

Міністерство світи і науки України
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
фізико-технічний факультет
кафедра радіоелектронної автоматики

В.Б.Мазуренко

ПРОГРАМНІ ТА АПАРАТНІ ЗАСОБИ
КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІХ ТЕХНОЛОГІЙ
Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт

Дніпро

2018

Наведено методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт з курсу «Програмні та апаратні засоби комп'ютерно-інтегрованих технологій», які розроблено у відповідності до освітньо-професійної програми другого рівня вищої освіти «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Для студентів фізико-технічного факультету ДНУ, що навчаються за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» на другому рівні вищої освіти.

Укладач: доцент кафедри радіоелектронної автоматики фізико-технічного факультету Дніпровського національного університету ім. Олеся Гончара Мазуренко Валерій Борисович.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА ЗА КУРСОМ
"ОСНОВИ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ ТА ЗОБРАЖЕНЬ "
№ КТ-01

Тема: Початок роботи в системі SIMULINK. Створення найпростішої моделі.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Пакет розширення системи MATLAB під назвою Simulink є ядром інтерактивного програмного комплексу, призначеного для *математичного моделювання* лінійних і нелінійних динамічних систем та пристроїв, представлених своєю функціональною блок-схемою, яка називається *S-моделлю*, або просто *моделлю*. Можливі різні варіанти моделювання: в часовій області, частотній області, з управлінням за подіями, на основі спектральних перетворень Фур'є, з використанням методу Монте-Карло (реакція на вплив випадкового характеру) та таке інше.

Для побудови функціональної блок-схеми моделей систем Simulink має велику *бібліотеку* блокових компонентів та зручний *редактор блок-схем*. Його засновано на графічному інтерфейсі користувача і він є типовим засобом *візуально-орієнтованого програмування*. Використовуючи *панелі компонентів* (набори блоків), користувач за допомогою «миші» перетягує потрібні блоки з палітр на робочий стіл пакета Simulink і з'єднує лініями входи та виходи блоків. Таким чином, створюється *діаграма* (блок-схема) системи чи пристрою, тобто модель. S-модель є фактично програмою, яку можна переглянути за допомогою тестового редактора або за допомогою редактора файлів системи MATLAB. Файли моделі мають розширення .slx. Однак слід зазначити, що ці файли дуже громіздкі, і навіть для досить простих моделей можуть містити тисячі рядків програмного коду. Це характерна властивість візуально-орієнтованих систем програмування.

Simulink автоматизує найбільш трудомісткий етап моделювання: він складає та вирішує складні системи алгебраїчних та диференціальних рівнянь, що описують задану функціональну схему (модель), забезпечуючи зручний та наочний візуальний контроль за поведінкою створеного користувачем *віртуального пристрою*. Користувачу достатньо уточнити (якщо потрібно) вид аналізу та запустити Simulink у режимі *симуляції* (звідки й назва пакету – Simulink) створеної моделі системи чи пристрою. Засоби візуалізації результатів моделювання в пакеті Simulink настільки наочні, що часом створюється відчуття, що створена діаграма (модель) працює «як жива». Більш того, Simulink практично миттєво змінює математичний опис моделі в разі введення в склад моделі нових блоків, навіть у тому випадку, коли цей процес супроводжується зміною порядку системи рівнянь

і веде до суттєвої якісної зміни поведінки системи. Втім, це – одна з головних цілей пакету Simulink.

Цінність Simulink полягає і у великій, відкритій для вивчення та модифікації бібліотеці компонентів (блоків). Вона включає джерела впливів (сигналів) з практично будь-якими часовими залежностями, масштабуючі, лінійні та нелінійні перетворювачі з різноманітними формами передавальних характеристик, квантуючі пристрої, інтегруючі та диференціюючі блоки та т. і. У бібліотеці є цілий набір віртуальних реєструючих пристроїв – від вольтметра або амперметра до універсальних осцилографів, які дозволяють переглядати часові залежності вихідних параметрів моделюваних систем, наприклад струмів і напруги, переміщень, тисків тощо. Є навіть графічний побудовник для створення фігур, заданих параметрично в полярній системі координат, наприклад фігур Ліссажу та фазових портретів коливань. Simulink має засоби анімації та звукового супроводу. А в додаткових бібліотеках можна знайти й такі «дорогі прилади», як аналізатори спектру складних сигналів, багатоканальні самописці та засоби анімації графіків.

Інтеграція однієї з найшвидших матричних математичних систем – MATLAB з пакетом Simulink, – відкрила нові можливості використання найсучасніших математичних методів для вирішення задач динамічного та ситуаційного моделювання складних систем та пристроїв. Засоби графічної анімації Simulink дозволяють будувати віртуальні фізичні лабораторії з наочним представленням результатів моделювання. Можливості Simulink охоплюють завдання математичного моделювання складних динамічних систем у фізиці, електро- та радіо-техніці, у біології та хімії – словом, у всіх галузях науки та техніки. Цим пояснюється популярність цього пакету як в університетах та інститутах, так і в наукових лабораторіях. І нарешті, важливим достоїнством Simulink є можливість завдання в блоках довільних математичних виразів, що дозволяє вирішувати типові завдання, користуючись прикладами пакета Simulink або просто задаючи нові вирази, які описують роботу систем і пристроїв, що моделюються користувачем. Важливою властивістю пакета є можливість завдання системних функцій (S-функцій) з включенням їх до складу бібліотек Simulink. Необхідно відзначити також можливість моделювання пристроїв та систем у реальному масштабі часу. Як програмний засіб Simulink – типовий представник візуально-орієнтованих мов програмування. На всіх етапах роботи, особливо під час підготовки моделей систем, користувач практично не має справи зі звичайним програмуванням. Програма в кодах автоматично генерується у процесі введення вибраних блоків компонентів, їх з'єднань та завдання параметрів компонентів. Важлива перевага Simulink – це інтеграція не тільки з системою MATLAB, але і з іншими пакетами розширення, що забезпечує, по суті, необмежені можливості застосування Simulink для вирішення практично будь-яких завдань імітаційного моделювання та моделювання за подіями.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

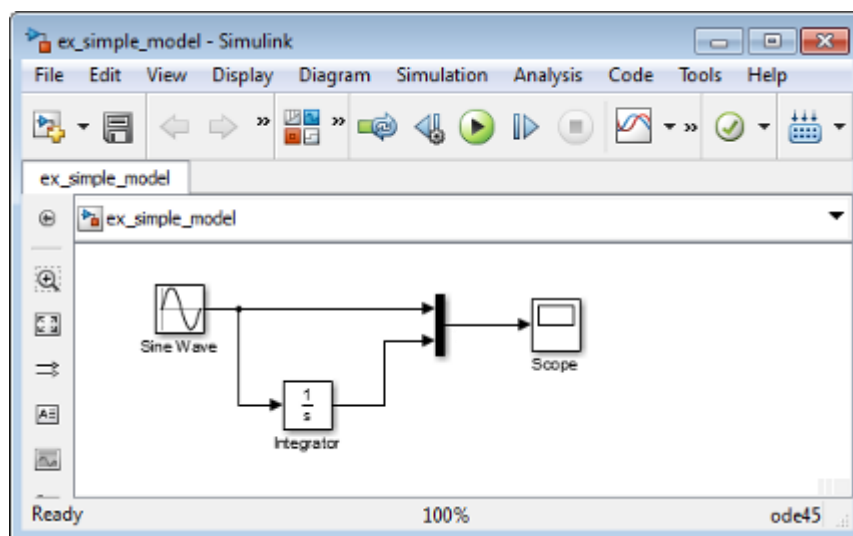
Створення простої моделі

Вступ

За допомогою Simulink® ви можете створити модель системи, а потім промоделювати динамічну поведінку цієї системи. Основні прийоми, які ви застосуєте для створення простої моделі, – це ті самі прийоми, які ви використовуєте й під час створення складніших моделей.

Для створення цієї простої моделі вам знадобляться чотири блоки Simulink. Блоки є елементами моделі, що задають математичні співвідношення, які описують систему, а також задають вхідні сигнали:


- ✓ Sine Wave (генератор синусоїдальних сигналів) – генерує вхідний сигнал моделі.
- ✓ Integrator (ідеальна інтегруюча ланка) – обробляє вхідний сигнал.
- ✓ Bus Creator (шинний формувач) – об'єднує кілька сигналів в одну інформаційну шину.
- ✓ Scope (осцилограф) – візуалізує та порівнює вхідний сигнал із вихідним сигналом.

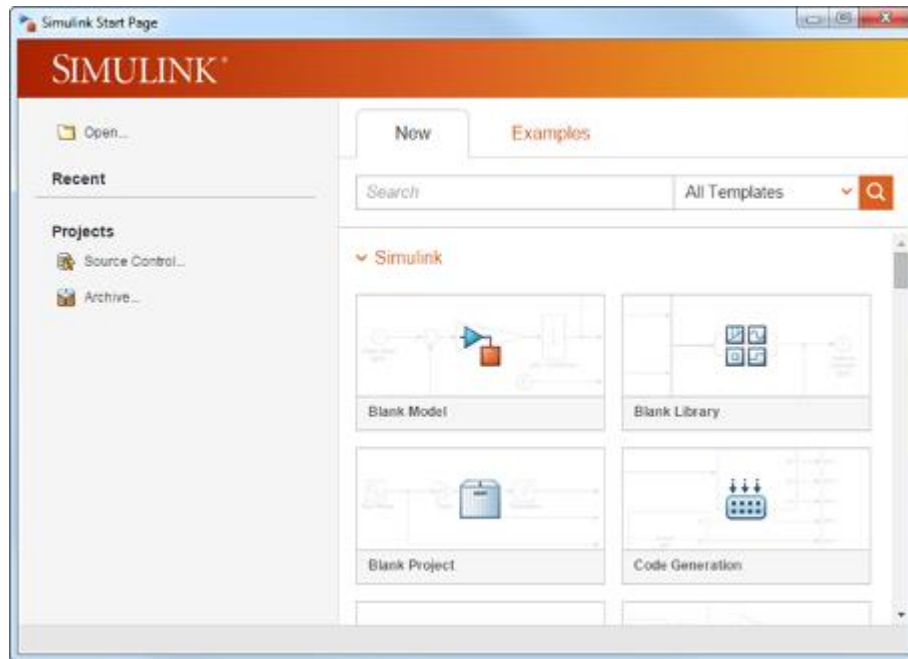


У процесі моделювання цієї моделі відбувається інтегрування синусоїдального сигналу, внаслідок чого отримуємо косинусоїдальний сигнал. Отриманий результат відображається разом із вихідним сигналом у вікні осцилографа Scope.

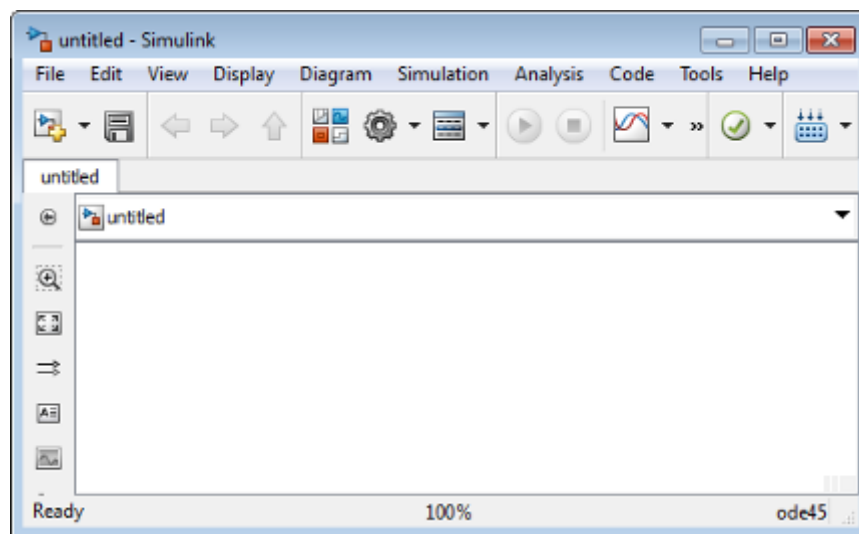
Створення нової моделі у редакторі Simulink Editor.

Використовуйте Simulink Editor для побудови моделей.

1. У рядку інструментів MATLAB натисніть та відпустіть кнопку Simulink 
Під час першого запуску Simulink відбувається невелика затримка.




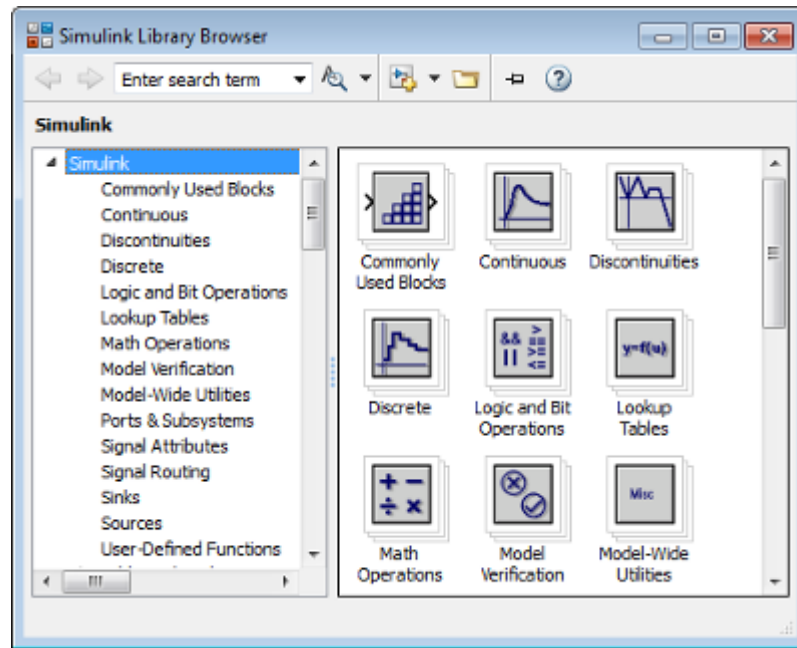
2. Клацніть на шаблон Blank Model, а потім натисніть кнопку Create Model (Створити модель). Відкриється редактор Simulink Editor із новою блок-схемою.




3. Виберіть File > Save as (файл > Зберегти як). В текстове поле File name (Ім'я файлу) введіть ім'я для вашої моделі, наприклад, Simple_model.slx. Натисніть Save (Зберегти).

Використання браузера бібліотеки блоків Simulink

1. Відкрийте Simulink Library Browser (браузер бібліотеки Simulink). У браузері бібліотеки Simulink (Simulink Library Simulink) ви можете робити пошук та вибирати блоки для їх використання у вашій моделі.
2. На панелі інструментів Simulink Editor клацніть кнопку Simulink Library (Бібліотека Simulink) .

