

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»



ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
Кафедра безпеки інформації та телекомунікацій

## **СИГНАЛИ ТА ЇХ ПЕРЕТВОРЕННЯ ПРИ ЦИФРОВІЙ ОБРОБЦІ**

**Методичні рекомендації  
до виконання лабораторної роботи ЦОС-1  
з дисципліни «Цифрова обробка сигналів»  
студентами спеціальності  
172 Телекомунікації та радіотехніка**

Дніпро  
НТУ «ДП»  
2020

## **Гусєв О.Ю.**

Сигнали та їх перетворення при цифровій обробці. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи ЦОС-1 з дисципліни «Цифрова обробка сигналів» студентами спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка / О.Ю. Гусєв, І.Г. Олішевський, О.І. Нікольська ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2020. – 16 с.

Автори:

О.Ю. Гусєв, канд. фіз.-мат. наук, проф.,

І.Г. Олішевський, асист.,

О.І. Нікольська, ст. викл.

Затверджено методичною комісією за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка (протокол № 1 від 15.10.2020) за поданням кафедри безпеки інформації та телекомунікацій (протокол № 3 від 13.10.2020).

Методичні рекомендації призначено для виконання лабораторних робіт з дисципліни «Цифрова обробка сигналів» студентами спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка.

Орієнтовано на активізацію навчальної діяльності бакалаврів та закріплення практичних знань з даної дисципліни.

Відповідальний за випуск завідувач кафедри безпеки інформації та телекомунікацій В.І. Корнієнко, д-р техн. наук, проф.

## Зміст

1 Мета роботи.....	4
2 Порядок виконання лабораторної роботи.....	4
3 Вивчення ефектів накладення, що виникають при дискретизації (Експеримент 1).....	4
4 Вивчення впливу обмеження спектра аналогового сигналу при дискретизації (Експеримент 2).....	8
5 Вивчення квантування методом усічення (Експеримент 3).....	10
6 Вивчення квантування методом округлення сигналу (Експеримент 4)...	11
Вимоги до оформлення звіту.....	13
Контрольні питання.....	13
Список літератури.....	14
Додаток. Зразок титульного аркуша для лабораторних робіт.....	15

## 1 Мета роботи

Метою роботи є вивчення ефектів, що виникають при перетворенні аналогового сигналу в цифрову форму. Лабораторна робота виконується на персональному комп'ютері в середовищі MATLAB та SIMULINK.

## 2 Порядок виконання лабораторної роботи

Лабораторна робота складається з чотирьох частин. У першій частині вивчаються ефекти, що виникають при дискретизації аналогового сигналу. У другій частині розглядається випадок дискретизації імпульсних сигналів. У третій і четвертій частинах вивчаються шуми квантування, що виникають при аналого-цифровому і цифро-аналоговому перетворенні для різних методів квантування із зрізанням та округленням.

## 3 Вивчення ефектів накладення, що виникають при дискретизації (Експеримент 1)

Для проведення експерименту необхідно зібрати схему з типових елементів, використовуючи при цьому браузер бібліотеки Simulink. Схема 1 використовується для вивчення ефектів накладення спектра, що виникають при дискретизації аналогового сигналу, на прикладі гармонічних коливань, які мають різні частоти (рис. 1).

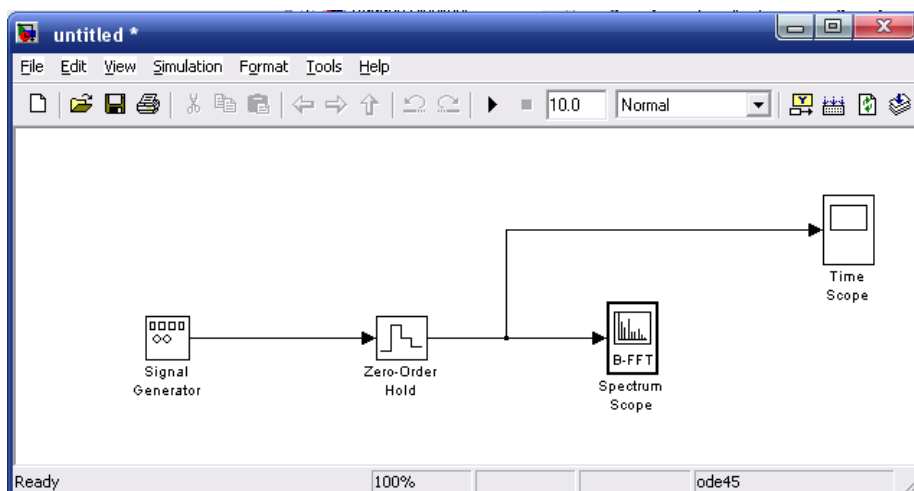


Рис. 1. Схема 1 для вивчення ефектів накладення при дискретизації аналогового сигналу

Далі провести налаштування генератора сигналів, вибравши вид сигналу SIN для парних варіантів, COS для непарних, амплітуду вихідного сигналу N вольт (де N – номер варіанта) та частоту 6 кГц, а також налаштувати екстраполятор нульового порядку (Zero-Order Hold) на частоту дискретизації 48 кГц (рис. 2).

