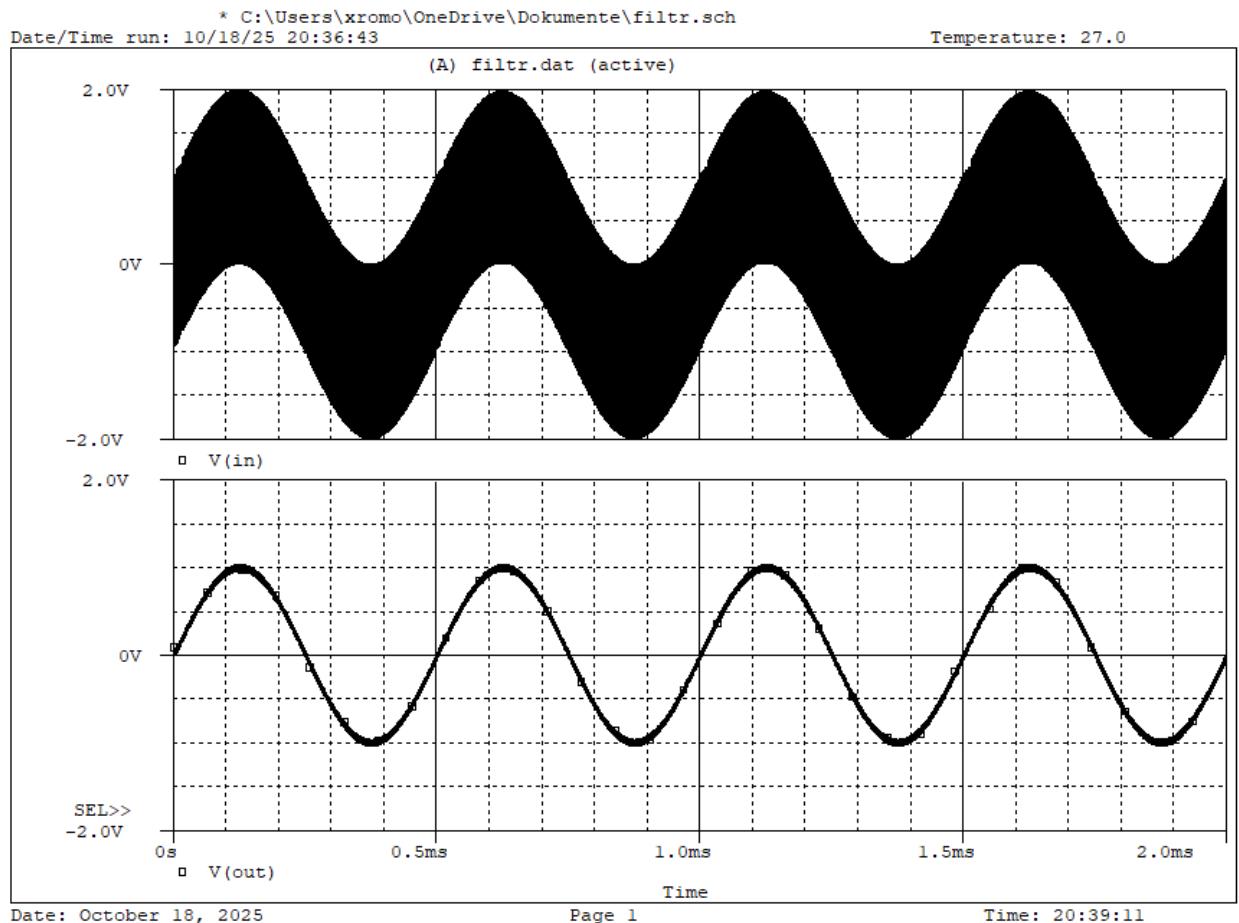


Рис. 3.3 - Часова діаграма сигналу до ФНЧ і після ФНЧ

2.