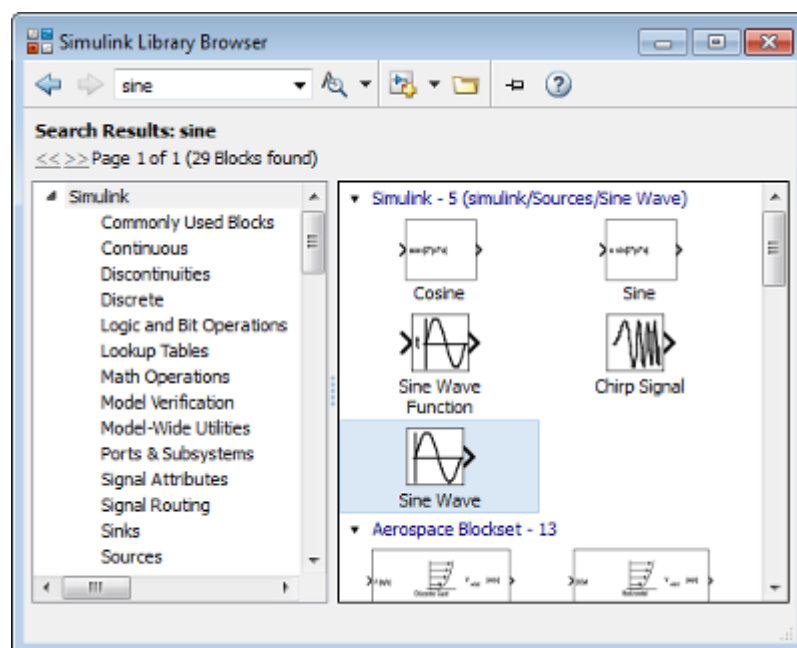


3. Встановіть браузер бібліотеки так, щоб він залишався поверх інших вікон робочого столу. Для цього на панелі інструментів браузера бібліотеки виберіть кнопку Stay on top (Закріпити поверх усіх вікон) .

Перегляд або пошук необхідних блоків

Щоб переглянути бібліотеки блоків, виберіть функціональну область у лівій панелі Simulink Library Browser. Аби знайти всі доступні бібліотеки блоків, введіть запит.

1. Пошук блоку генератора синусоїдального сигналу. У полі пошуку на панелі інструментів браузера введіть sine (синус), а потім натисніть клавішу Enter (Введення). Simulink шукає в бібліотеках блоки з sine (синус) в їхньому імені або описі, а потім відображає знайдені блоки.



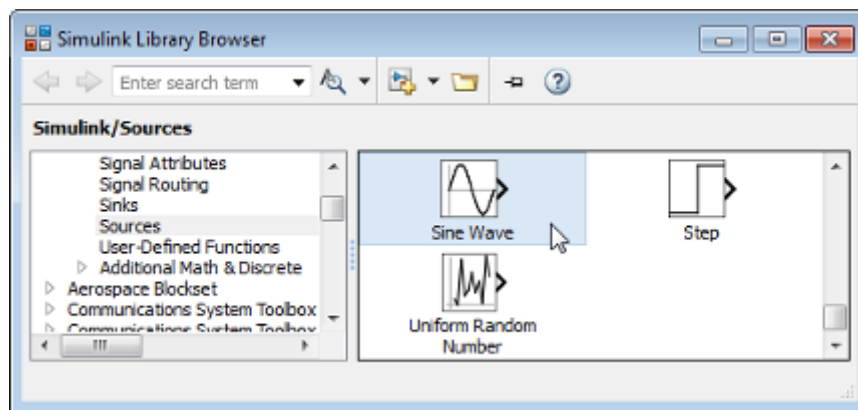
- Отримання детальної інформації про блок. Клацніть правою кнопкою миші на блок і виберіть `Help for the <block name>`. (Допомога для <ім'я блоку>). Відкриється браузер довідки з довідковою сторінкою цього блоку.
- Перегляд параметрів блоку. Клацніть правою кнопкою миші на блок та виберіть пункт `Block Parameters` (Параметри блоку). Відкриється діалогове вікно параметрів блоку.

Додавання блоків у модель

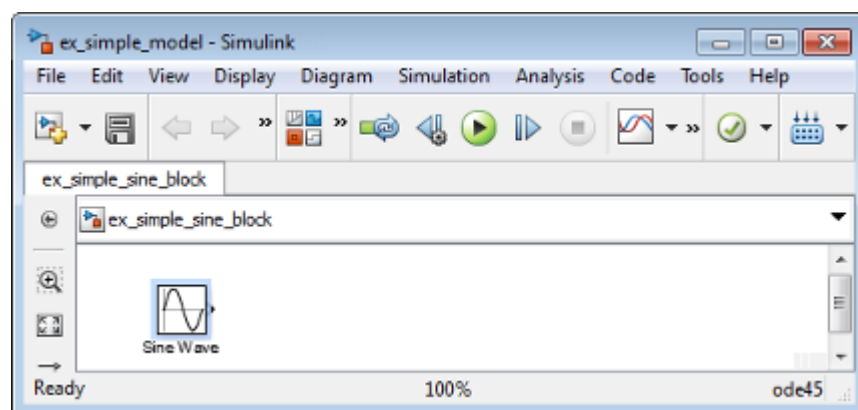
Побудова моделі здійснюється шляхом перетягування блоків із вікна браузера бібліотеки Simulink до редактора Simulink або разовим клацанням у вікні вашої моделі та введенням пошукового запиту.

Щоб побудувати просту модель, почніть із копіювання блоків із браузера бібліотеки Simulink у редактор Simulink.

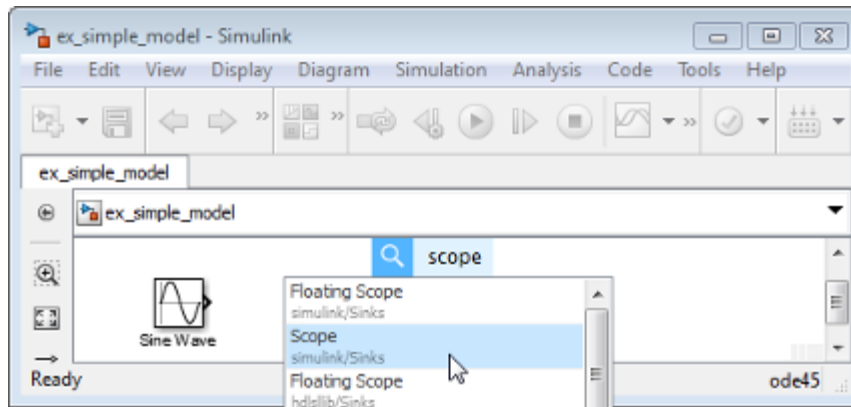
- На лівій панелі браузера бібліотеки Simulink виберіть бібліотеку `Sources` (джерела).
- Виберіть `Sine Wave` (Генератор синусоїдальних сигналів) на правій панелі.



- Перетягніть блок `Sine Wave` до редактора Simulink Editor. Копія блоку `Sine Wave` з'явиться у вашій моделі.



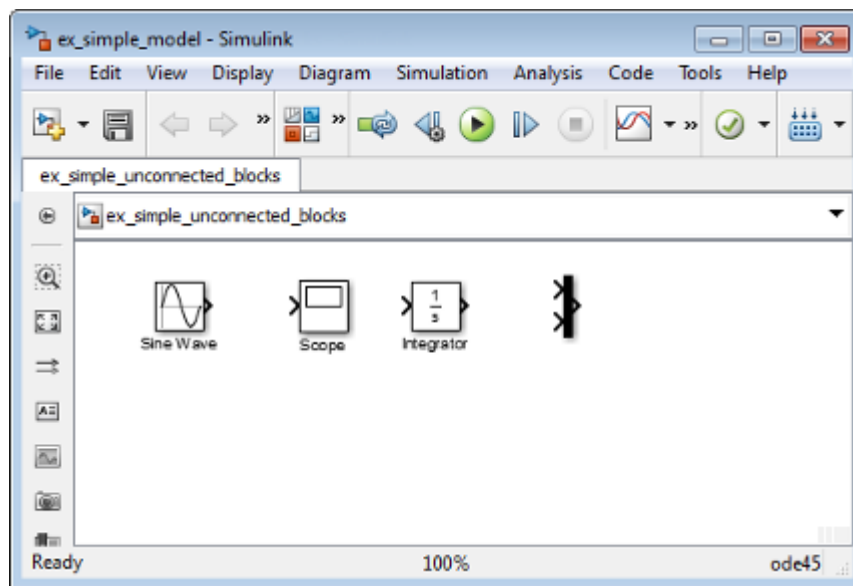
- Додайте блок `Scope` (Осцилограф), використовуючи таку альтернативну процедуру:
 - Клацніть усередині блок-схеми.
 - Після появи піктограми пошуку введіть `scope`, а потім виберіть `Scope` зі списку.



5. Додайте наступні блоки до вашої моделі, використовуючи один з підходів, які ви використовували для додавання блоків Sine Wave та Scope.

| Library | Block |
|---|-------------|
| Continuous (Безперервний) | Integrator |
| Signal Routing (Маршрутизація сигналів) | Bus Creator |

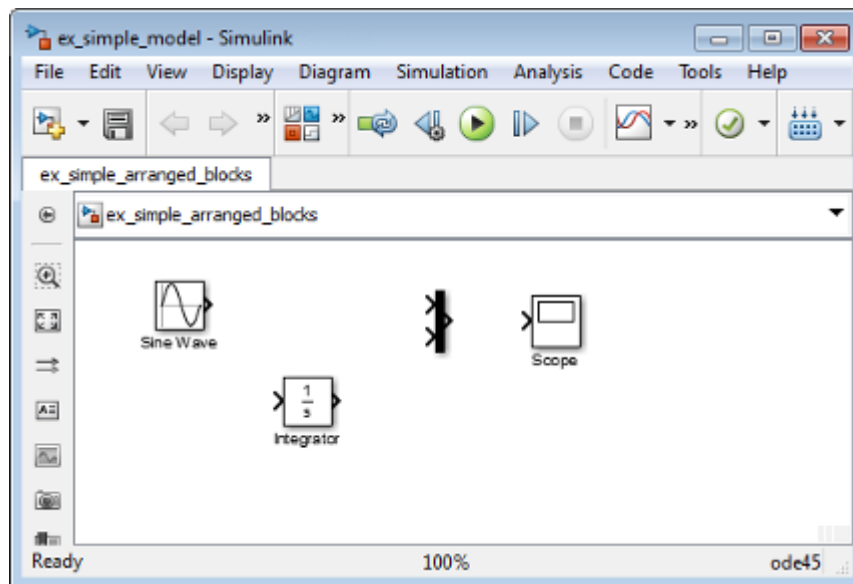
6. Тепер ваша модель вже повинна мати всі блоки, необхідні для простої моделі.



Переміщення та зміна розміру блоків

Перш ніж з'єднати блоки у вашій моделі, розташуйте входи та виходи блоків так, щоб лінії з'єднання сигналів були максимально простими.

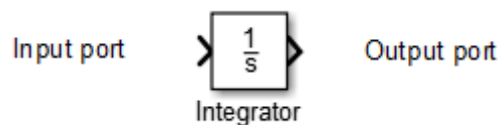
1. Перемістити блок Scope так, щоб він знаходився праворуч від виходу блока Bus Creator. Ви можете це зробити одним з двох способів:
 - ✓ Натисніть та перетягніть блок.
 - ✓ Виберіть блок, а потім натисніть клавіші зі стрілками на клавіатурі.
2. Переміщуйте блоки, поки ваша модель не буде схожою на наступний рисунок.



З'єднання блоків

Більшість блоків мають кутові дужки з однієї або обох сторін. Ці кутові дужки є вхідними і вихідними портами:

- Символ $>$, направлений в середину блока, вказує на вхідний порт (input port) блоку.
- Символ $>$, направлений від середини блока, вказує на вихідний порт (output port) з блоку.



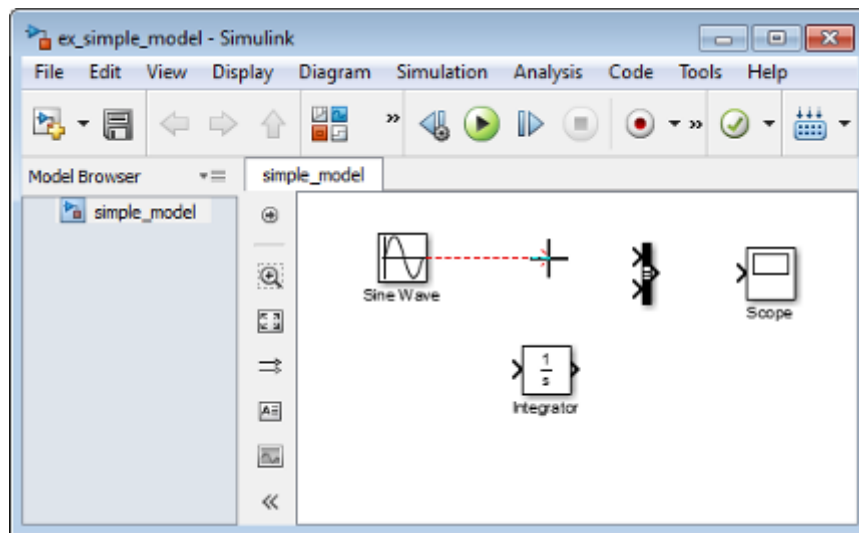
Ви підключаєте вихідні порти одних блоків до вхідних портів інших блоків за допомогою ліній. Лінії представляють сигнали, значення яких змінюються в часі.

Створення сигнальних ліній між блоками

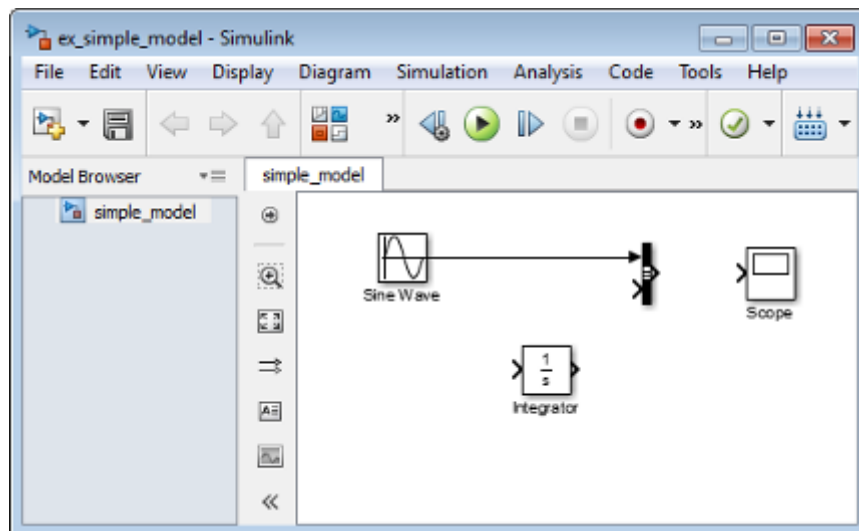
З'єднайте блоки, проводячи лінії між вихідними та вхідними портами. Для цього:

1. Помістіть курсор на вихідний порт з правого боку блоку Sine Wave. Вигляд покажчика зміниться і набуде вигляду хрестика (+).
2. Натисніть та перетягніть лінію з вихідного порту блоку Sine Wave до верхнього вхідного порту блоку Bus Creator.