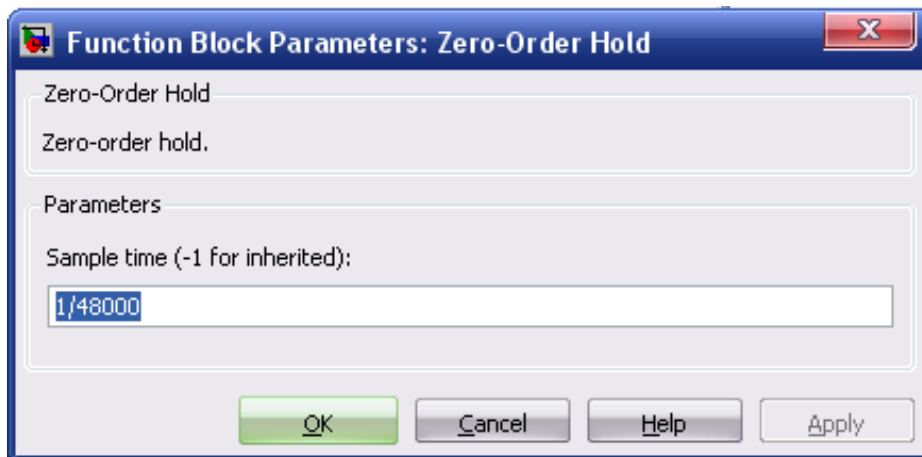


Рис. 2. Вікно налаштування параметрів екстраполятора нульового порядку

Потім налаштовують осцилограф (рис. 3), причому у вкладці "Історія даних" ("Data history") прибирають галочку обмеження обсягу точок, що відображуються.

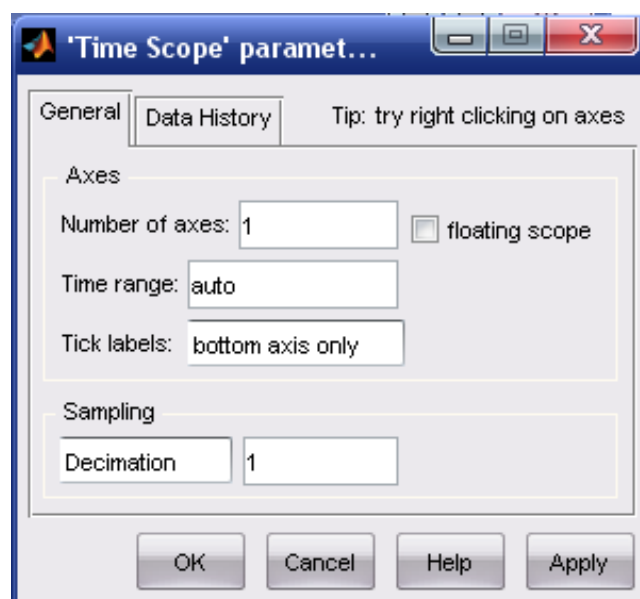


Рис. 3. Вікно налаштування осцилографа

Аналізатор спектра необхідно налаштувати, як показано на рис. 4, вибравши розмір вхідного буфера (Buffer size) 4096, перекриття буферів (Buffer overlap) 64 та довжину ШПФ (FFT Length) 4096.