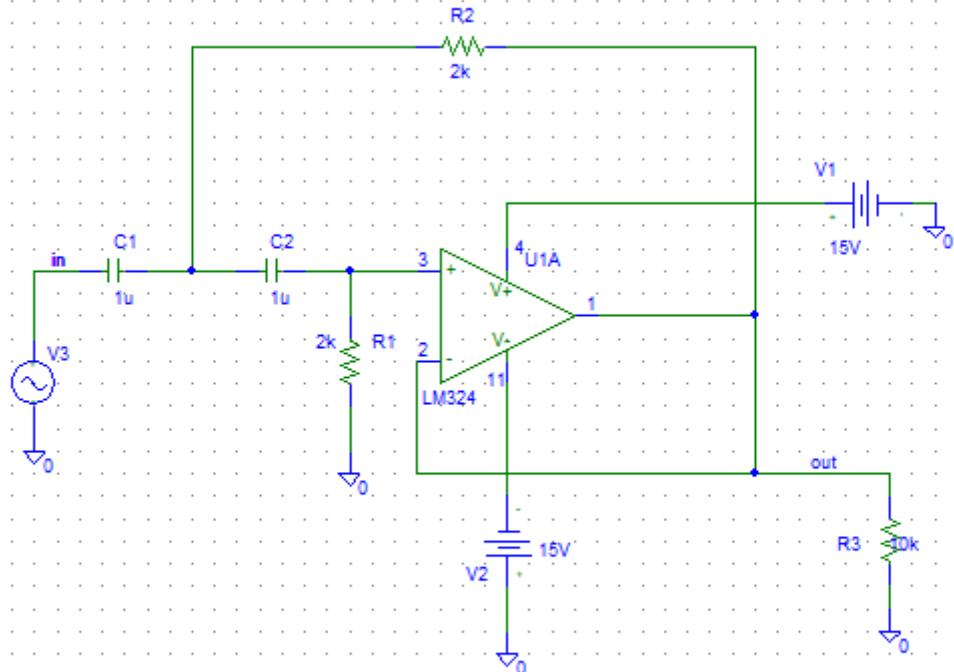


Рис. 3.4 - Схема ФВЧ 2-го порядку

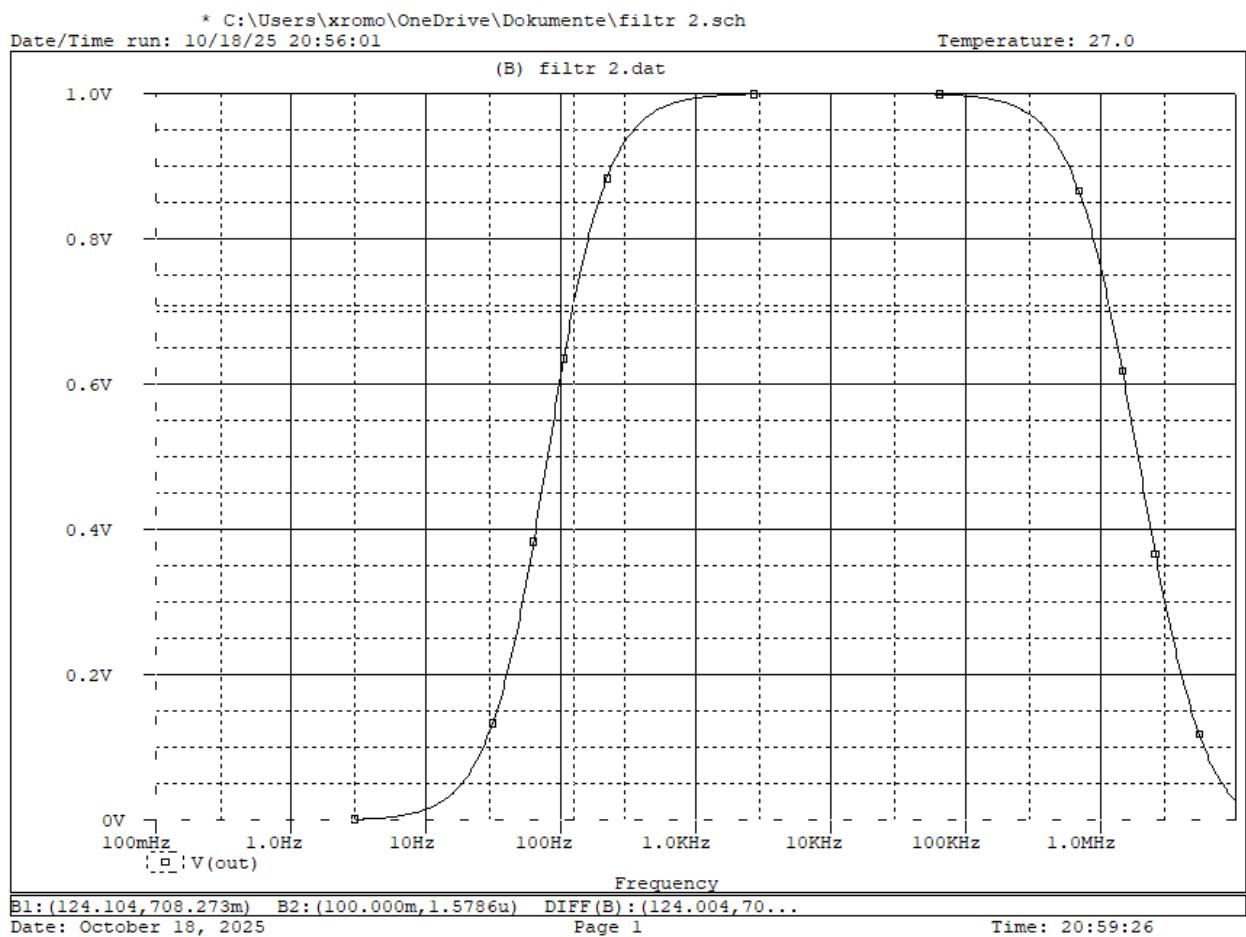


Рис. 3.5 - АЧХ ФВЧ 2-го порядку

Експериментальні значення:

$$f_{zr1} = 124 \text{ Hz}$$

$$f_{zr2} = 1.159 \text{ MHz}$$

$$f_{zp} = \frac{1}{2\pi\sqrt{\quad}}$$

Смуга пропускання: від 124 KHz до 1.159 MHz.