Доки ви утримуєте кнопку миші, лінія з'єднання відображається у вигляді червоної пунктирної стрілки.



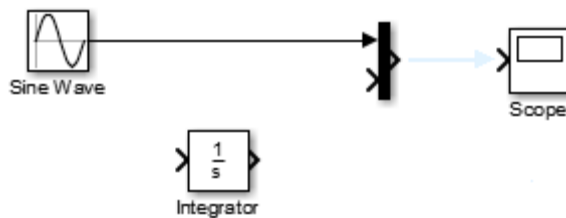
3. Відпустіть кнопку миші в той момент, коли вказівник перебуватиме над вхідним портом. Simulink з'єднає блоки лінією зі стрілкою, що вказує напрямок руху сигналу.



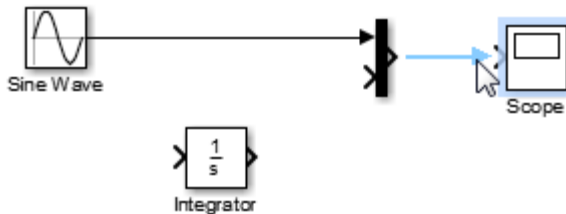
4. Підключіть вихідний порт блоку Integrator до нижнього вхідного порту блоку Bus Creator за допомогою клавіші Ctrl таким чином:
- Перейдіть до блоку Integrator.
 - Натисніть та утримуйте клавішу Ctrl.
 - Натисніть на блок Bus Creator.

Блок Integrator підключиться до блоку Bus Creator за допомогою сигнальної лінії.

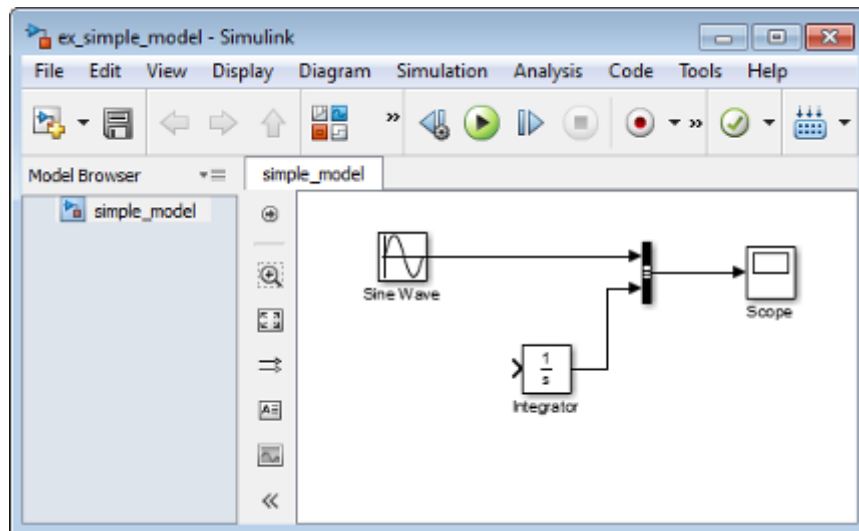
5. Підключіть блок Bus Creator до блоку Scope шляхом вирівнювання вхідних та вихідних портів уздовж однієї горизонтальної лінії:
- Натисніть та перетягніть блок Scope, доки його вхідний порт не опиниться на одній горизонтальній лінії з вихідним портом блоку Bus Creator. Коли блоки знаходяться на одній горизонтальній лінії, між портами з'являється лінія блакитного кольору.



- b) Відпустіть кнопку миші. Блакитна стрілка з'являється на екрані в якості запропонованого з'єднання.



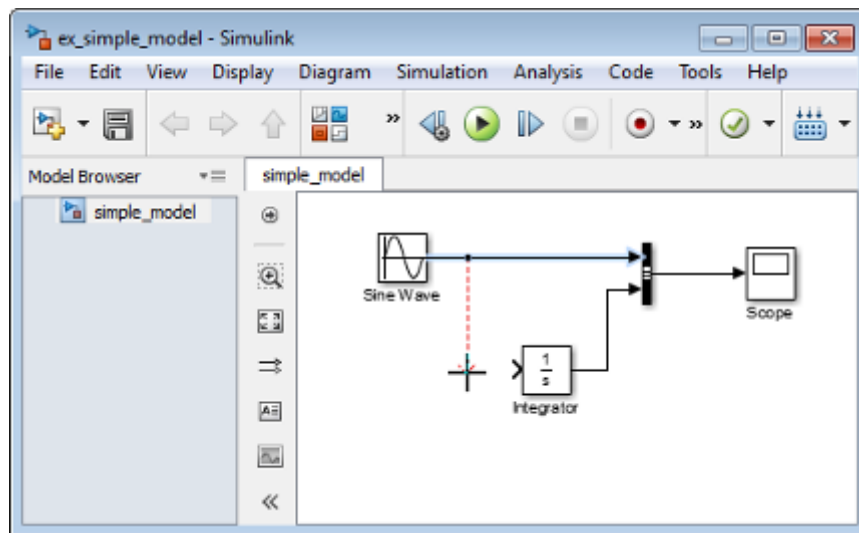
- c) Натисніть безпосередньо на синю стрілку. Лінія зі стрілкою змінюється на чорну лінію сигналу, яка з'єднує блоки.



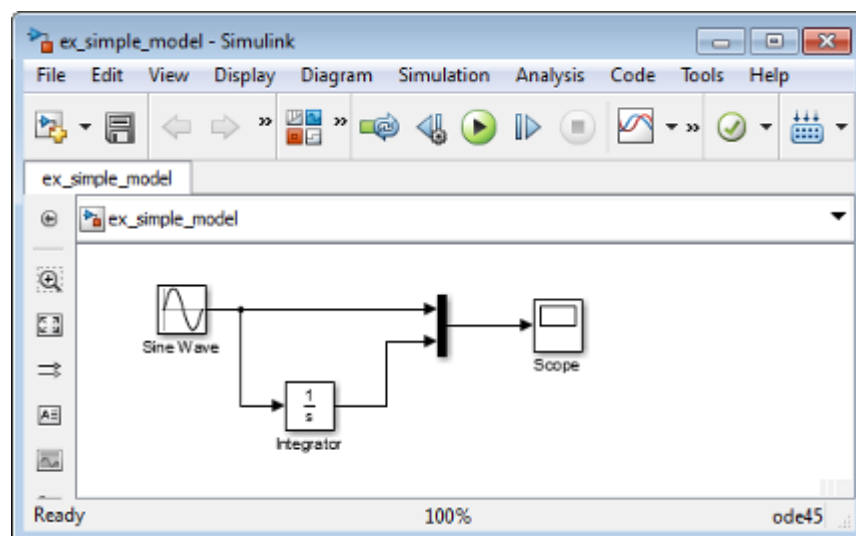
Розгалуження сигнальних ліній

Ваша проста модель майже завершена. Щоб завершити модель, підключіть блок Sine Wave до блоку Integrator. Це з'єднання дещо відрізняється від інших з'єднань, які були зроблені раніше та просто з'єднували вихідні порти із входними портами. Аби виконати це з'єднання необхідно:

1. Утримувати клавішу Ctrl.
2. Помістіть курсор у точку, де ви хочете почати відгалуження. Натисніть, а потім перетягніть курсор від лінії, щоб сформувану червоний пунктирний відрізок.




3. Перетягніть курсор на вхідний порт блоку Integrator, а потім відпустіть кнопку миші. Нова лінія під назвою *лінія відгалуження* несе той самий сигнал, що йде від блоку Sine Wave до блоку Bus Creator.
4. Перетягніть сегменти лінії, щоб направити лінії та вирівняти їх із блоками. Вашу модель завершено.



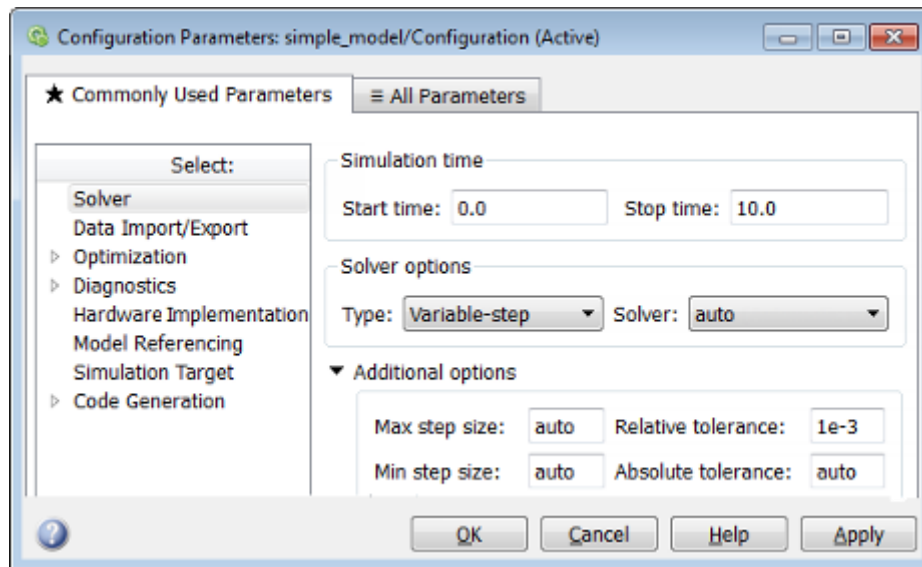
Визначення параметрів конфігурації

Перш ніж приступити до моделювання поведінки вашої моделі, ви можете змінити параметри конфігурації, прийняті за замовчуванням. Параметри конфігурації включають: визначення методу чисельного розв'язання диференціальних рівнянь (solver), час початку, час закінчення, а також максимальний розмір кроку.

1. У меню Simulink Editor виберіть Simulation (моделювання) > Model Configuration Parameters (Параметри конфігурації моделі). У діалоговому вікні Configuration Parameters (Параметри конфігурації) відкриється панель Solver.

Порада: В якості альтернативи ви можете відкрити діалогове вікно Model Configuration Parameters (Параметри конфігурації моделі), натиснувши кнопку параметрів  на панелі інструментів Simulink Editor.

- У полі Stop time (Час зупинки) введіть 20. У полі Max step size (Максимальний розмір кроку) вкажіть auto. Параметр Solver також встановіть у auto, у цьому випадку Simulink самостійно визначить найкращий метод чисельного розв'язання диференціальних рівнянь для моделювання вашої моделі.





- Натисніть ОК.

Запуск моделювання

Після того, як ви визначили параметри конфігурації, ви готові до моделювання роботи вашої системи.

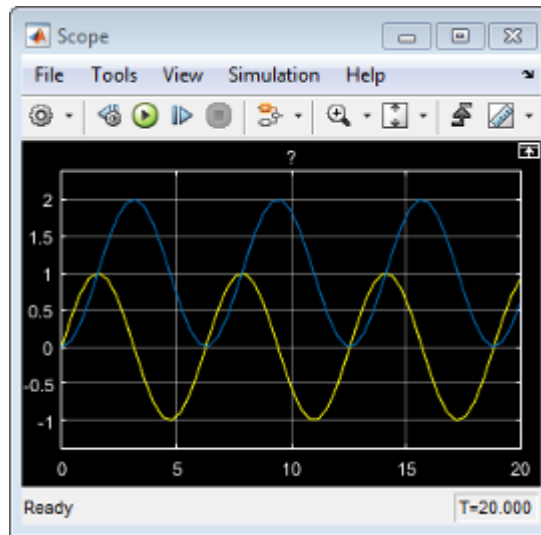
- У меню Simulink Editor виберіть Simulation (Моделювання) > Run (Запуск). Моделювання запускається і зупиняється, коли поточний час моделювання досягне часу зупинки, вказаного в діалоговому вікні Model Configuration Parameters («Параметри конфігурації моделі»).

Порада: В якості альтернативи ви можете керувати моделюванням, натискаючи кнопку Run (Запуск)  та кнопку Pause (Призупинити)  на панелі інструментів Simulink Editor або на панелі інструментів вікна Scope.

Перегляд результатів моделювання

Після виконання моделювання ви можете переглянути результати моделювання у вікні осцилографа Scope.

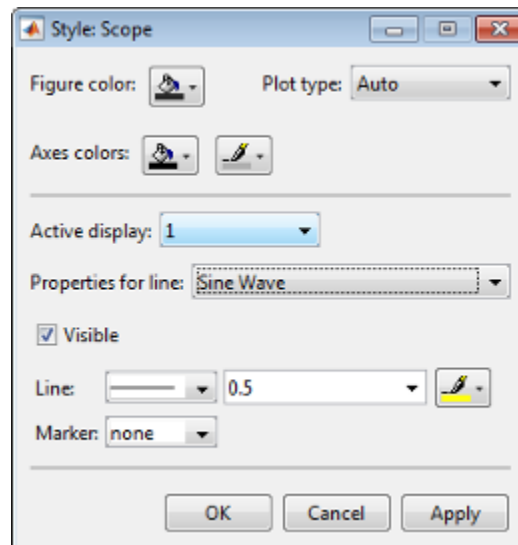
- Двічі клацніть лівою кнопкою мишки на блок Scope. Відкриється вікно Scope і відобразиться дисплей із результатами моделювання. Графік показує синусоїдальний сигнал разом з результуючим сигналом косинусоїдальної форми, отриманим в результаті проходження синусоїдального сигналу через інтегратор.



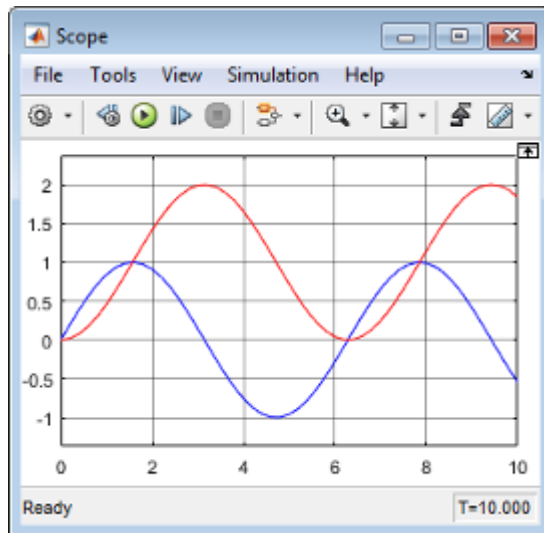
2. На панелі інструментів вікна Scope, клацніть кнопку Style (Стиль)



Відкриється діалогове вікно Style (Стиль) з параметрами дисплея.