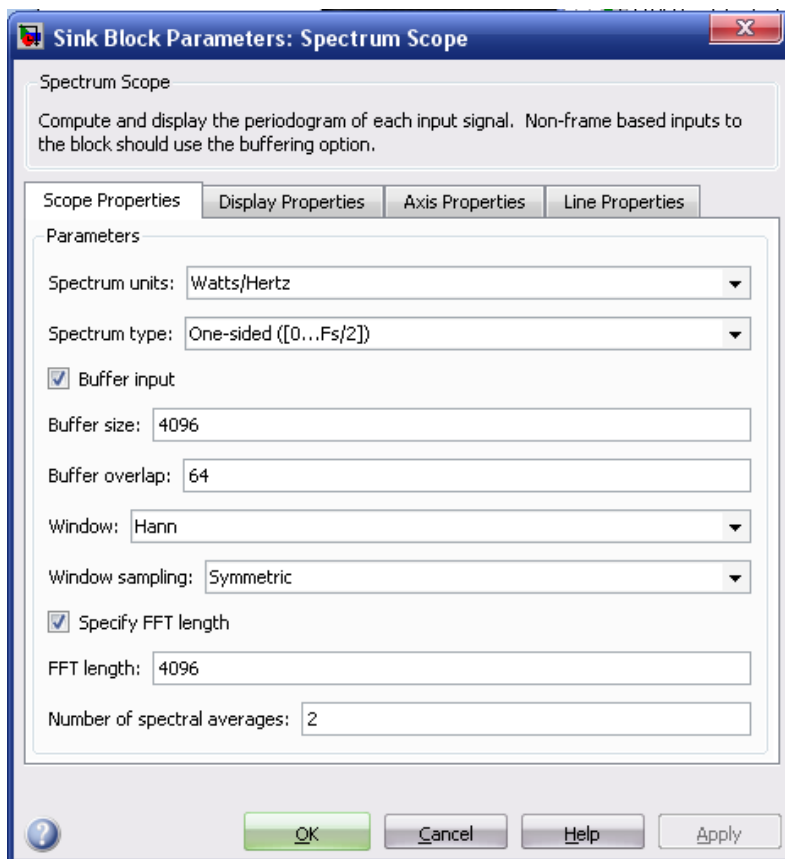


Рис. 4. Вікно налаштування спектроаналізатора

Запустивши схему на виконання, треба подивитися сигнал, одержаний у вікнах Spectrum Scope (рис. 5) та Time Scope (рис. 6), після чого потрібно провести експеримент для частот у діапазоні від 1 до 96 кГц з кроком 20 кГц. Відобразити отримані результати з поясненнями в звіті.