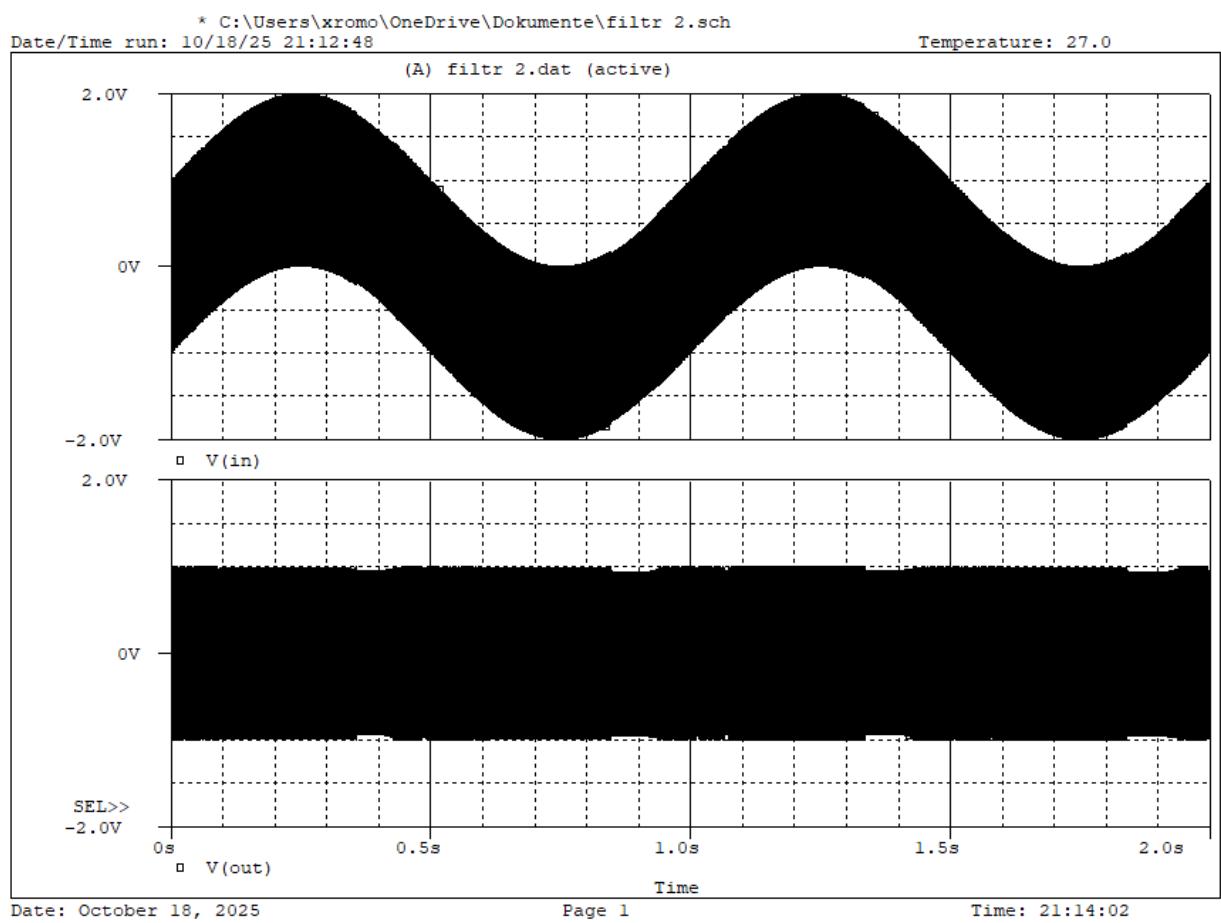


Рис. 3.6 - Часова діаграма сигналу до ФВЧ і після ФВЧ

3.