3. Змініть зовнішній вигляд дисплея. Наприклад, виберіть білий в якості кольору дисплея та кольору фону осей (значки з глечиком).
4. Виберіть чорний колір для позначок та кольорів сітки (значок із пензлем).
5. Змініть колір лінії сигналу синусоїди на синій, а сигналу з виходу інтегратора – на червоний. Аби переглянути зміни, натисніть OK або Apply (Застосувати).



ОФОРМЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

Результати оформити у вигляді звіту. У звіті необхідно пояснити хід побудови моделі та навести результати моделювання у трьох різних режимах роботи генератора синусоїдальних коливань. Режим роботи генератора визначається значеннями амплітудою та частотою коливань. Режими (значення амплітуд та частот) вибираються довільно.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА ЗА КУРСОМ
"СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ"
№ КТ-02

Тема: Представлення числових даних в комп'ютері. Системи числення.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Система числення

Системою числення називається сукупність прийомів найменування та запису чисел. Кожне число зображується у вигляді послідовності цифр, а для зображення кожної цифри використовується деякий фізичний елемент, який може знаходитися в одному з декількох стійких станів.

Для проведення розрахунків у повсякденному житті загальноприйнятою є десяткова система числення. У цій системі для запису будь-яких чисел використовуються тільки десять різних знаків (цифр):

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.

Ці цифри введені для позначення десяти послідовних цілих чисел від 0 до 9. Позначаючи число «ДЕСЯТЬ», ми використовуємо вже наявні цифри 1 і 0: «10». При цьому значення кожної з цифр поставлено в залежність від того місця (позиції), де вона стоїть в зображенні числа. Така система числення називається *позиційною*. (Прикладом непозиційної системи числення є римська система числення).

У десятковій системі числення десять одиниць кожного розряду об'єднуються в одну одиницю сусіднього, більш старшого розряду.

Так, число 123,45 можна записати у вигляді виразу

$$123,45 = 1 \cdot 10^2 + 2 \cdot 10^1 + 3 \cdot 10^0 + 4 \cdot 10^{-1} + 5 \cdot 10^{-2}.$$

Аналогічно десятковий запис довільного числа x у вигляді послідовності цифр $a_n a_{n-1} \dots a_1 a_0, a_{-1} a_{-2} \dots a_{-m}$ засновано на представленні цього числа у вигляді полінома:

$$x = a_n \cdot 10^n + a_{n-1} \cdot 10^{n-1} + \dots + a_1 \cdot 10^1 + a_0 \cdot 10^0 + \\ + a_{-1} \cdot 10^{-1} + a_{-2} \cdot 10^{-2} + \dots + a_{-m} \cdot 10^{-m}$$

де a_i - десяткові цифри. В цьому випадку кома, що відокремлює цілу частину від дробової, є, по суті, початком відліку.

Число P одиниць будь-якого розряду, що об'єднуються в одиницю більш старшого розряду, називається *основою системи* числення, а сама система числення називається *P-ковою*. Так, в десятковій системі числення основою системи є число 10.

Для запису довільного числа в **P**-ковій системі числення досить мати **P** різних цифр. Цифри, що служать для позначення чисел в заданій системі числення називаються базисними.

Запис довільного числа **x** в позиційній системі числення з основою **P** у вигляді полінома:

$$x = a_n \cdot P^n + a_{n-1} \cdot P^{n-1} + \dots + a_1 \cdot P^1 + a_0 \cdot P^0 + a_{-1} \cdot P^{-1} + a_{-2} \cdot P^{-2} + \dots + a_{-m} \cdot P^{-m}$$

Кожен коефіцієнт даного запису може бути одним з базисних чисел і зображується однією цифрою. Числа в **P**-ковій системі числення записуються у вигляді переліку всіх коефіцієнтів полінома із зазначенням положення коми.

В якості базисних чисел зазвичай використовуються числа від 0 до **P-1** включно. Для вказування того, в якій системі числення записано число, основа системи вказується у вигляді нижнього індексу. В десятковому запису, наприклад: **12,438₁₀**.

Двійкова система числення

Для представлення чисел в комп'ютері використовується **двійкова система** числення.

В комп'ютері будь-який цифровий електричний сигнал може мати тільки два стійких стани: «високий рівень» і «низький рівень». У двійковій системі числення для зображення будь-якого числа використовуються дві цифри, відповідно: 0 і 1. Довільний число **x = a_na_{n-1}...a₁a₀,a₋₁a₋₂... a_{-m}** запишеться в двійковій системі числення як

$$x = a_n \cdot 2^n + a_{n-1} \cdot 2^{n-1} + \dots + a_1 \cdot 2^1 + a_0 \cdot 2^0 + a_{-1} \cdot 2^{-1} + a_{-2} \cdot 2^{-2} + \dots + a_{-m} \cdot 2^{-m}$$

де **a_i** - двійкові цифри (0 або 1).

Вісімкова система числення

У вісімковій системі числення базисними цифрами є цифри від 0 до 7. Вісім одиниць молодшого розряду об'єднуються в одиницю старшого.

Шістнадцяткова система числення

У шістнадцятковій системі числення базисними цифрами є цифри від 0 до 15 включно. Для позначення базисних чисел більше 9 одним символом крім арабських цифр 0...9 в шістнадцятковій системі числення використовуються літери латинського алфавіту:

$$\begin{array}{lll} 10_{10} = A_{16} & 12_{10} = C_{16} & 14_{10} = E_{16} \\ 11_{10} = B_{16} & 13_{10} = D_{16} & 15_{10} = F_{16} \end{array}$$

Наприклад, число 175_{10} в шістнадцятковій системі числення запишеться як AF_{16} . Дійсно,

$$10 \cdot 16^1 + 15 \cdot 16^0 = 160 + 15 = 175$$

В таблиці представлено числа від 0 до 16 в десятковій, двійковій, вісімковій та шістнадцятковій системах числення.

| Десяткова | Двійкова | Вісімкова | Шістнадцяткова |
|-----------|----------|-----------|----------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 10 | 2 | 2 |
| 3 | 11 | 3 | 3 |
| 4 | 100 | 4 | 4 |
| 5 | 101 | 5 | 5 |
| 6 | 110 | 6 | 6 |
| 7 | 111 | 7 | 7 |
| 8 | 1000 | 10 | 8 |
| 9 | 1001 | 11 | 9 |
| 10 | 1010 | 12 | A |
| 11 | 1011 | 13 | B |
| 12 | 1100 | 14 | C |
| 13 | 1101 | 15 | D |
| 14 | 1110 | 16 | E |
| 15 | 1111 | 17 | F |
| 16 | 10000 | 20 | 10 |

Двійково-восьмеричні та двійково-шістнадцяткові перетворення

Двійкова система числення зручна для виконання арифметичних дій апаратними засобами комп'ютера, але незручна для сприйняття людиною, оскільки вимагає великої кількості розрядів. Тому в обчислювальній техніці крім двійкової системи числення широке застосування знайшли восьмерична і шістнадцяткова системи числення для більш компактного представлення чисел.

Три розряди вісімкової системи числення реалізують всі можливі комбінації вісімкових цифр в двійковій системі числення: від 0 (000) до 7 (111). Щоб перетворити двійкове число в вісімкове, потрібно об'єднати двійкові цифри в групи по 3 розряди (тріади) справа наліво. При необхідності зліва від вихідного числа

потрібно додати незначущі нулі. Потім кожна тріада замінюється вісімковою цифрою.

Приклад: Перетворити число 1101110_2 в вісімкову систему числення. Об'єднуємо двійкові цифри в тріади справа наліво. Отримуємо $001\ 101\ 110_2 = 1568$.

Чотири розряду шістнадцяткової системи числення реалізують всі можливі комбінації шістнадцяткових цифр в двійковій системі числення: від 0 (0000) до F (1111). Щоб перетворити двійкове число в шістнадцяткове, потрібно об'єднати двійкові цифри в групи по 4 розряди (тетради) справа наліво. За необхідності зліва від вихідного числа потрібно додати незначущі нулі. Потім кожна тетрада замінюється шістнадцятковою цифрою.

Приклад: Перетворити число 1101110_2 в шістнадцяткову систему числення. Об'єднуємо двійкові цифри в тетради справа наліво. Отримуємо $0110\ 1110_2 = 6E_{16}$.

Переведення чисел в різні системи числення

Завдання переведення полягає в наступному: нехай запис числа x в системі числення з будь-якою основою P відомий:

$$x = p_n \cdot P^n + p_{n-1} \cdot P^{n-1} + \dots + p_1 \cdot P^1 + p_0 \cdot P^0 + p_{-1} \cdot P^{-1} + \dots + p_{-m} \cdot P^{-m}$$

де p_i - цифри P -кової системи. Потрібно знайти запис цього числа x в системі числення з основою Q :

$$x = q_u \cdot Q^u + q_{u-1} \cdot Q^{u-1} + \dots + q_1 \cdot Q^1 + q_0 \cdot Q^0 + q_{-1} \cdot Q^{-1} + \dots + q_{-v} \cdot Q^{-v}$$

де q_i - шукані цифри Q -кової системи.

Для переведення будь-якого числа досить окремо перевести його цілу і дробову частини.

Переведення цілих чисел

Представимо число x в Q -ковій системі у вигляді полінома

$$x = q_u \cdot Q^u + q_{u-1} \cdot Q^{u-1} + \dots + q_1 \cdot Q^1 + q_0 \cdot Q^0$$

Поділимо обидві частини цієї рівності на основу шуканої системи числення Q , під час чого в лівій частині зробимо фактичне ділення, оскільки запис числа x в P -ковій системі нам відомий, а в правій частині ділення виконаємо аналітично:

$$x/Q = q_u \cdot Q^{u-1} + q_{u-1} \cdot Q^{u-2} + \dots + q_1 \cdot Q^0; \quad q_0 - \text{залишок від ділення}$$

Таким чином, молодший коефіцієнт числа x в Q -ковій системі числення є залишком від ділення x на Q . Число x/Q є цілим, і до нього теж можна застосувати описану процедуру:

$$x/Q^2 = q_u \cdot Q^{u-2} + q_{u-1} \cdot Q^{u-3} + \dots + q_2 \cdot Q^0; \quad q_1 - \text{залишок від ділення}$$

Цей процес триває до того часу, доки не отримано $x/Q = 0$. Для запису числа x в Q -ковій системі числення запишемо кожен з отриманих коефіцієнтів q_i однією Q -ковою цифрою:

$$x_Q = q_u q_{u-1} \dots q_1 q_0$$

Приклад 1: Перевести число 47_{10} в двійкову систему числення ($Q = 2$).

$$\begin{array}{r|l} 47 & 2 \\ \hline 46 & 23 \\ \hline 1 & 11 \\ & 5 \\ & 2 \\ & 1 \\ & 2 \\ & 1 \end{array} \quad \begin{array}{r|l} 23 & 2 \\ \hline 22 & 11 \\ \hline 1 & 5 \\ & 2 \\ & 1 \\ & 2 \\ & 1 \end{array} \quad \begin{array}{r|l} 11 & 2 \\ \hline 10 & 5 \\ \hline 1 & 2 \\ & 1 \\ & 2 \\ & 1 \end{array} \quad \begin{array}{r|l} 5 & 2 \\ \hline 4 & 2 \\ \hline 1 & 2 \\ & 1 \end{array} \quad \begin{array}{r|l} 2 & 2 \\ \hline 2 & 1 \end{array}$$

Шукане число $47_{10} = 101111_2$.

Приклад 2: Перевести число 3060_{10} в шістнадцяткову систему числення ($Q = 16$).

$$\begin{array}{r|l} 3060 & 16 \\ \hline 3056 & 191 \\ \hline 4 & 11 \\ & 15 \end{array} \quad \begin{array}{r|l} 191 & 16 \\ \hline 176 & 11 \\ \hline 15 & \end{array}$$

Таким чином, $4_{10} = 4_{16}$, $15_{10} = F_{16}$, $11_{10} = B_{16}$. Шукане число $3060_{10} = BF4_{16}$.

Переведення дробових чисел

Нехай необхідно перевести в Q -кову систему правильний дріб x ($0 < x < 1$), заданий в P -ковій системі числення.

Оскільки $x < 1$, то в Q -ковій системі запис числа x матиме вигляд

$$x = q_{-1} \cdot Q^{-1} + q_{-2} \cdot Q^{-2} + \dots + q_{-v} \cdot Q^{-v}$$

Помноживши обидві частини цього виразу на Q , одержуємо

$$x \cdot Q = q_{-1} \cdot Q^0 + q_{-2} \cdot Q^{-1} + \dots + q_{-v} \cdot Q^{-v+1}$$

де q_{-1} є цілою частиною, а $(x \cdot Q - q_{-1})$ – правильний дріб. Таким чином, шукані коефіцієнти q_i можуть бути визначені за формулою

$$q_{-(i+1)} = [x_i \cdot Q^i]$$

де [] - ціла частина. Процес триває до тих пір, поки не буде отримано $x_{i+1}=0$, або не буде досягнута необхідна точність числа.

Приклад 3: Перевести число $0,273_{10}$ в двійкову систему числення

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| $\times \begin{array}{r} 0,273 \\ 2 \\ \hline 0,546 \\ \times 2 \\ \hline 1,092 \end{array}$ | $\times \begin{array}{r} 0,092 \\ 2 \\ \hline 0,184 \\ \times 2 \\ \hline 0,368 \end{array}$ | $\times \begin{array}{r} 0,368 \\ 2 \\ \hline 0,736 \\ \times 2 \\ \hline 1,472 \end{array}$ | $\times \begin{array}{r} 0,472 \\ 2 \\ \hline 0,944 \\ \times 2 \\ \hline 1,888 \end{array}$ | $\times \begin{array}{r} 0,888 \\ 2 \\ \hline 1,776 \\ \times 2 \\ \hline 1,552 \end{array}$ |
|--|--|--|--|--|

Шукане число $x = 0,273_{10} = 0,0100010111 \dots_2$.

Порядок виконання роботи

Завдання виконуються за варіантами. Номер варіанта відповідає порядковому номеру прізвища студента у списку групи.