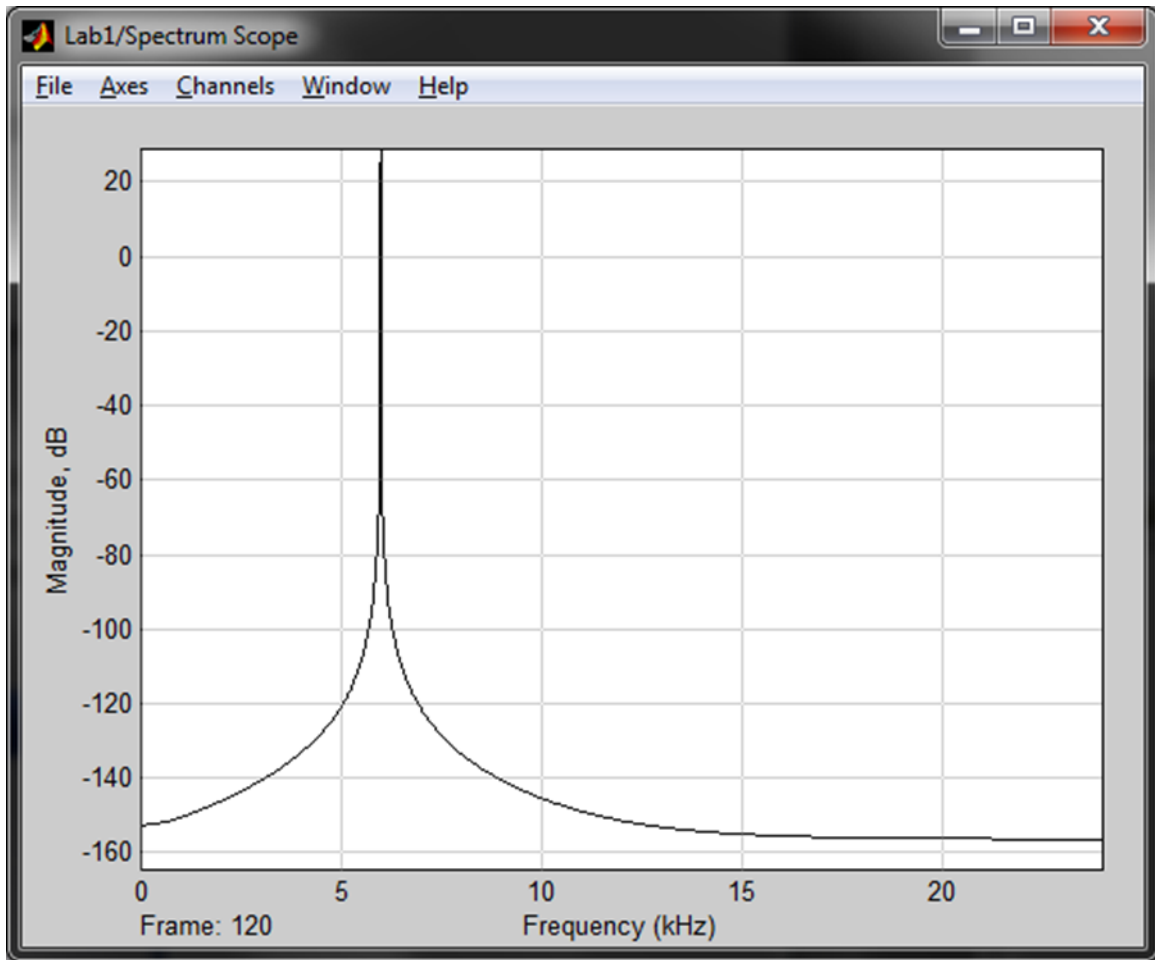


Рис. 5. Вікно Spectrum Scope

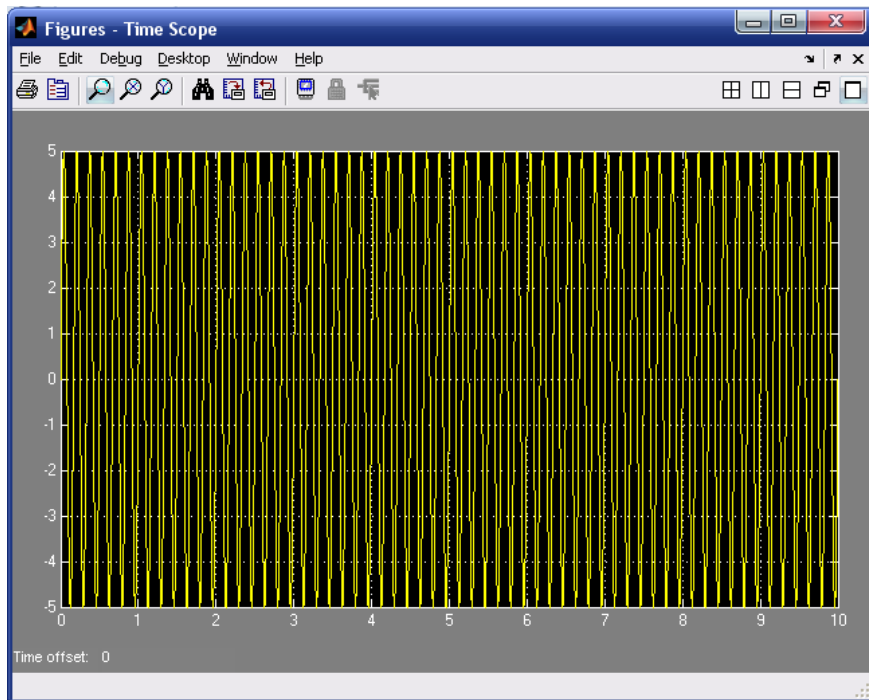


Рис. 6. Вікно Time Scope

#### 4 Вивчення впливу обмеження спектра аналогового сигналу при дискретизації (Експеримент 2)

Зібрати схему 2 – рис. 7. Провести налаштування генератора імпульсних сигналів (Pulse Generator), вибравши амплітуду імпульсів  $N$  вольт, частоту слідування  $1 + 0.1N$  кГц (де  $N$  – номер варіанта) та тривалість імпульсу 20%.