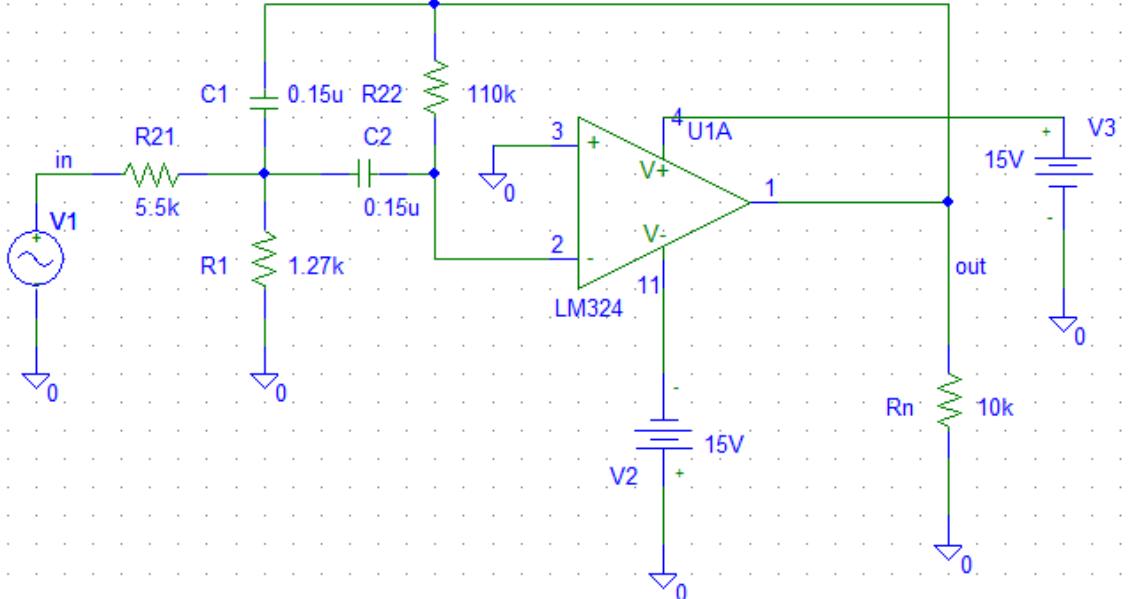


Рис. 3.7 - Схема смугового фільтру

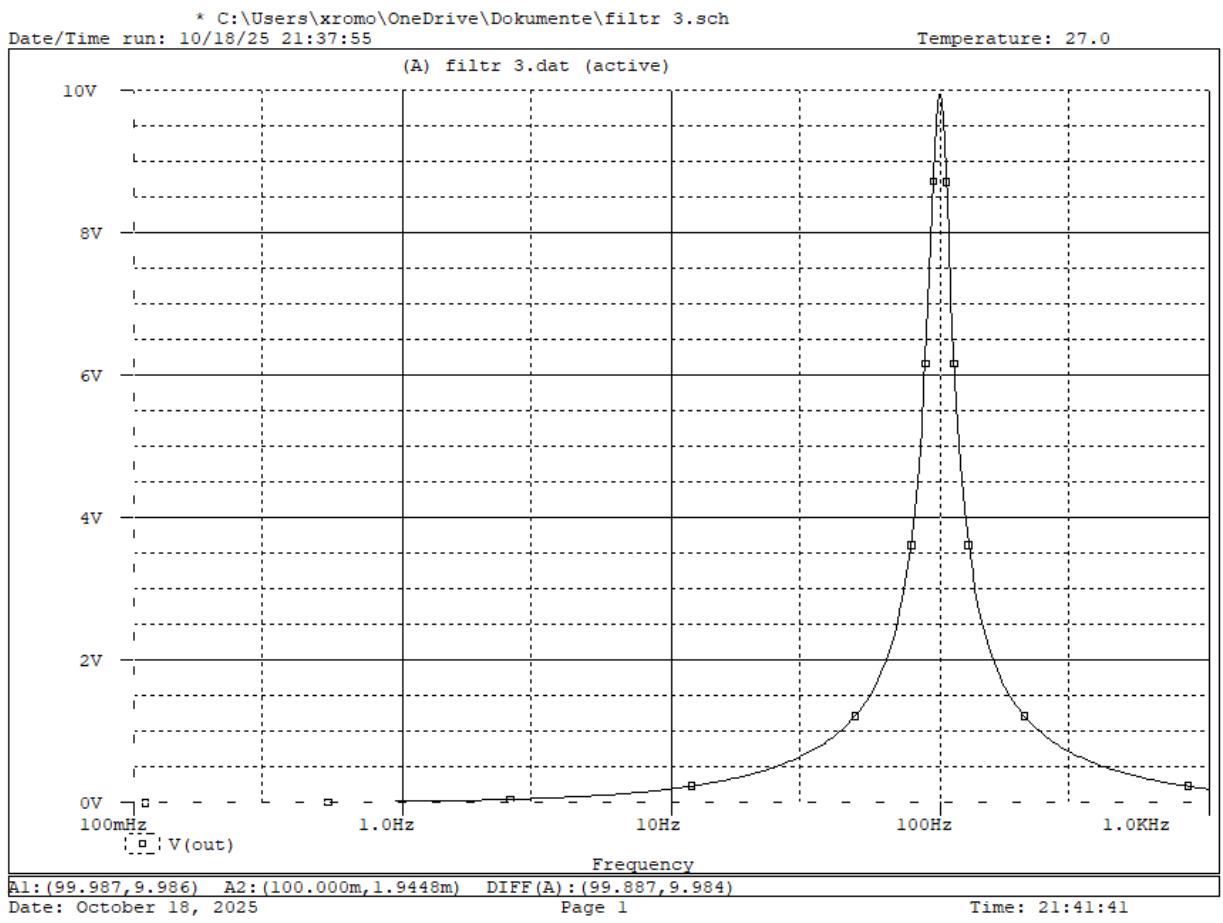


Рис. 3.8 - АЧХ смугового фільтру

Експериментальні значення:

$$f_0 = 100\text{Hz}$$

$$f_{\text{зр1}} = 90\text{Hz}$$