Завдання №1

Перевести число з 10-кової системи в двійкову, вісімкову і шістнадцяткову системи, використовуючи 16-розрядний код.

| Варіант | Десяткова | Двійкова | Вісімкова | Шістнадцяткова |
|---------|-----------|----------|-----------|----------------|
| 1 | 44 | | | |
| | 880 | | | |
| | 13276 | | | |
| 2 | 25 | | | |
| | 999 | | | |
| | 44333 | | | |
| 3 | 35 | | | |
| | 726 | | | |
| | 18723 | | | |
| 4 | 58 | | | |
| | 777 | | | |
| | 20000 | | | |
| 5 | 27 | | | |
| | 687 | | | |
| | 14567 | | | |
| 6 | 13 | | | |
| | 275 | | | |
| | 22256 | | | |
| 7 | 39 | | | |
| | 413 | | | |
| | 19999 | | | |

| Варіант | Десяткова | Двійкова | Вісімкова | Шістнадцяткова |
|----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------------|
| 8 | 41 | | | |
| | 333 | | | |
| | 32333 | | | |
| 9 | 68 | | | |
| | 925 | | | |
| | 24516 | | | |
| 10 | 99 | | | |
| | 743 | | | |
| | 38787 | | | |
| 11 | 48 | | | |
| | 625 | | | |
| | 23692 | | | |
| 12 | 75 | | | |
| | 489 | | | |
| | 36255 | | | |

Завдання №2

Перевести число з двійкової системи в 16-ти бітному кодуванні у вісімкову, шістнадцяткову і десяткову системи.

| Варіант | Двійкова | Вісімкова | Шістнадцяткова | Десяткова |
|----------------|------------------|------------------|-----------------------|------------------|
| 1 | 10010 | | | |
| | 101111010 | | | |
| | 11000111010100 | | | |
| 2 | 101001 | | | |
| | 1000101011 | | | |
| | 1010011100100001 | | | |
| 3 | 100110 | | | |
| | 1110000100 | | | |
| | 1110100101100010 | | | |
| 4 | 110110 | | | |
| | 1101011000 | | | |
| | 1100001101010000 | | | |
| 5 | 111101 | | | |
| | 101101101 | | | |
| | 100010111000 | | | |
| 6 | 10011 | | | |
| | 100010101 | | | |
| | 11100011011011 | | | |
| 7 | 111101 | | | |
| | 1000000101 | | | |
| | 101001101011101 | | | |

| Варіант | Двійкова | Вісімкова | Шістнадцяткова | Десяткова |
|----------------|-----------------|------------------|-----------------------|------------------|
| 8 | 1010011 | | | |
| | 1011101001 | | | |
| | 10111111101011 | | | |
| 9 | 111001 | | | |
| | 1100100001 | | | |
| | 100100000001011 | | | |
| 10 | 1010001 | | | |
| | 100101011 | | | |
| | 10111001110011 | | | |
| 11 | 1001101 | | | |
| | 1010100101 | | | |
| | 101110101010100 | | | |
| 12 | 1100010 | | | |
| | 101011011 | | | |
| | 10100011010111 | | | |

Оформлення результатів

Результати оформити у вигляді звіту.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА ЗА КУРСОМ
"СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ"
№ КТ-03

Тема: Операції з двійковими числами.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Двійкова арифметика

Виконання арифметичних дій в будь-яких позиційних системах числення проводиться за тими самими правилами, які використовуються в десятковій системі числення. Так само, як і в десятковій системі числення, для виконання арифметичних дій необхідно знати таблиці додавання (віднімання) і множення.

Таблиця додавання, віднімання та множення для двійкової системи числення:

| Додавання | Віднімання | Множення |
|--------------|--------------|-----------------|
| $0 + 0 = 0$ | $0 - 0 = 0$ | $0 \cdot 0 = 0$ |
| $0 + 1 = 1$ | $1 - 0 = 1$ | $0 \cdot 1 = 0$ |
| $1 + 0 = 1$ | $1 - 1 = 0$ | $1 \cdot 0 = 0$ |
| $1 + 1 = 10$ | $10 - 1 = 1$ | $1 \cdot 1 = 1$ |

В випадках, коли займається одиниця старшого розряду, вона дає дві одиниці молодшого розряду. Якщо займається одиниця через кілька розрядів, то вона дає одиниці у всіх проміжних нульових розрядах і дві одиниці в молодшому нульовому розряді.

$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{r}
 \overset{\rightarrow}{1}011 \\
 + \overset{\rightarrow}{1}010 \\
 \hline
 10101
 \end{array} \\
 11 + 10 = 21
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 \begin{array}{r}
 \overset{\rightarrow}{1}0110 \\
 - \overset{\rightarrow}{1}001 \\
 \hline
 1101
 \end{array} \\
 22 - 9 = 13
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 \begin{array}{r}
 \overset{\rightarrow}{1}0000 \\
 - \overset{\rightarrow}{1}1 \\
 \hline
 1101
 \end{array} \\
 16 - 3 = 13
 \end{array}$$

Розглянемо операції множення і ділення двійкових чисел.

$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{r}
 \times 1101 \\
 101 \\
 \hline
 1101 \\
 + 0000 \\
 1101 \\
 \hline
 100001
 \end{array} \\
 13 \cdot 5 = 65
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 \begin{array}{r}
 1000110 \mid 111 \\
 - 111 \\
 \hline
 00111 \\
 - 111 \\
 \hline
 00
 \end{array} \\
 70 : 7 = 10
 \end{array}$$

Знаючи операції двійковій арифметики, можна переводити числа з двійкової системи числення в будь-яку іншу.

Приклад: Перевести число 101111011_2 в десяткову систему числення.

Оскільки $10_{10} = 1010_2$, запишемо

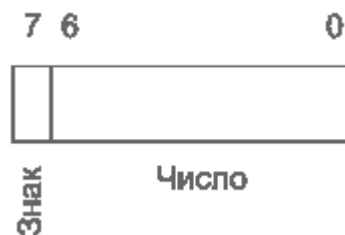
$$\begin{array}{r}
 101111011 \quad | \quad 1010 \\
 - 1010 \quad \quad | \quad 100101 \quad | \quad 1010 \\
 \hline
 1110 \quad \quad \quad | \quad 1010 \quad | \quad 11 \\
 - 1010 \quad \quad \quad | \quad 10001 \quad | \\
 \hline
 10011 \quad \quad \quad | \quad 1010 \quad | \\
 - 1010 \quad \quad \quad | \quad 111 \quad | \\
 \hline
 1001 \quad \quad \quad | \quad \quad \quad |
 \end{array}$$

Отримані залишки: $1001_2 = 9_{10}$, $111_2 = 7_{10}$, $11_2 = 3_{10}$.

Шукане число $101111011_2 = 379_{10}$.

Прямий, зворотний та додатковий коди

Дуже часто в обчисленнях повинні використовуватися не тільки позитивні, але і негативні числа. Число зі знаком в обчислювальній техніці представляється шляхом подання старшого розряду числа в якості **знакового**. Прийнято вважати, що 0 в знаковому розряді означає знак «плюс» для даного числа, а 1 – знак «мінус».



Виконання арифметичних операцій над числами з різними знаками є досить складною процедурою для апаратної частини комп'ютера, оскільки в цьому випадку потрібно визначити, яке число є більшим за модулем, зробити віднімання і привласнити різниці знак більшого за модулем числа.

Застосування додаткового коду дозволяє виконати операцію алгебраїчного підсумовування і віднімання на звичайному суматорі. При цьому не потрібно визначати модуль та знак числа.

Прямий код має однакове представлення значущої частини числа для позитивних і негативних чисел і відрізняється тільки знаковим бітом. У прямому коді число 0 має два вистави «0» і «-0».

Зворотний код для позитивних чисел має той самий вигляд, що і прямий код. Для негативних чисел зворотний код утворюється з прямого коду позитивного числа шляхом інвертування всіх значущих розрядів прямого коду (знаковий розряд, тобто старший розряд не інвертується!). У зворотному коді число 0 також має два представлення: «0» і «-0».

Додатковий код для позитивних чисел має той самий вигляд, що і прямий код. Для негативних чисел додатковий код утворюється шляхом додавання 1 до зворотного коду. Додавання 1 до зворотного коду числа 0 надає можливість отримати єдине представлення числа 0 в додатковому коді. Однак це призводить до асиметрії діапазонів представлення чисел відносно нуля. Так, якщо для запису числа x виділено вісім розрядів, то з урахуванням знаку діапазон чисел, які можуть бути записані в ці 8 розрядів, має такі межі:

$$-128 \leq x \leq +127$$

тобто негативних чисел можна записати на одне більше, ніж позитивних. А всього цих чисел разом з нулем 256, оскільки 8 розрядів мають $2^8=256$ можливих станів (від 00000000 до 11111111).

Таблиця прямого, зворотного і додаткового коду 4-бітних чисел.

| Число | Прямий код | Зворотний код | Додатковий код |
|-------|------------|---------------|----------------|
| -8 | - | - | 1000 |
| -7 | 1111 | 1000 | 1001 |
| -6 | 1110 | 1001 | 1010 |
| -5 | 1101 | 1010 | 1011 |
| -4 | 1100 | 1011 | 1100 |
| -3 | 1011 | 1100 | 1101 |
| -2 | 1010 | 1101 | 1110 |
| -1 | 1001 | 1110 | 1111 |
| -0 | 1000 | 1111 | 0000 |
| 0 | 0000 | 0000 | 0000 |
| 1 | 0001 | 0001 | 0001 |
| 2 | 0010 | 0010 | 0010 |
| 3 | 0011 | 0011 | 0011 |
| 4 | 0100 | 0100 | 0100 |
| 5 | 0101 | 0101 | 0101 |
| 6 | 0110 | 0110 | 0110 |
| 7 | 0111 | 0111 | 0111 |

Додавання та віднімання чисел зі знаком у додатковому коді

Якщо обидва числа мають n -розрядне представлення, то алгебраїчна сума буде отримана за правилами двійкового складання (включаючи знаковий розряд), якщо відкинути можливе перенесення з старшого розряду. Якщо числа належать до діапазону представлення даних, але мають різні знаки, то сума завжди буде

лежати в цьому діапазоні. Переповнення може мати місце, якщо обидва з доданків мають однакові знаки.

Приклад 1: $6 - 4 = ?$

6 – позитивне число з кодом 0110

-4 – негативне число з додатковим кодом 1100

$$\begin{array}{r} 0110 \\ + 1100 \\ \hline 10010 \end{array} \text{(перенесення ігнорується): } 6 - 4 = 2.$$

Приклад 2: $-5 + 2 = ?$

2 – позитивне число з кодом 0010

-5 – негативне число з додатковим кодом 1011

$$\begin{array}{r} 1011 \\ + 0010 \\ \hline 1101 \end{array}$$

Число з кодом 1101 є негативним, оскільки маємо одиницю в старшому (знаковому) розряді. Модуль цього числа має код $0011_2 = 3_{10}$. Тобто відповідь: -3.

Порядок виконання роботи

Завдання виконуються за варіантами. Номер варіанта відповідає порядковому номеру прізвища студента у списку групи.

Завдання №1

Перевести наступні числа в прямий 16-ти розрядний двійковий код, зворотний та додатковий 16-розрядний двійкові коди.

| Варіант | Десяткова | Прямий | Зворотний | Додатковий |
|---------|-----------|--------|-----------|------------|
| 1 | 44 | | | |
| | 880 | | | |
| | 13276 | | | |
| | -44 | | | |
| | -880 | | | |
| | -13276 | | | |
| 2 | 25 | | | |
| | 999 | | | |
| | 24333 | | | |
| | -25 | | | |
| | -999 | | | |
| | -24333 | | | |
| 3 | 35 | | | |
| | 726 | | | |
| | 18723 | | | |
| | -35 | | | |
| | -726 | | | |

| Варіант | Десяткова | Прямий | Зворотний | Додатковий |
|---------|-----------|--------|-----------|------------|
| | -18723 | | | |
| 4 | 58 | | | |
| | 777 | | | |
| | 20000 | | | |
| | -58 | | | |
| | -777 | | | |
| | -20000 | | | |
| 5 | 27 | | | |
| | 687 | | | |
| | 14567 | | | |
| | -27 | | | |
| | -687 | | | |
| | -14567 | | | |
| 6 | 13 | | | |
| | 275 | | | |
| | 22256 | | | |
| | -13 | | | |
| | -275 | | | |
| | -22256 | | | |
| 7 | 39 | | | |
| | 413 | | | |
| | 19999 | | | |
| | -39 | | | |
| | -413 | | | |
| | -19999 | | | |
| 8 | 41 | | | |
| | 333 | | | |
| | 32333 | | | |
| | -41 | | | |
| | -333 | | | |
| | -32333 | | | |
| 9 | 68 | | | |
| | 925 | | | |
| | 24516 | | | |
| | -68 | | | |
| | -925 | | | |
| | -24516 | | | |
| 10 | 99 | | | |
| | 743 | | | |
| | 38787 | | | |
| | -99 | | | |
| | -743 | | | |
| | -38787 | | | |

| Варіант | Десяткова | Прямий | Зворотний | Додатковий |
|---------|-----------|--------|-----------|------------|
| 11 | 48 | | | |
| | 625 | | | |
| | 23692 | | | |
| | -48 | | | |
| | -625 | | | |
| | -23692 | | | |
| 12 | 75 | | | |
| | 489 | | | |
| | 36255 | | | |
| | -75 | | | |
| | -489 | | | |
| | -36255 | | | |

Завдання №2

Виконати додавання та множення двох двійкових чисел.

| Варіант | Перше число | Друге число | Сума | Добуток |
|---------|-------------|-------------|------|---------|
| 1 | 10010 | 101001 | | |
| | 101111010 | 1000101011 | | |
| 2 | 101001 | 100110 | | |
| | 1000101011 | 1110000100 | | |
| 3 | 100110 | 110110 | | |
| | 1110000100 | 1101011000 | | |
| 4 | 110110 | 111101 | | |
| | 1101011000 | 101101101 | | |
| 5 | 111101 | 10011 | | |
| | 101101101 | 100010101 | | |
| 6 | 10011 | 111101 | | |
| | 100010101 | 1000000101 | | |
| 7 | 111101 | 1010011 | | |
| | 1000000101 | 1011101001 | | |
| 8 | 1010011 | 111001 | | |
| | 1011101001 | 1100100001 | | |
| 9 | 111001 | 1010001 | | |
| | 1100100001 | 100101011 | | |
| 10 | 1010001 | 1001101 | | |
| | 100101011 | 1010100101 | | |
| 11 | 1001101 | 1100010 | | |
| | 1010100101 | 101011011 | | |
| 12 | 1100010 | 10010 | | |
| | 101011011 | 101111010 | | |

Завдання №3

Використовуючи представлення чисел в додатковому коді, отримане при виконанні завдання №1, провести наступні арифметичні операції над двійковими числами, представленими в додатковому 16-розрядному коді. Отриманий результат перевести в десяткову форму.

| Варіант | Операція | Результат | |
|---------|------------|---------------|----------------|
| | | Двійковий код | Десятковий код |
| 1 | 44+880 | | |
| | -880+44 | | |
| | 13276-880 | | |
| | 13276+880 | | |
| | -880-44 | | |
| | -13276-880 | | |
| 2 | 25+999 | | |
| | -999+25 | | |
| | 24333-999 | | |
| | -24333+999 | | |
| | -999-25 | | |
| | -24333-999 | | |
| 3 | 35+726 | | |
| | -726+35 | | |
| | 18723-726 | | |
| | -18723+726 | | |
| | -726-35 | | |
| | -18723-726 | | |
| 4 | 58+777 | | |
| | -777+58 | | |
| | 20000-777 | | |
| | -20000+777 | | |
| | -777-58 | | |
| | -20000-777 | | |
| 5 | 27+687 | | |
| | -687+27 | | |
| | 14567-687 | | |
| | -27+687 | | |
| | -687-27 | | |
| | -14567-687 | | |
| 6 | 13+275 | | |
| | -275+13 | | |
| | 22256-275 | | |
| | -13+275 | | |
| | -275-13 | | |
| | -22256-275 | | |

| Варіант | Операція | Результат | |
|---------|------------|---------------|----------------|
| | | Двійковий код | Десятковий код |
| 7 | 39+413 | | |
| | -413+39 | | |
| | 19999-413 | | |
| | -39+413 | | |
| | -413-39 | | |
| | -19999-413 | | |
| 8 | 41+333 | | |
| | -333+41 | | |
| | 32333-333 | | |
| | -41+333 | | |
| | -333-41 | | |
| | -32333-333 | | |
| 9 | 68+925 | | |
| | -925+68 | | |
| | 24516-925 | | |
| | -68+925 | | |
| | -925-68 | | |
| | -24516-925 | | |
| 10 | 99+743 | | |
| | -743+99 | | |
| | 38787-743 | | |
| | -99+743 | | |
| | -743-99 | | |
| | -38787-743 | | |
| 11 | 48+625 | | |
| | -625+48 | | |
| | 23692-625 | | |
| | -48+625 | | |
| | -625-48 | | |
| | -23692-625 | | |
| 12 | 75+489 | | |
| | -489+75 | | |
| | 36255-489 | | |
| | -75+489 | | |
| | -489-75 | | |
| | -36255-489 | | |

Оформлення результатів

Результати оформити у вигляді звіту.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ПО КУРСУ "ПРОГРАМНИ ТА АПАРАТНІ ЗАСОБИ
КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ "
№ КТ-04**

Тема: Выполнение побитовых операций с байтами данных в системе SIMULINK.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Основные логические операции (AND, OR, XOR, NOT)

Бит – это минимальная единица информации. Бит хранит одно из двух значений – 0 (FALSE) или 1 (TRUE). Одна битовая ячейка может находиться только в одном из двух возможных состояний: 1 или 0. Для манипуляций с битами существуют отдельные операции. Эти операции называются логическими или булевыми операциями. Ниже приведены основные логические операции. Используя эти четыре логические операции, можно получить любой возможный результат. Все эти операции могут быть применены к любому отдельно взятому биту.