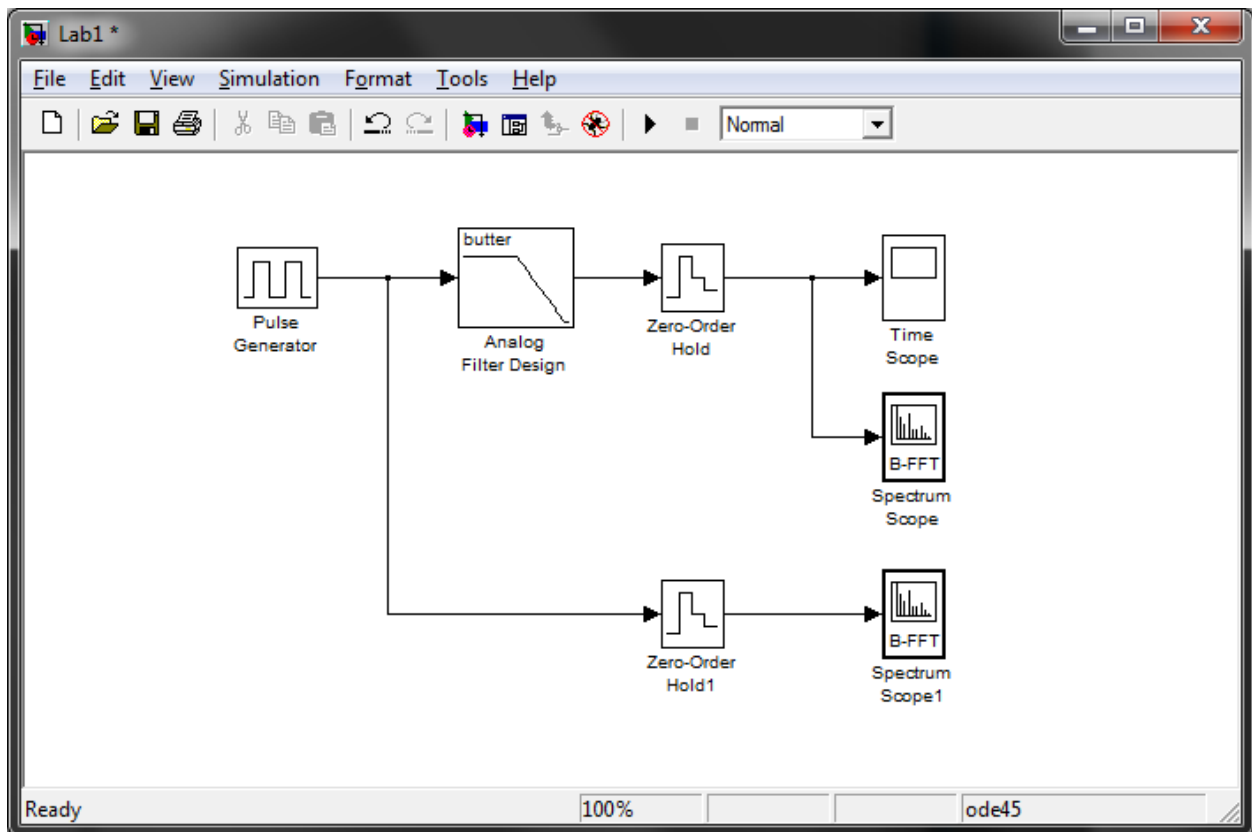


Рис. 7. Схема 2 для вивчення впливу обмеження спектра аналогового сигналу при дискретизації

Налаштувати аналоговий протимаскуваний фільтр (Analog Filter Design) – рис. 8, вибравши як характеристику фільтра характеристику Батерворта для парних варіантів, характеристику Чебишева – для непарних, а також порядок 16, частоту зрізу 10 кГц.



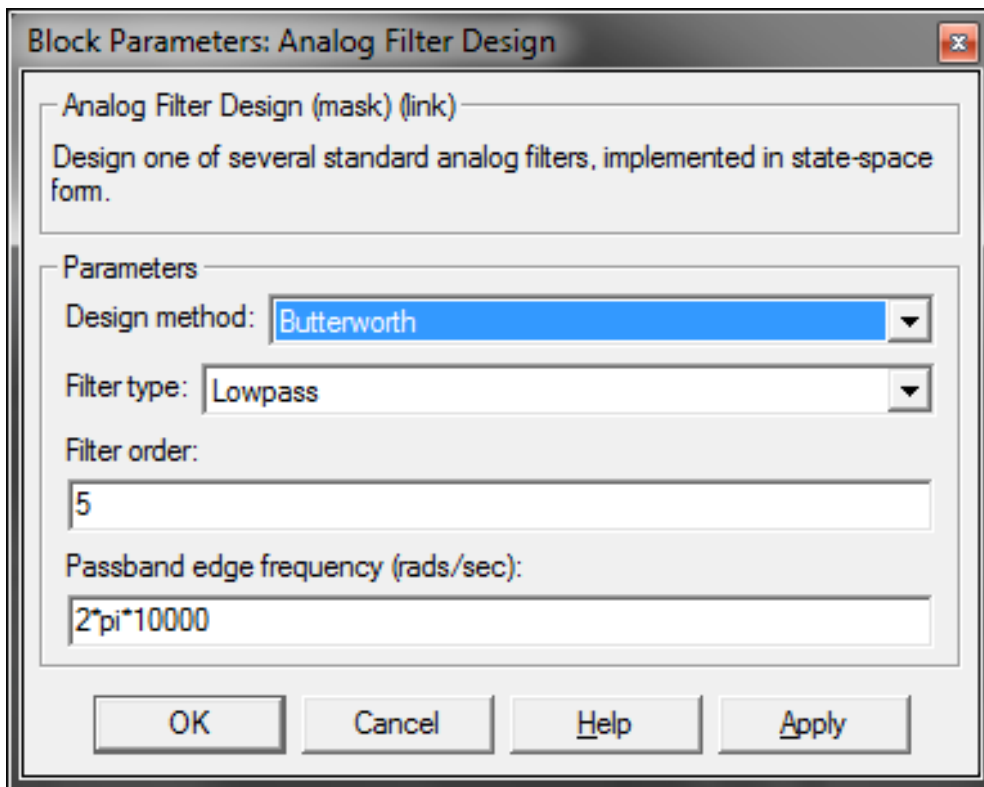


Рис. 8. Вікно налаштування аналогового фільтра

Запустити схему. Порівняти спектри, одержані до аналогового фільтра та після нього. Зробити експеримент для різних частот зрізу фільтра, його характеристики та порядку.

Як частоту зрізу вибрати значення 2, 5 і 10 кГц. Експеримент провести для фільтрів з характеристиками Чебишева та еліптичної.