$$f_{\text{зр2}} = 109\text{Hz}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{\quad}}$$

$$K_0 = \frac{R_3 C_2}{R_1(C_1 + C_2)} = 10$$

Смуга пропускання: від 90 Hz до 109 Hz.

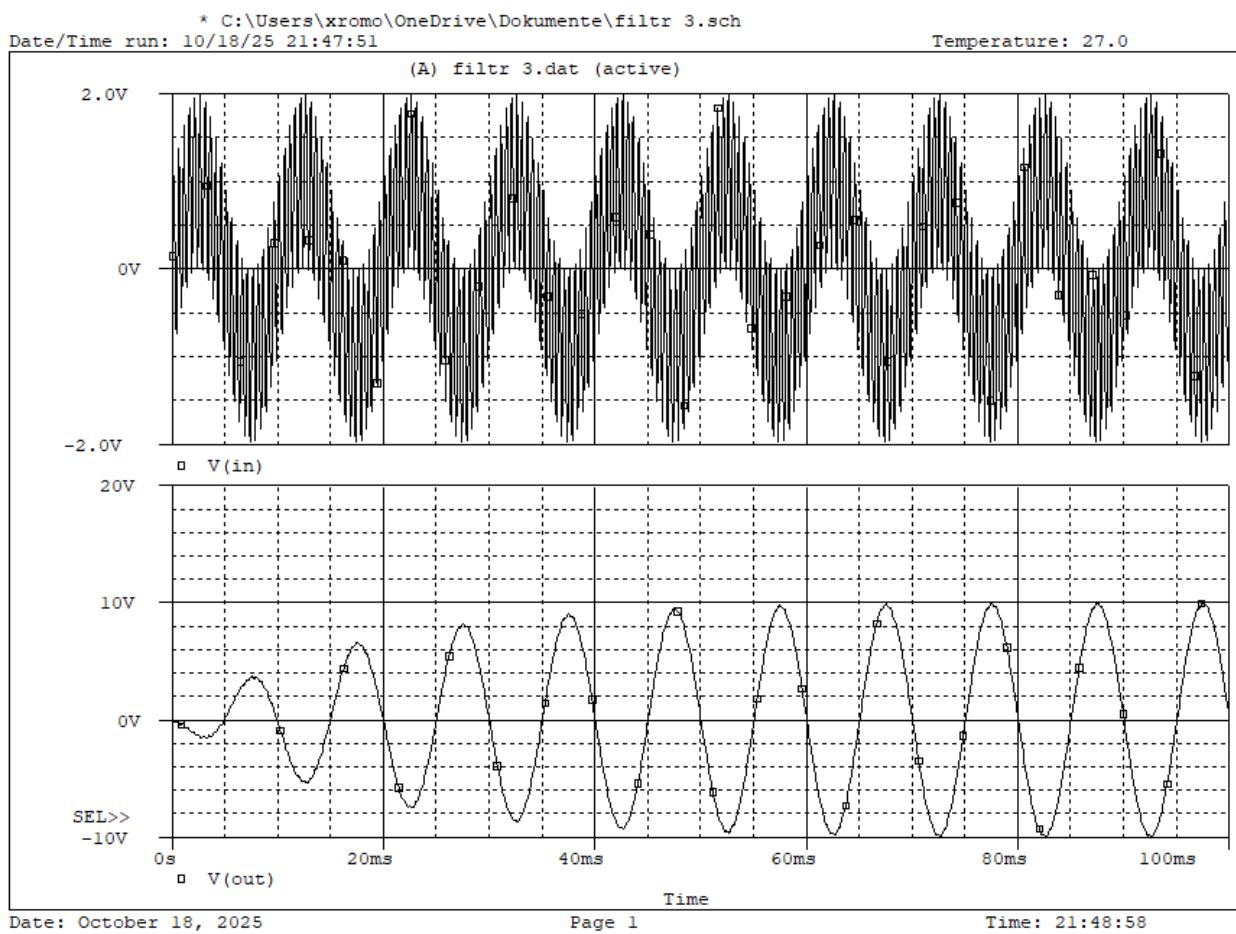


Рис. 3.9 - Часова діаграма сигналу до і після смугового фільтру

4.