Логическая операция И (AND)

Обозначение AND: &

Логическая операция И выполняется с двумя битами, назовем их a и b . Результат выполнения логической операции И будет равен единице только тогда, когда a и b одновременно равны единице. Во всех остальных случаях результат будет равен нулю. Ниже приводится таблица истинности логической операции AND.

| a (бит 1) | b (бит 2) | a (бит 1) & b (бит 2) |
|-------------|-------------|---------------------------|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

Логическая операция ИЛИ (OR)

Обозначение OR: |

Логическая операция ИЛИ выполняется с двумя битами (a и b). Результат выполнения логической операции ИЛИ будет равен нулю, если a и b одновременно равны нулю. Во всех остальных случаях результат равен единице. Ниже приводится таблица истинности логической операции OR.

| <i>a (бит 1)</i> | <i>b (бит 2)</i> | <i>a(бит 1) b(бит 2)</i> |
|------------------|------------------|----------------------------|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

Логическая операция исключающее ИЛИ (XOR)

Обозначение XOR: \wedge

Логическая операция исключающее ИЛИ выполняется с двумя битами (*a* и *b*). Результат выполнения логической операции XOR будет равен единице, если биты *a* и *b* отличаются друг от друга, то есть тогда, когда один из битов равен единице, а второй равен нулю. Во всех остальных случаях результат равен нулю. Ниже приводится таблица истинности логической операции исключающее ИЛИ.

| <i>a (бит 1)</i> | <i>b (бит 2)</i> | <i>a(бит 1) ^ b(бит 2)</i> |
|------------------|------------------|----------------------------|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

Логическая операция НЕ (NOT)

Обозначение NOT: \sim

Логическая операция НЕ выполняется с одним битом. Результат выполнения зависит от состояния бита. Если бит находился в нулевом состоянии, то результат выполнения NOT будет равен единице и наоборот. Ниже приводится таблица истинности логической операции НЕ.

| <i>a (бит 1)</i> | <i>~ a (отрицание бита)</i> |
|------------------|-----------------------------|
| 0 | 1 |
| 1 | 0 |

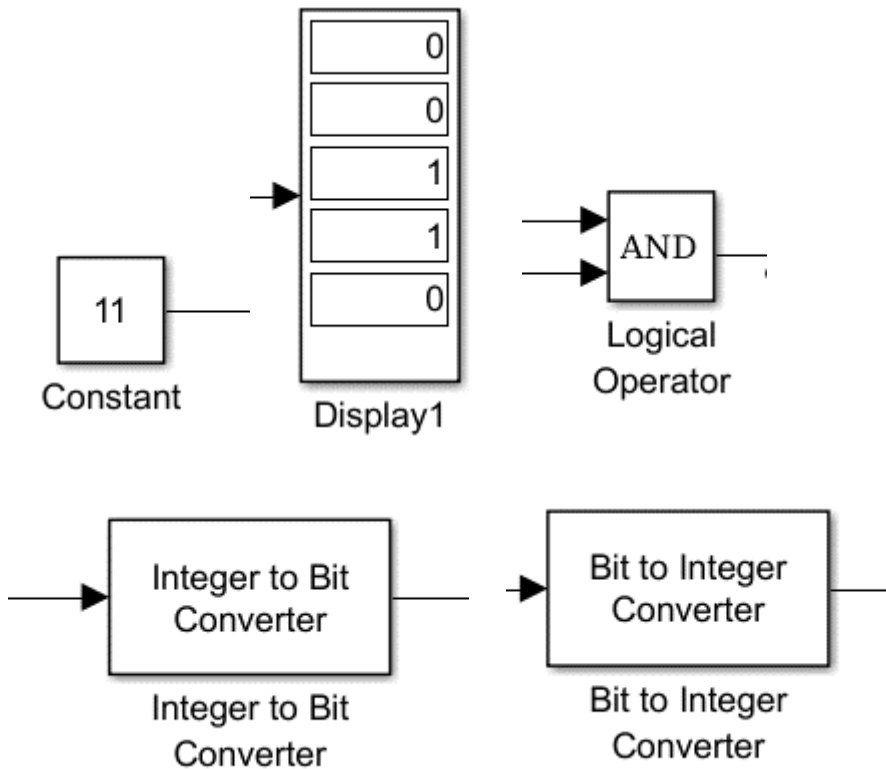
ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Задания выполняются по вариантам. Номер варианта соответствует порядковому номеру фамилии студента в списке группы.

Задание №1

Пользуясь следующими элементами SIMULINK выполнить приведенные в таблице операции.

Элементы:



1. Каждое число, представленное в десятичной форме, перевести в двоичную систему и представить результат в виде байта.
2. Для каждого числа, представленного в двоичном коде, выполнить операцию побитового отрицания NOT и представить результат в двоичном коде (байт) и затем в десятичном.
3. Для каждой пары чисел выполнить побитовые операции AND, OR, XOR. Результат продемонстрировать в виде содержания байта и в десятичном виде.

| № вар | № пары | Число | NOT | | AND | | OR | | XOR | |
|-------|--------|-------|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|
| | | | байт | дес | байт | дес | байт | дес | байт | дес |
| 1 | 1 | 6 | | | | | | | | |
| | | 11 | | | | | | | | |
| | 2 | 12 | | | | | | | | |
| | | 4 | | | | | | | | |
| | 3 | 8 | | | | | | | | |
| | | 15 | | | | | | | | |
| 2 | 1 | 3 | | | | | | | | |
| | | 8 | | | | | | | | |
| | 2 | 14 | | | | | | | | |
| | | 1 | | | | | | | | |
| | 3 | 12 | | | | | | | | |
| | | 5 | | | | | | | | |
| 3 | 1 | 8 | | | | | | | | |
| | | 1 | | | | | | | | |
| | 2 | 7 | | | | | | | | |
| | | 7 | | | | | | | | |
| | 3 | 13 | | | | | | | | |
| | | 6 | | | | | | | | |
| 4 | 1 | 4 | | | | | | | | |
| | | 11 | | | | | | | | |
| | 2 | 7 | | | | | | | | |
| | | 5 | | | | | | | | |
| | 3 | 9 | | | | | | | | |
| | | 13 | | | | | | | | |
| 5 | 1 | 2 | | | | | | | | |
| | | 12 | | | | | | | | |
| | 2 | 9 | | | | | | | | |
| | | 6 | | | | | | | | |
| | 3 | 14 | | | | | | | | |
| | | 14 | | | | | | | | |

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты оформить в виде отчета.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ПО КУРСУ "ПРОГРАМНІ ТА АПАРАТНІ ЗАСОБИ
КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІХ ТЕХНОЛОГІЙ"
№ КТ-05

Тема: Кодирование и декодирование сигналов.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Классы сигналов

Сигналы могут быть **непрерывными** и **дискретными**. В связи с этим сигналы можно разделить на следующие классы:

- а) произвольные по величине и непрерывные по времени (рис. 1.1, а);
- б) произвольные по величине и дискретные по времени (рис. 1.1, б);
- в) квантованные по величине и непрерывные по времени (рис. 1.1, в);
- г) квантованные по величине и дискретные по времени (рис. 1.1, г).

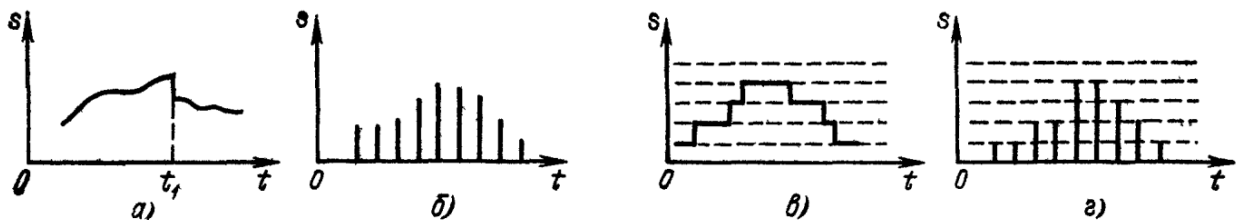


Рис. 1.1. Сигналы произвольные по величине и по времени (а), произвольные по величине и дискретные по времени (б), квантованные по величине и непрерывные по времени (в), квантованные по величине и дискретные по времени (г)

Сигналы первого класса (рис. 1.1а) называют **аналоговыми** или непрерывными, так как они задаются по оси времени на несчетном множестве точек. Такие множества называют континуальными. При этом по оси ординат сигналы могут принимать любое значение в определенном интервале. Эти сигналы могут иметь разрывы, как, например, на рис. 1.1а.

На рис. 1.1б представлен сигнал, заданный при дискретных значениях времени t (на счетном множестве точек); величина же сигнала в этих точках может принимать любое значение в определенном интервале по оси ординат (как и на рис. 1.1а). Таким образом, термин **дискретный** характеризует не сам сигнал, а способ задания его на временной оси. Дискретные сигналы могут создаваться непосредственно источником информации (например, дискретными датчиками в системах управления или телеметрии) или образовываться в результате дискретизации континуальных сигналов.

Сигнал на рис. 1.1 в задан на всей временной оси, однако его величина может принимать лишь дискретные значения. В подобных случаях говорят о сигнале, квантованном по уровню.

В дальнейшем термин дискретный будет применяться только по отношению к дискретизации по времени; дискретность же по уровню будет обозначаться термином **квантование**.

Квантование используют при представлении сигналов в цифровой форме с помощью цифрового кодирования, поскольку уровни можно пронумеровать числами с конечным числом разрядов. Поэтому дискретный по времени и квантованный по уровню сигнал (рис. 1.1г) называется цифровым.

Таким образом, можно различать: аналоговые (рис. 1.1а), дискретные (рис. 1.1б), квантованные (рис. 1.2в) и цифровые (рис. 1.2г) сигналы. Каждому из этих классов сигналов можно поставить в соответствие аналоговую, дискретную или цифровую цепи.

Аналого-цифровое преобразование сигналов.

Для преобразования любого аналогового сигнала (звука, изображения) в цифровую форму необходимо выполнить три основные операции: дискретизацию, квантование и кодирование.

Дискретизация - представление непрерывного аналогового сигнала последовательностью его значений (отсчетов). Эти отсчеты берутся в моменты времени, отделенные друг от друга интервалом, который называется интервалом или шагом дискретизации. Величину, обратную интервалу между отсчетами, называют частотой дискретизации.

Квантование представляет собой замену величины отсчета сигнала ближайшим значением из набора фиксированных величин - уровней квантования. Другими словами, квантование - это округление величины отсчета. Уровни квантования делят весь диапазон возможного изменения значений сигнала на конечное число интервалов - шагов квантования. Расположение уровней квантования обусловлено шкалой квантования. Используются как равномерные, так и неравномерные шкалы.

Цифровое кодирование. Квантованный сигнал, в отличие от исходного аналогового, может принимать только конечное число значений. Это позволяет представить его в пределах каждого интервала дискретизации числом, равным порядковому номеру уровня квантования. В свою очередь это число можно выразить комбинацией некоторых знаков или символов. Совокупность знаков (символов) и система правил, при помощи которых данные представляются в виде набора символов, называют кодом. Конечная последовательность кодовых символов называется кодовым словом. Квантованный сигнал можно преобразовать в последовательность кодовых слов. Эта операция и называется кодированием.

Каждое кодовое слово передается в пределах одного интервала дискретизации. Для кодирования сигналов звука и изображения широко применяют двоичный код. Если квантованный сигнал может принимать N значений, то число двоичных символов в каждом кодовом слове $n \geq \log_2 N$. Один разряд, или символ слова, представленного в двоичном коде, называют битом. Обычно число уровней квантования равно целой степени числа 2, т.е. $N = 2^n$.

Кодовые слова можно передавать в параллельной или последовательной формах. Для передачи в параллельной форме надо использовать n линий связи. Символы кодового слова одновременно передаются по линиям в пределах интервала дискретизации. Для передачи в последовательной форме интервал дискретизации надо разделить на n подинтервалов - тактов. В этом случае символы слова передаются последовательно по одной линии, причем на передачу одного символа слова отводится один такт. Каждый символ слова передается с помощью одного или нескольких дискретных сигналов - импульсов. Преобразование аналогового сигнала в последовательность кодовых слов поэтому часто называют импульсно-кодовой модуляцией. Форма представления слов определенными сигналами определяется форматом кода. Можно, например, устанавливать в пределах такта высокий уровень сигнала, если в данном такте передается двоичный символ 1, и низкий - если передается двоичный символ 0 (такой способ представления называют форматом БВН - Без Возвращения к Нулю). Если используются 4-разрядные двоичные слова, то это позволяет иметь 16 уровней квантования. В параллельном цифровом потоке по каждой линии в пределах интервала дискретизации передается 1 бит 4-разрядного слова. В последовательном потоке интервал дискретизации делится на 4 такта, в которых передаются (начиная со старшего) биты 4-разрядного слова.