Порядок фільтра має дорівнювати: 16, 8 і 2. Отримані результати з поясненнями відобразити в звіті.

Навести теоретичний спектр сигналу, який використовується в експерименті, та формулу, по якій проводиться розрахунок його гармонік.

## 5 Вивчення квантування методом зрізання (Експеримент 3)

Зібрати схему 3, наведену на рис. 9. Провести налаштування генератора сигналів, вибравши вид сигналу SIN для парних варіантів, вид COS – для непарних, амплітуду вихідного сигналу 1 В та частоту 10 Гц.

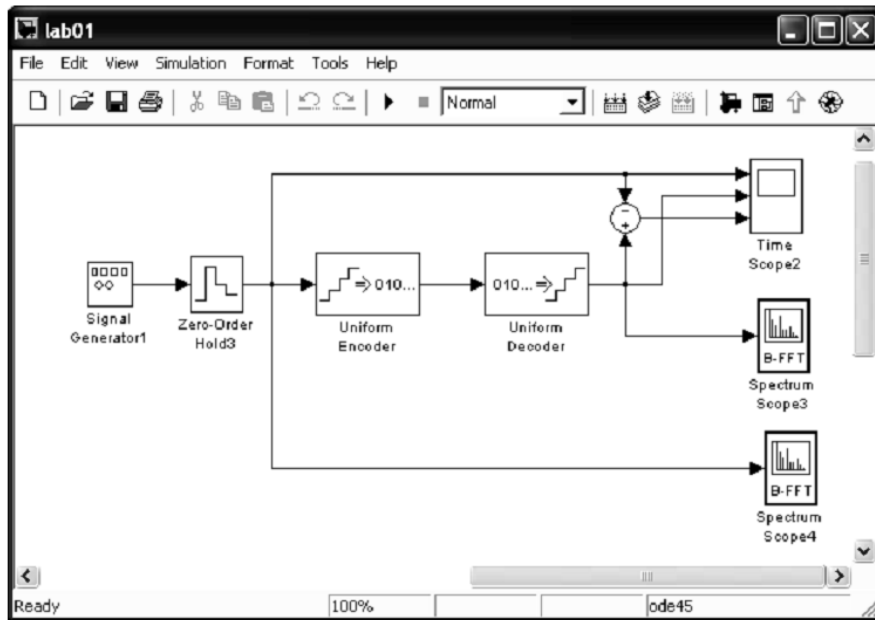


Рис. 9. Схема 3 для вивчення квантування методом зрізання

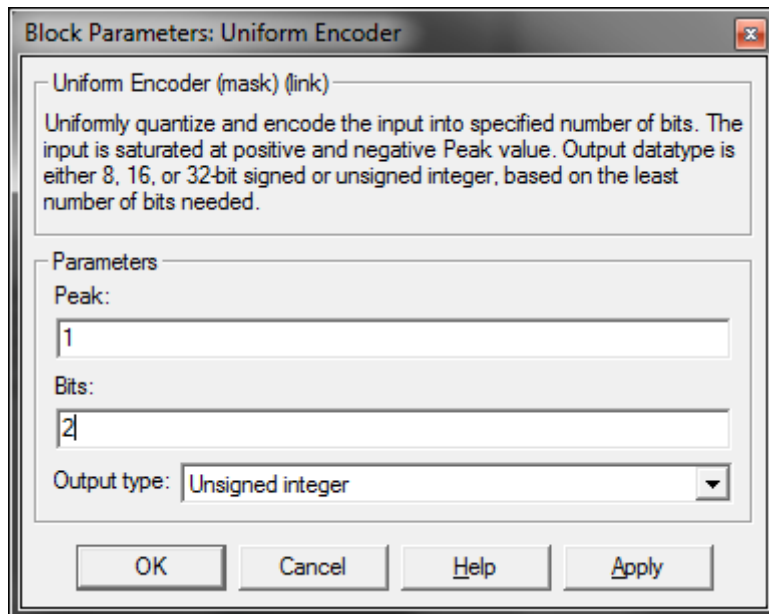


Рис. 10. Вікно налаштування аналого-цифрового перетворювача (АЦП)