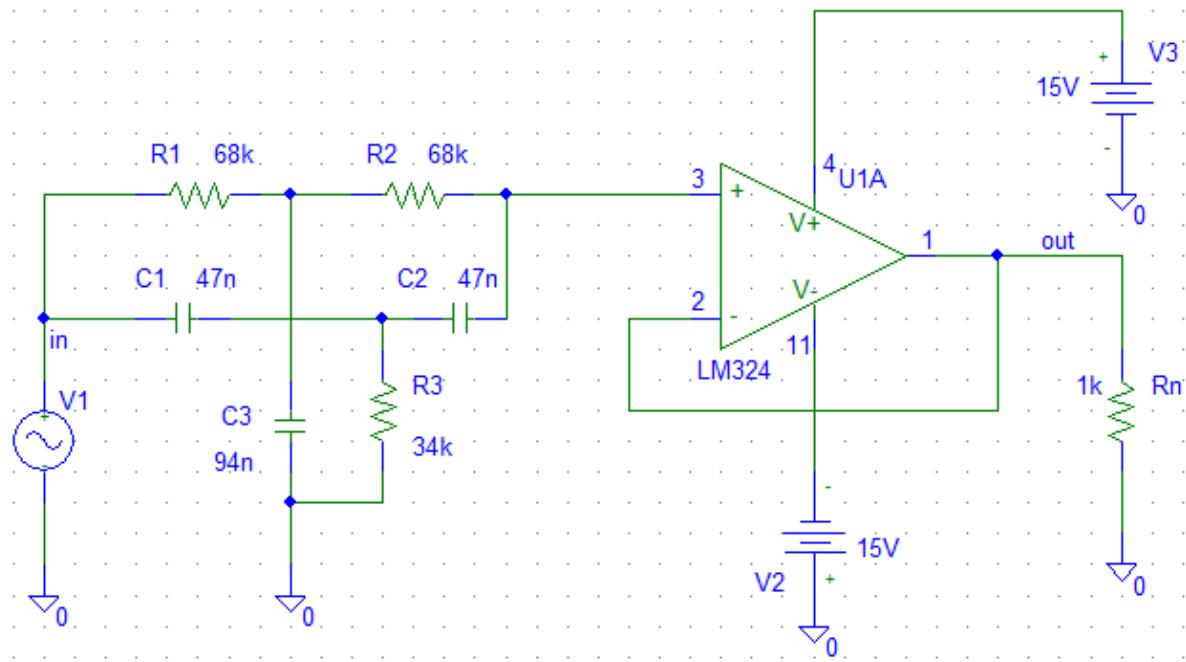


Рис. 3.10 - Схема загороджувального фільтру

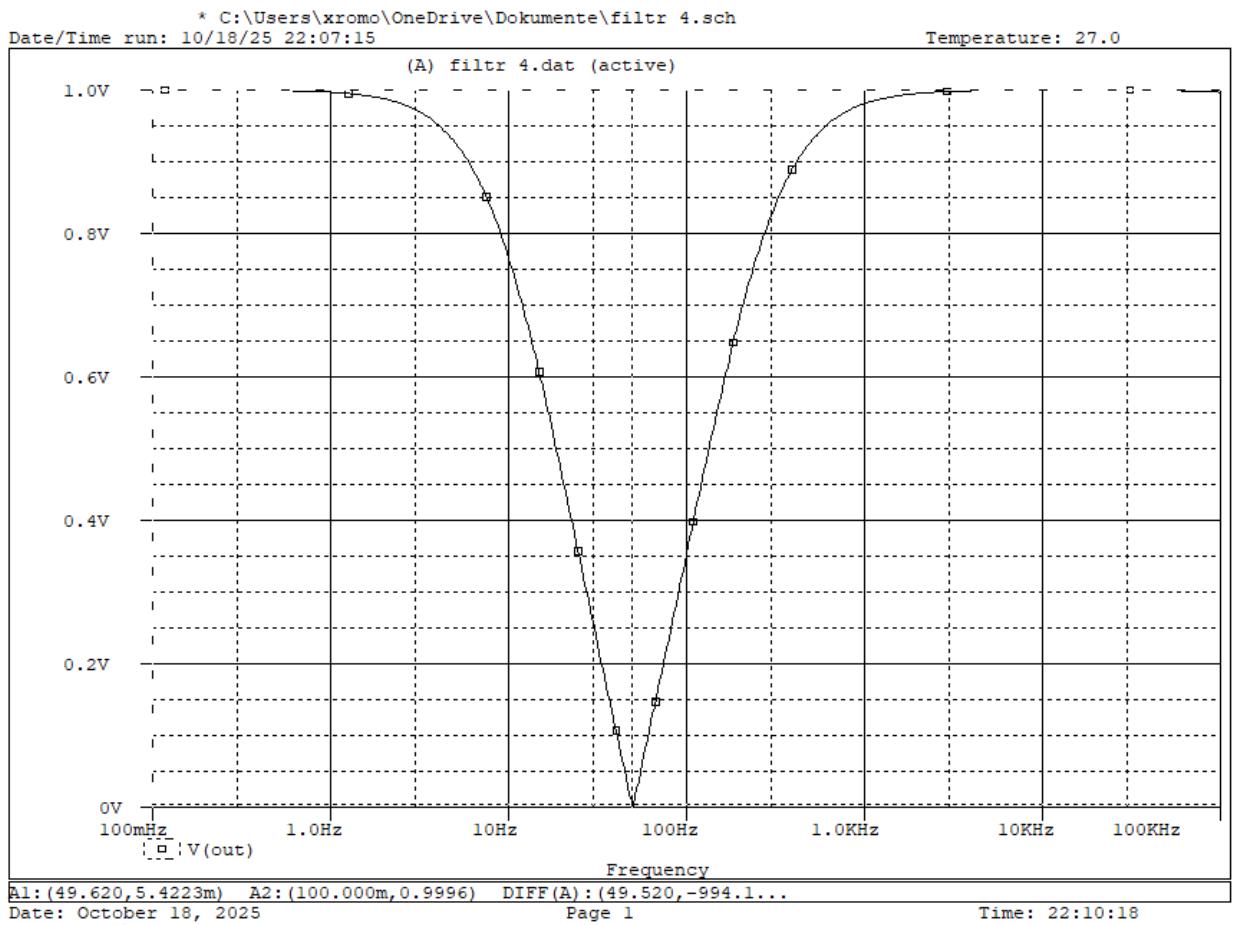


Рис. 3.11 - АЧХ загороджувального фільтру

Експериментальні значення:

$$f_0 = 50\text{Hz}$$

$$f_{\text{зр1}} = 11\text{Hz}$$

$$f_{\text{зр2}} = 210\text{Hz}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC} \approx 49.8\text{Hz}$$

Смуга пропускання: всі частоти окрім проміжку від 11 Hz до 210 Hz.