Операции, связанные с преобразованием аналогового сигнала в цифровую форму (дискретизация, квантование и кодирование), выполняются одним устройством - *аналого-цифровым преобразователем (АЦП)*. Современная АЦП выполняется на одной интегральной микросхеме.

Обратная процедура, т.е. восстановление аналогового сигнала из последовательности кодовых слов, производится в *цифро-аналоговом преобразователе (ЦАП)*.

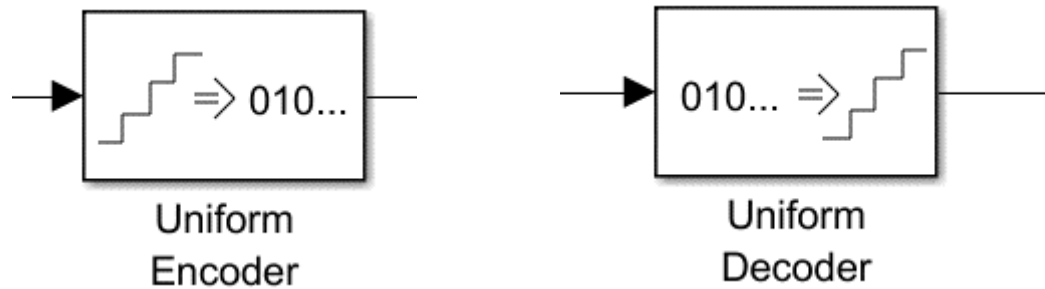
ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Задания выполняются по вариантам. Номер варианта соответствует порядковому номеру фамилии студента в списке группы.

Задание №1

Задан синусоидальный непрерывный входной сигнал без постоянной составляющей частотой 1 Гц и амплитудой A (таблица 1). Шаг дискретизации по времени 0,01 сек.

Пользуясь следующими элементами SIMULINK



а также элементами, применявшимися в работах КТ-01 и КТ-04, выполнить следующие действия:

1. Смоделировать указанный синусоидальный сигнал. Продолжительность моделирования – 2 секунды.
2. Произвести кодирование непрерывного входного сигнала 2-х разрядным, 3-х разрядным, 4-х разрядным и 8-ми разрядным словом.
3. Произвести декодирование сигнала из 2-х разрядного, 3-х разрядного, 4-х разрядного и 8-ми разрядного слов. Полученный результат вывести в виде графика и сравнить с графиком исходного непрерывного сигнала.
4. Добавить к входному сигналу постоянную составляющую величиной B (таблица 1). Повторить действия по пунктам 1-3.
5. По результатам работы сформулировать выводы о правилах корректного кодирования и декодирования сигналов.

Таблица 1

| № варианта | A | B |
|------------|-----|------|
| 1 | 10 | 5 |
| 2 | 25 | 12,5 |
| 3 | 100 | 50 |
| 4 | 5 | 2,5 |
| 5 | 20 | 10 |

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты оформить в виде отчета.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ПО КУРСУ "ПРОГРАМНІ ТА АПАРАТНІ ЗАСОБИ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІХ ТЕХНОЛОГІЙ " № КТ-06

Тема: Цифровая обработка сигнала. Анализ спектра.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Перевод непрерывного сигнала от датчика при помощи АЦП производится с целью применения средств цифровой обработки сигналов. Использование вычислительных алгоритмов обработки сигналов позволяет производить самые разнообразные действия с данными, получаемыми от объекта, - действия, которые крайне сложно (или даже невозможно) реализовать при использовании аналоговых или цифровых схем. Спектральный анализ, фильтрация, сглаживание, прогнозирование и т.д. выполняются со значительно более высоким качеством и достаточно простыми способами.

В данной работе имитируется получение сигнала от индикаторной обмотки простейшего феррозондового преобразователя, его цифровое кодирование, после чего выполняется один из видов обработки - получение спектра сигнала путем применения быстрого преобразования Фурье (Fast Fourier Transformation - FFT).

Сигнал от индикаторной обмотки простейшего феррозондового преобразователя имитируется путем прохождения непрерывного (при моделировании - дискретного по времени с шагом дискретизации 0,001 сек) синусоидального сигнала через линейное звено с насыщением. При этом измеряемое значение напряженности магнитного поля имитируется введением смещения (постоянной составляющей) в исходный синусоидальный сигнал. Получаемые в результате нелинейного преобразования в звене с насыщением гармоники несут информацию о величине смещения (то есть, о имитируемом значении напряженности внешнего магнитного поля).

Ниже даются краткие сведения о функционировании феррозондового преобразователя, которые были даны ранее в курсе "Электрические, магнитные и электромагнитные виды контроля".

Феррозондовые преобразователи

Феррозондовые преобразователи - устройства для измерения напряженности магнитного поля, действие которых основано на нелинейности кривых намагничивания сердечников из магнитных материалов (Рис. 1). Простейший феррозонд (ферроэлемент) состоит из сердечника с двумя обмотками - возбуждения и индикаторной. С помощью первой обмотки создается поле возбуждения $H_B(t)$, в сердечнике возникает индукция $B(t)$, которая индуцирует магнитную ЭДС:

$$e = -w_{\text{и}} S \frac{dB}{dH_B} \frac{dH_B}{dt}$$

где $w_{\text{и}}$ число витков измерительной обмотки; S - площадь сердечника.

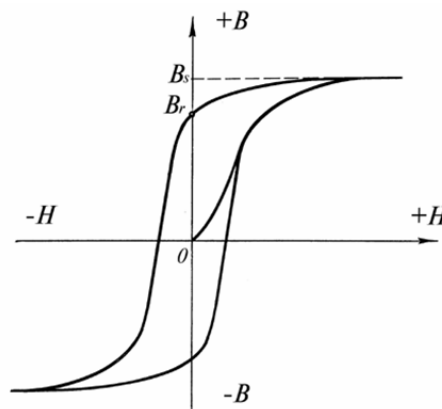


Рис. 1 - Гистерезис

Определяемая ЭДС содержит только нечетные гармоники. При воздействии на сердечник постоянного (измеряемого) поля H_0 в спектре ЭДС появляются четные гармоники, которые (обычно вторая) служат для определения H_0 . При $H_0 \ll H_B$, $\mu_{\Phi} \ll \mu$ и некоторых других допущениях

$$E_2 = 8\mu_0 w_{\text{и}} S \mu_{\Phi} f H_0$$

где E_2 - амплитуда ЭДС второй гармоники; f - частота поля возбуждения.

Амплитуда поля возбуждения (максимальная напряженность поля), при которой наблюдается максимальная чувствительность

$$H_{\text{max}} = \frac{\sqrt{2} B_{\text{max}}}{\mu_{\Phi}}$$

Выбором μ_{Φ} (размеров сердечника) и H_{max} добиваются необходимой чувствительности либо необходимого диапазона измеряемых полей.

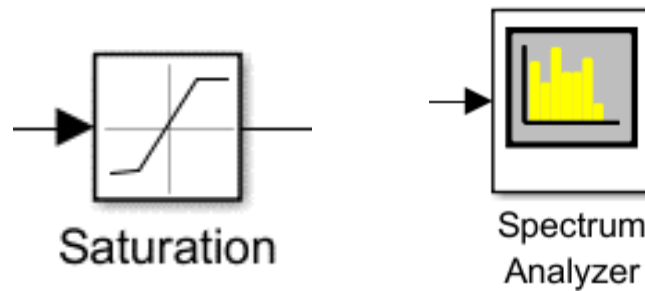
ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Задания выполняются по вариантам (таблица 1). Номер варианта соответствует порядковому номеру фамилии студента в списке группы.

Задание №1

Задан синусоидальный непрерывный входной сигнал без постоянной составляющей частотой 10 Гц и амплитудой A (таблица 1). Шаг дискретизации по времени 0,001 сек.

Пользуясь элементами, применявшимися в работах КТ-01 и КТ-04, КТ-05, а также такими элементами SIMULINK, как



выполнить следующие действия:

1. Смоделировать указанный синусоидальный сигнал. Продолжительность моделирования – 20 секунд.
2. Смоделировать прохождение синусоидального сигнала через линейное звено с насыщением на уровне A (таблица 1).
3. Произвести кодирование полученного после прохождения через линейное звено с насыщением непрерывного входного сигнала 16-ти разрядным словом.
4. Сравнить на осциллографе исходный синусоидальный сигнал, сигнал после линейного звена с насыщением и цифровой сигнал. Объяснить различия в графиках.
5. Используя цифровой анализатор спектра, реализующий быстрое преобразование Фурье (FFT), получить спектр цифрового сигнала.
6. Добавить смещение к исходному синусоидальному сигналу на уровне 5%, а затем 10% амплитуды исходного сигнала. Зафиксировать полученные спектры и сравнить их со спектром сигнала без смещения. Объяснить различия в спектрах.

Таблица 1

| № варианта | A |
|-------------------|----------|
| 1 | 10 |
| 2 | 25 |
| 3 | 100 |
| 4 | 5 |
| 5 | 20 |

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты оформить в виде отчета.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ПО КУРСУ "ПРОГРАМНИ ТА АПАРАТНІ ЗАСОБИ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ " № КТ-07

Тема: Цифровая обработка сигнала. Цифровой фильтр.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Перевод непрерывного сигнала от датчика при помощи АЦП производится с целью применения средств цифровой обработки сигналов. Использование вычислительных алгоритмов обработки сигналов позволяет производить самые разнообразные действия с данными, получаемыми от объекта, - действия, которые крайне сложно (или даже невозможно) реализовать при использовании аналоговых или цифровых схем. Спектральный анализ, фильтрация, сглаживание, прогнозирование и т.д. выполняются со значительно более высоким качеством и достаточно простыми способами.

В данной работе выполняется фильтрация цифрового сигнала, полученного в работе КТ-06 в качестве имитации сигнала от индикаторной обмотки простейшего феррозондового преобразователя, вычислительными средствами системы SIMULINK.

Для проведения полноценной компьютерной обработки без каких-либо ограничений целесообразно изменить формат измерительных данных, которые получены на выходе АЦП и представлены 16-битным целым числом, в формат числа с плавающей точкой (вещественный формат числа – Real World Value RWV). Это выполняется при помощи элемента SIMULINK "Преобразование типа данных":

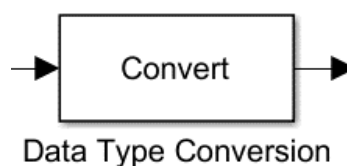


Рис. 1

Далее необходимо изменить масштаб, то есть привести полученное значение на выходе АЦП в соответствие истинному сигналу. Как известно, максимум цифрового сигнала, получаемого с выхода 16-ти разрядного АЦП, составляет число $2^{16}=65535$, а минимум - 0, если используются только положительные значения чисел. В данной работе используются и положительные и отрицательные числа, и в этом случае максимальное число 32767, а минимальное 32768. Таким образом, для приведения значения сигнала с АЦП к масштабу измеряемого входного сигнала с амплитудой A его необходимо умножить на коэффициент

A/32768. Это действие выполняется путем применения усилителя с коэффициентом усиления A/32768:

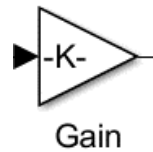


Рис. 2

После выполнения указанных действий можно приступить к цифровой обработке сигнала, а именно к фильтрации.

Система SIMULINK располагает средствами создания фильтров различного назначения и с различными параметрами. Ниже даются краткие сведения о фильтрах из курса "Электрические цепи и сигналы".

Общие сведения о фильтрации электрических сигналов

Фильтр – это частотно-избирательное устройство, которое служит для передачи (пропускания) сигналов в заданном диапазоне частот (полосе пропускания) и подавления сигналов в других диапазонах частот (полоса задерживания). Фильтры широко используются в системах связи, в схемах защиты электронных систем от помех.

Различают аналоговые фильтры, в которых обрабатываемый сигнал имеет аналоговую форму, и цифровые фильтры, предназначенные для обработки цифровых сигналов. В настоящем курсе рассматриваются аналоговые фильтры.

Фильтры принято классифицировать по следующим признакам.

По виду амплитудно-частотной характеристики (АЧХ): фильтры нижних частот (ФНЧ), верхних частот (ФВЧ), полосно-пропускающие или полосовые (ПП), полосно-задерживающие (ПЗ).

По типам элементов, используемых для реализации: пассивные LC-фильтры, активные RC-фильтры, фильтры на переключаемых конденсаторах и т. д. В данной лекции будет дано представление только о пассивных фильтрах.

На рис. 3 а-г показаны идеальные АЧХ фильтров: нижних частот, верхних частот, полосно-пропускающего и полосно-задерживающего.

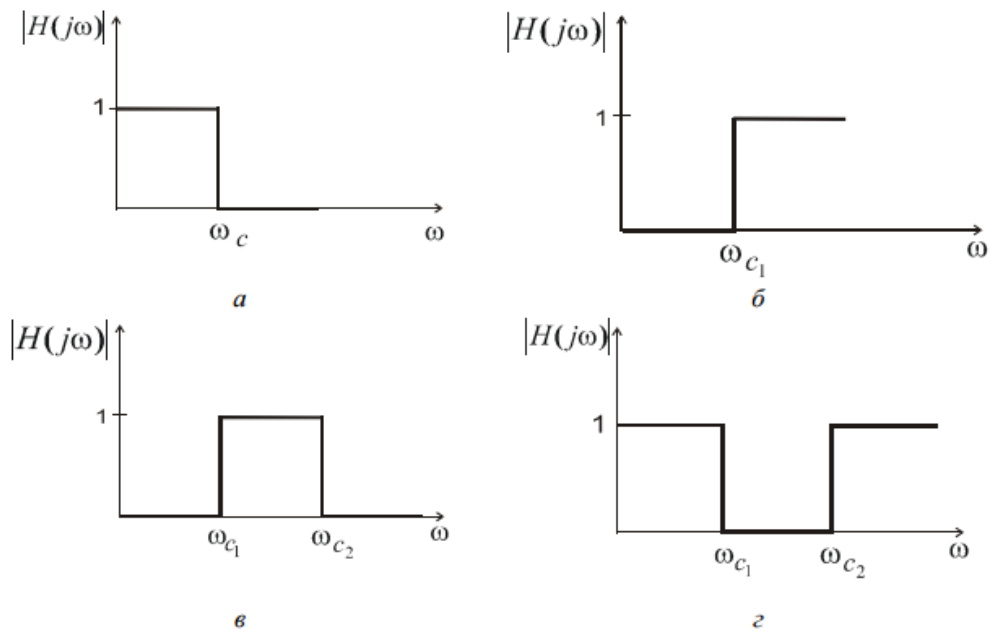


Рис. 3 Амплитудно-частотные характеристики идеальных фильтров

Цепь, состоящая из конечного числа элементов, не может реализовать идеальные характеристики, показанные на рис. 3. Амплитудно-частотная характеристика реального фильтра нижних частот показана на рис. 4.

Поскольку с помощью реальной цепи невозможно реализовать постоянную амплитудно-частотную характеристику, задают максимальное отклонение АЧХ в полосе пропускания A_{max} . В полосе задерживания задается минимальная величина ослабления сигнала A_{min} .