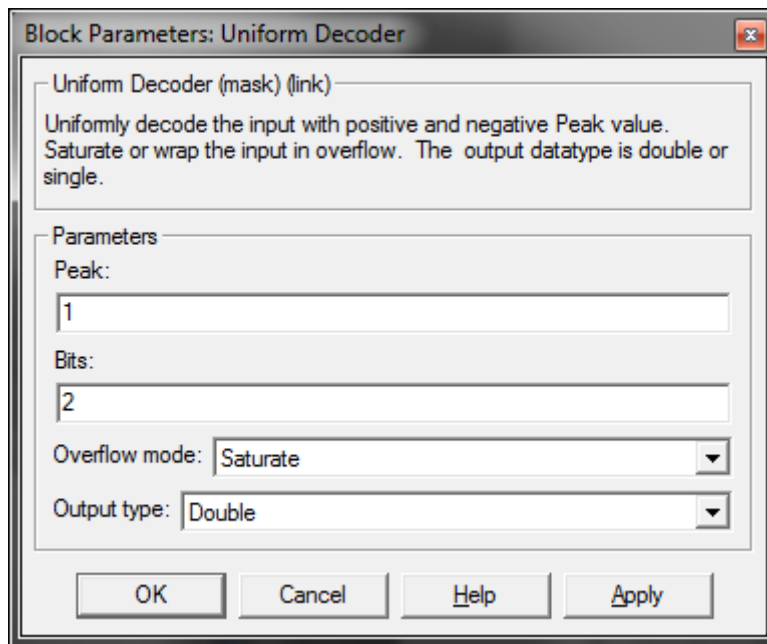


Рис. 11. Вікно налаштування цифро-аналогового перетворювача (ЦАП)

Далі необхідно встановити частоту дискретизації 1кГц та зробити тривалість симуляції 10 с. Для проведення досліджень необхідно вибрати розрядність АЦП (Uniform Encoder) та ЦАП (Uniform Decoder) 2 розряду – рис. 10 – 11.

Запустити модель. Проаналізувати отримані результати. Виконати експеримент для значень розрядності 4, 8, 16. Всі отримані результати з поясненнями навести в звіті.

#### **6 Вивчення квантування методом округлення сигналу (Експеримент 4)**

Зібрати схему 4, наведену на рис. 12. Провести налаштування генератора сигналів, вибравши вид сигналу SIN для парних варіантів, вид COS – для непарних, амплітуду вихідного сигналу N вольт та частоту  $10+N$  Гц (де N – номер варіанта).

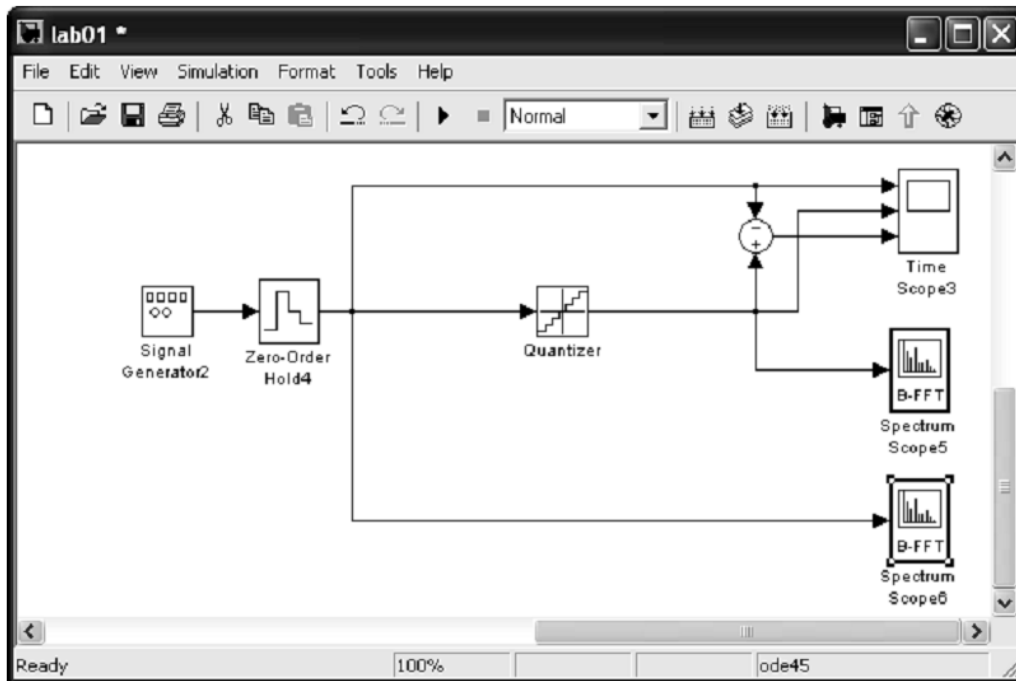


Рис. 12. Схема 4 для вивчення квантування сигналів округленням

Установити частоту дискретизації 1 кГц. Зробити тривалість симуляції 10 секунд. Вибрати число рівнів квантування 2, як показано на рис. 13.