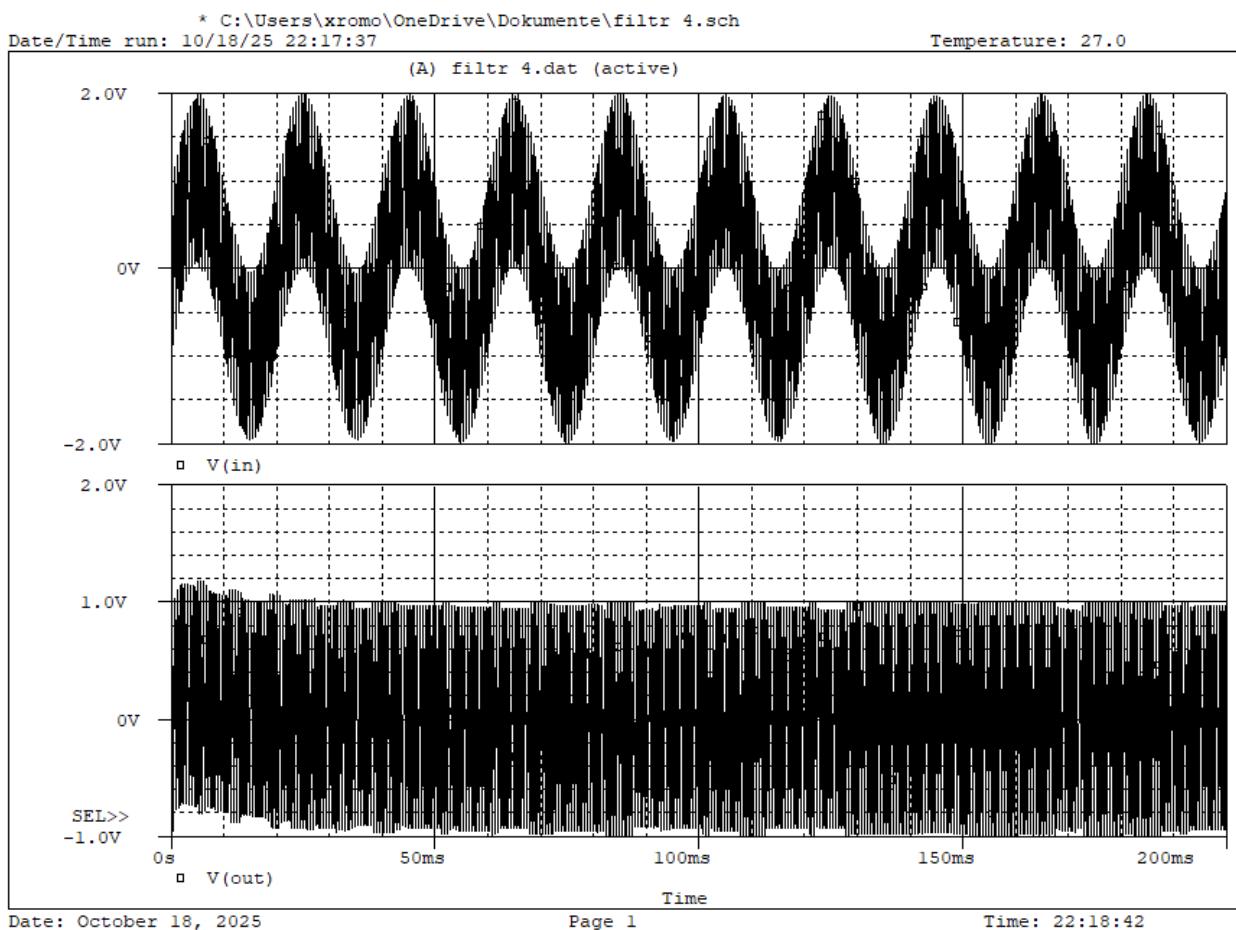


Рис. 3.12 - Часова діаграма сигналу до і після загороджувального фільтру

### Контрольні питання

1. Що таке активні фільтри?

Активні фільтри - це електронні схеми, що містять операційні підсилювачі, резистори та конденсатори, які дозволяють вибірково пропускати або пригнічувати сигнали певних частот без використання катушок індуктивності.

2. Призначення ФНЧ, ФВЧ, СФ, ЗФ:

- ФНЧ (фільтр низьких частот): пропускає сигнали нижче заданої частоти зрізу, пригнічує високі.
- ФВЧ (фільтр високих частот): пропускає сигнали вище частоти зрізу, пригнічує низькі.
- СФ (смуговий фільтр): пропускає сигнали у певному діапазоні частот (смузі пропускання).

- ЗФ (загороджувальний фільтр): пригнічує сигнали у вузькому діапазоні частот (смузі загородження), пропускає нижчі й вищі.

3. Наведіть схеми на основі ОП:

- ФНЧ і ФВЧ будуються за схемами типу Sallen–Key або Баттервортса на ОП (LM324, TL081).
- СФ - комбінація ФНЧ і ФВЧ з підсиленням на ОП.
- ЗФ - поєднання ФНЧ і ФВЧ із сумуванням сигналів для віднімання резонансної частоти.

4. АЧХ фільтрів і визначення смуги пропускання:

- ФНЧ: плоска АЧХ до частоти зрізу, далі спад  $-20$  дБ/дек або  $-40$  дБ/дек.
- ФВЧ: зростання до частоти зрізу, потім стабільна ділянка.
- СФ: має «дзвонову» форму навколо резонансної частоти.
- ЗФ: має провал (мінімум) на частоті пригнічення.
- Смуга пропускання визначається між точками  $-3$  дБ відносно максимуму АЧХ.

## Висновок

Лабораторна робота була присвячена дослідженню активних електронних фільтрів на базі операційних підсилювачів (ОП): фільтра нижніх частот (ФНЧ), фільтра верхніх частот (ФВЧ), смугового та загороджувального фільтрів.

В ході моделювання (або експерименту) були виконані такі завдання:

1. Визначено частоти зрізу ( $f_c$ ) для ФНЧ та ФВЧ, а також резонансні частоти ( $f_r$ ) і смугу пропускання для смугового та загороджувального фільтрів.
2. Побудовано амплітудно-частотні характеристики (АЧХ) для кожної конфігурації.

Отримані результати підтвердили:

- Теоретичні залежності: Експериментально підтверджено, що характеристики усіх чотирьох типів фільтрів (АЧХ, частоти зрізу/резонансу) точно відповідають розрахунковим формулам, які залежать від параметрів резисторів та конденсаторів.

- Переваги активних фільтрів: Дослідження показало, що використання ОП дозволяє отримати необхідне підсилення сигналу в смузі пропускання (на відміну від пасивних фільтрів) та забезпечує високу точність формування спектру. Це усуває необхідність застосування громіздких і неідеальних індуктивностей, що є критично важливим для інтегральних схем та малогабаритних систем.

Таким чином, активні фільтри на ОП є ефективним і гнучким інструментом для точного виділення або пригнічення заданих частотних компонентів сигналу.