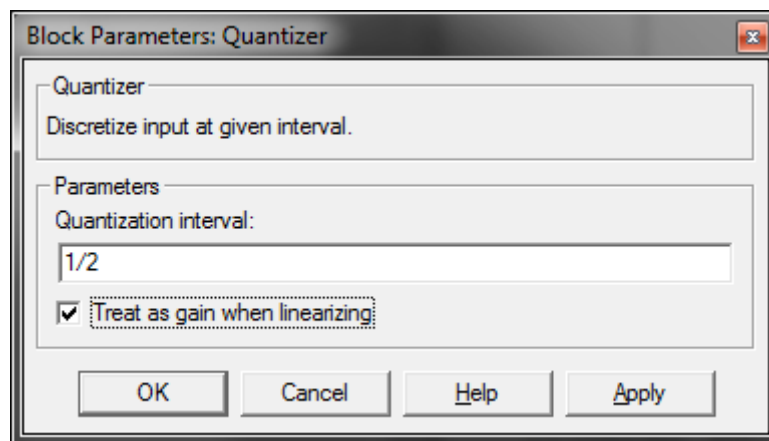


Рис. 13. Вікно налаштування квантувача

Запустити модель. Проаналізувати отримані результати. Виконати експеримент для значень числа рівнів квантування 2, 8 і 16. Отримані результати з поясненнями навести в звіті.

## Вимоги до оформлення звіту

Кожен студент повинен отримати допуск до захисту роботи. Для цього він виконує наведені далі завдання.

1. Подати викладачеві роздрукований звіт, що складається з титульного аркуша (див. додаток), **виконаних завдань** та **висновків**. Звіт має бути оформлений у текстовому редакторі MS Word. Текст потрібно набирати шрифтом Times New Roman, 14 pt, вирівнювати по ширині, формат сторінки А4, книжка, абзацний відступ 10 мм, поля 20 мм з кожного боку. Формули додавати за допомогою Microsoft Equation або редактора формул. Усі таблиці та рисунки мають бути підписані.

2. Відкрити на комп'ютері файл з виконаним завданням для перевірки.

3. Відповісти на всі питання стосовно виконаної роботи.

Звіт повинен містити такі розділи:

1. Мета роботи.
2. Схеми моделей.
3. Результати експериментів з поясненнями.
4. Відповіді на контрольні питання в письмовому вигляді.
5. Висновки.

## Контрольні питання

1. Як залежать спотворення відновлення сигналу від частоти дискретизації та максимальної частоти його спектра в основній смузі?
2. Як визначається похибка квантування дискретного квантованого сигналу?
3. За якої умови цифровий та дискретний сигнали математично адекватні?
4. З яких умов вибирається необхідна розрядність АЦП?

## Список літератури

1. Gusev O.Yu. Theory of adaptive filtration: tutorial / O.Yu. Gusev, V.M. Gorev, V.I. Kornienko; Ministry of Education and Science of Ukrain, National Technical University “Dnipro Polytechnic”. – Dnipro: NTU “DP”, 2019. – 156 p.
2. Рабинер Л. Теория и применение цифровой обработки сигналов : пер. с англ. / Л. Рабинер, Б. Гоулд. – Москва: Мир, 1978. – 256 с.
3. Дьяконов В. Simulink 4. Специальный справочник. / В. Дьяконов. – Санкт–Петербург : Питер, 2002. – 512 с.
4. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. А.Б. Сергиенко. – Санкт–Петербург : Питер, 2002. – 480 с.
5. О.Ю. Гусев, Г.Ф. Конахович, В.І. Корнієнко, Г.В. Кузнецов, О.Ю. Пузиренко. Теорія електричного зв'язку: навч. посіб. – Львів: Магнолія 2006, 2010. – 364 с.

**Зразок титульного аркуша для лабораторних робіт**

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

Факультет інформаційних технологій  
Кафедра безпеки інформації та телекомунікацій

Лабораторна робота ЦОС-1  
**«Сигнали та їх перетворення при цифровій обробці»**  
Варіант № 1

Виконав: ст. гр. 172-20-1  
Петров Іван Петрович  
Перевірив: професор Гусєв О.Ю.

Дніпро  
НТУ «ДП»  
2021

**Гусєв Олександр Юрійович**  
**Олішевський Ілля Геннадійович**  
**Нікольська Олена Ігорівна**

## **СИГНАЛИ ТА ЇХ ПЕРЕТВОРЕННЯ ПРИ ЦИФРОВІЙ ОБРОБЦІ**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**  
**ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ ЦОС-1**  
**З ДИСЦИПЛІНИ «ЦИФРОВА ОБРОБКА СИГНАЛІВ»**  
**СТУДЕНТАМИ СПЕЦІАЛЬНОСТІ**  
**172 ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ ТА РАДІОТЕХНІКА**

**Редактор Ю.В. Рачковська**

Підписано до друку 11.11.2020. Формат 30x42/4.  
Папір офсетний. Ризографія. Ум. друк. арк. 0,8.  
Обл.-вид. арк. 0,8. Тираж 8 пр. Зам. №

**НТУ «Дніпровська політехніка»**  
**49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19.**