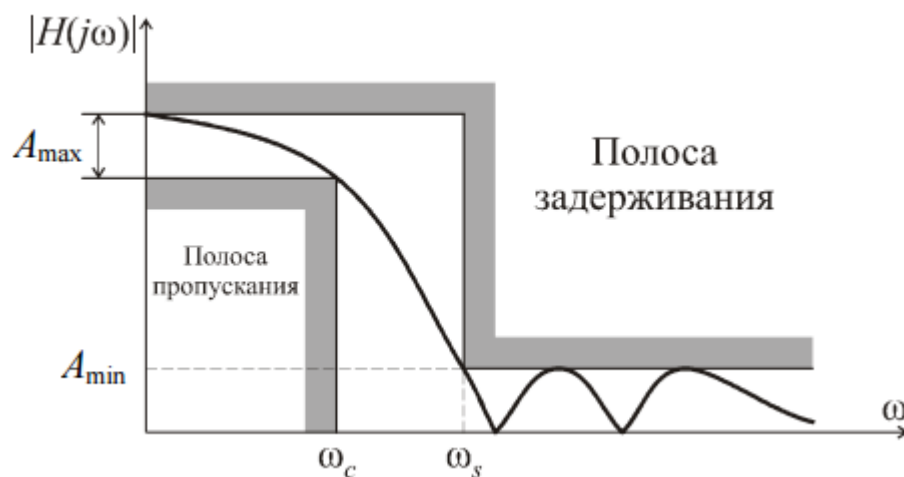


Рис. 4 Амплитудно-частотная характеристика физически реализуемого фильтра

Физически реализуемый фильтр всегда имеет переходную полосу между полосами пропускания и задерживания. Она расположена между частотой среза ω_c

и граничной частотой полосы задерживания ω_S . Отношение ω_c / ω_S характеризует избирательность фильтра.

Итак, амплитудно-частотная характеристика фильтра нижних частот определяется следующими параметрами:

- 1) частотой среза ω_c ;
- 2) максимальным отклонением в полосе пропускания A_{max} ;
- 3) граничной частотой полосы пропускания ω_S ;
- 4) минимальным затуханием в полосе задерживания A_{min} .

Выполнение цифровой фильтрации

В данной работе необходимо использовать избирательный (иначе: частотно-полосовой пропускающий; полосно-пропускающий; полосовой) фильтр, который должен пропустить, выделить требуемую гармонику. Как было указано в работе КТ-06 информацию о величине напряженности магнитного поля несут амплитуды гармоник, появляющихся в результате нелинейного преобразования синусоидального сигнала (в нашем случае из-за прохождения синусоидального сигнала через звено с насыщением). В данной работе производится анализ четвертой гармоники сигнала. Эту гармонику необходимо выделить при помощи пропускающего фильтра:

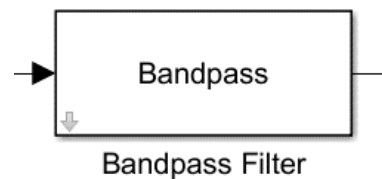


Рис. 5

Поскольку основная частота сигнала составляет 10 герц, то 4-я гармоника имеет частоту 40 герц. Для ее выделения задаем следующие параметры пропускающего фильтра:

- Нижняя частота полосы задерживания – 30 Гц;
- Нижняя частота полосы пропускания – 35 Гц;
- Верхняя частота полосы пропускания – 45 Гц;
- Верхняя частота полосы задерживания – 50 Гц.

Фильтрация в SIMULINK

Система SIMULINK по заданным параметрам фильтра самостоятельно определяет требуемый комплексный частотный коэффициент передачи фильтра

$$K(j\omega) = \frac{b_m(j\omega)^m + b_{m-1}(j\omega)^{m-1} + \dots + b_1(j\omega) + b_0}{a_n(j\omega)^n + a_{n-1}(j\omega)^{n-1} + \dots + a_1(j\omega) + a_0}$$

а также соответствующую данному частотному коэффициенту дискретную передаточную функцию:

$$H(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2} + \dots + b_n z^{-n}}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + \dots + a_n z^{-n}}$$

которая реализуется алгоритмом, представленном на рисунке

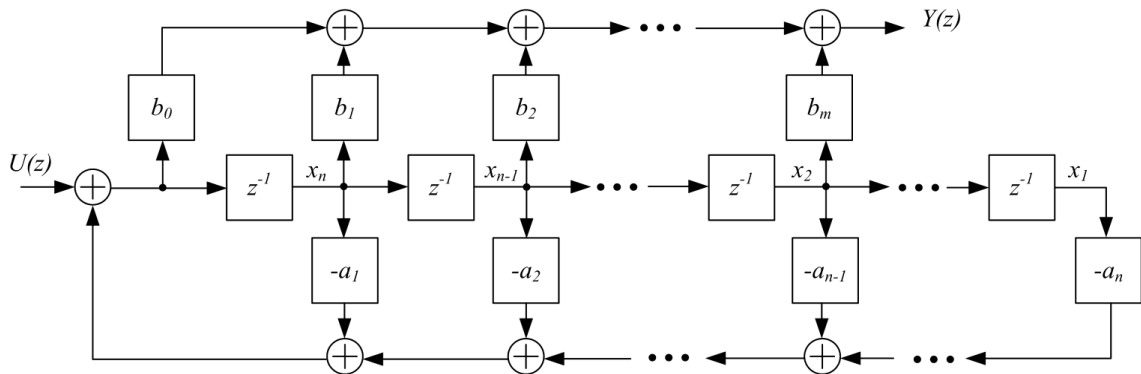


Рис. 6

В дискретном описании систем и, соответственно, в дискретных алгоритмах оператор z^{-1} означает задержку (естественно, путем запоминания) значения сигнала на один такт. Оператор z^{-n} означает задержку на n тактов. То есть при умножении сигнала на z^{-n} мы получаем значение сигнала, которое было n тактов тому назад, то есть за время $n\Delta t$ (где Δt - шаг дискретизации по времени) до текущего момента времени.

В данной работе не требуется знания функции $H(z)$. Система сама ее определяет и реализует в виде алгоритма. Таким образом осуществляется цифровая фильтрация сигнала.

Получение числовых характеристик сигнала

В результате фильтрации мы получаем сигнал, близкий к синусоидальному с основной частотой 40 Гц. Его величина должна быть измерена. Под величиной будем понимать среднее значение модуля сигнала. Для этого сначала получим модуль (или абсолютное значение) каждого отсчета путем применения элемента

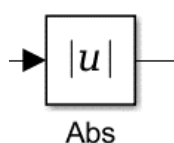


Рис. 7

Затем просуммируем все отсчеты и разделим полученное значение на количество отсчетов. В нашем случае количество отсчетов равно 20000 (1000 отсчетов в секунду умножить на 20 секунд моделирования).

Суммирование производим при помощи задержки на один такт суммы с выхода элемента суммирования и непрерывного суммирования этого значения с текущим значением сигнала

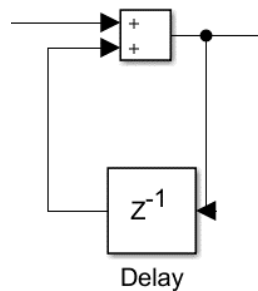


Рис. 8

Деление производим путем умножения полученной суммы на соответствующий коэффициент усиления в элементе системы SIMULINK "усилитель"

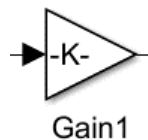


Рис. 9

Полученное по результатам моделирования среднее значение четвертой гармоники U_4 выводится на дисплей.

Общий вид модели

При создании модели необходимо контролировать ход построения путем проверки функционирования отдельных частей модели. Контроль производится путем введения в модель контролирующих приборов, таких как дисплеи, осциллографы, анализаторы спектра и др. В ходе построения должна быть получена модель, имеющая примерно такой вид

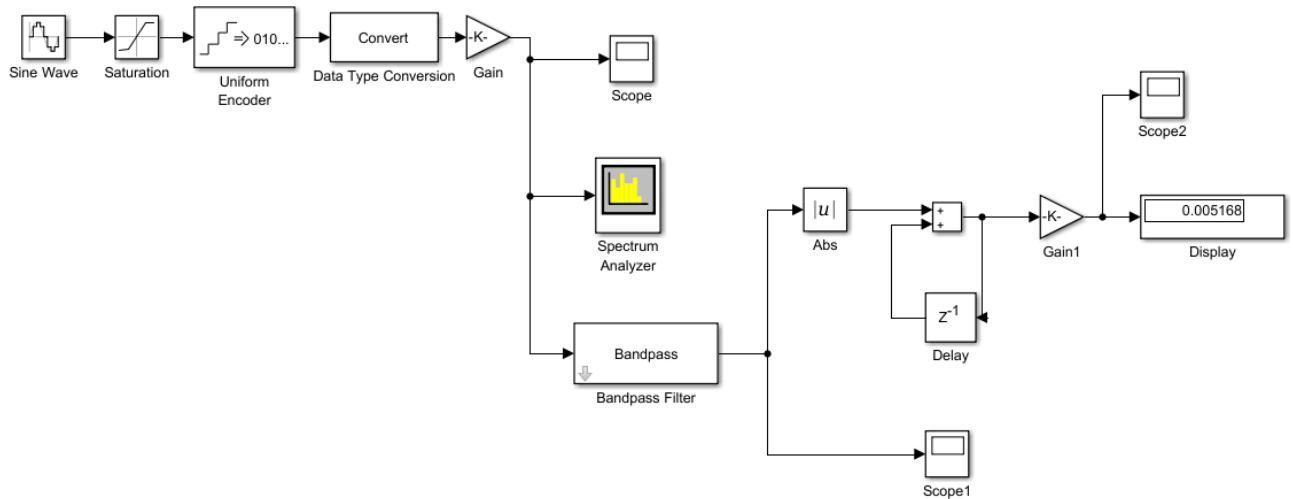


Рис. 10

Градуировочная характеристика измерителя

Завершающим этапом работы является получение градуировочной характеристики созданного измерительного устройства. Для этого в исходный синусоидальный сигнал вводится смещение h , равное таким значениям амплитуды входного сигнала A :

Таблица 1

| | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|----|
| -40% | -30% | -20% | -15% | -10% | -8% | -5% | -3% | -1% | 0% |
| 1% | 3% | 5% | 8% | 10% | 15% | 20% | 30% | 40% | |

Полученное по результатам моделирования среднее значение четвертой гармоники для каждого значения смещения заносим в таблицу. После чего строим график $U_4 = f(h)$. Построенные таблица и график представляют собой градуировочную характеристику измерителя $U_4 = f(h)$ в табличном и графическом виде соответственно.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Задания выполняются по вариантам (таблица 2). Номер варианта соответствует порядковому номеру фамилии студента в списке группы.

Задание №1

Задан синусоидальный непрерывный входной сигнал без постоянной составляющей частотой 10 Гц и амплитудой A (таблица 2). Шаг дискретизации по времени 0,001 сек.

Пользуясь моделью, построенной в работе КТ-06, элементами, применявшимися в работах КТ-01 и КТ-04, КТ-05, а также элементами SIMULINK, представленными в общей части работы выполнить следующие действия:

1. Смоделировать указанный синусоидальный сигнал. Продолжительность моделирования – 20 секунд.
2. Смоделировать прохождение синусоидального сигнала через линейное звено с насыщением на уровне A (таблица 2).
3. Произвести конвертацию типа данных в вещественный вид.
4. Выполнить масштабирование цифрового сигнала с целью приведения его значения в соответствие с величиной исходного непрерывного сигнала.
5. Путем цифровой обработки сигнала, а именно: путем применения избирательного, частотно-полосового пропускающего фильтра выделить четвертую гармонику из цифрового сигнала.
6. Найти среднее значение модуля четвертой гармоники U_4 .
7. Получить градуировочную характеристику измерителя $U_4 = f(h)$ в табличном и графическом виде.

Таблица 2

| № варианта | A |
|-------------------|----------|
| 1 | 10 |
| 2 | 25 |
| 3 | 100 |
| 4 | 5 |
| 5 | 20 |

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты оформить в виде отчета.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ПО КУРСУ "ПРОГРАМНІ ТА АПАРАТНІ ЗАСОБИ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ " № КТ-08

Тема: Формирование управляющего сигнала в компьютерно-интегрированной системе

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Основой управления является обратная связь. В данной работе к измерительной системе, построенной в работе КТ-7 добавляется обратная связь, что позволяет превратить измерительную систему в управляющую. Как и в работе КТ-07, в данной работе имитируется некоторый объект контроля (ОК), информация о состоянии которого поступает в систему от датчика, представляющего собой феррозондовый преобразователь.

Полагаем, что главная ось объекта направлена вдоль оси феррозондового преобразователя. Таким образом, при стационарном внешнем магнитном поле (например, магнитное поле Земли), максимальные показания преобразователя получаем, когда ось ОК направлена вдоль линий напряженности внешнего магнитного поля. Минимальные показания фиксируются, соответственно, в том случае, когда ось ОК направлена перпендикулярно линиям напряженности внешнего магнитного поля.

Задача компьютерно-интегрированной системы, функционирование которой имитируется в данной лабораторной работе, состоит в том, чтобы расположить ОК таким образом, чтобы его ось была перпендикулярна линиям напряженности внешнего магнитного поля.

С точки зрения сигналов, моделируемых в работе, это означает следующее. Имеется исходный синусоидальный сигнал, получаемый с измерительной катушки феррозондового преобразователя. Наличие постоянной составляющей (смещение, bias) в этом сигнале указывает на наличие внешнего магнитного поля, а величина этой постоянной составляющей пропорциональна проекции вектора напряженности магнитного поля на ось преобразователя (главную ось ОК). Для того, чтобы уменьшить смещение до минимального значения необходимо повернуть ось ОК на требуемый угол.

В данной работе поворот ОК имитируется путем добавления к исходному синусоидальному сигналу постоянного сигнала, противоположного по знаку постоянной составляющей исходного синусоидального сигнала. Таким образом, в данной работе задача ставится следующим образом: необходимо измерить величину постоянной составляющей исходного синусоидального сигнала и вычесть из синусоидального сигнала измеренное значение постоянной составляющей. Таким образом формируется обратная связь по постоянной

составляющей. В результате моделируемая система должна автоматически компенсировать постоянную составляющую синусоидального сигнала.

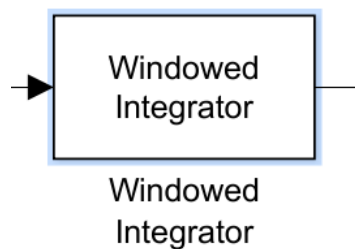
В ходе моделирования необходимо моделировать преобразование сигналов из аналоговой в цифровую форму и обратно.

Ход выполнения работы

Работа выполняется путем модернизации схемы, полученной в работе КТ-07. Модернизация проводится следующим образом.

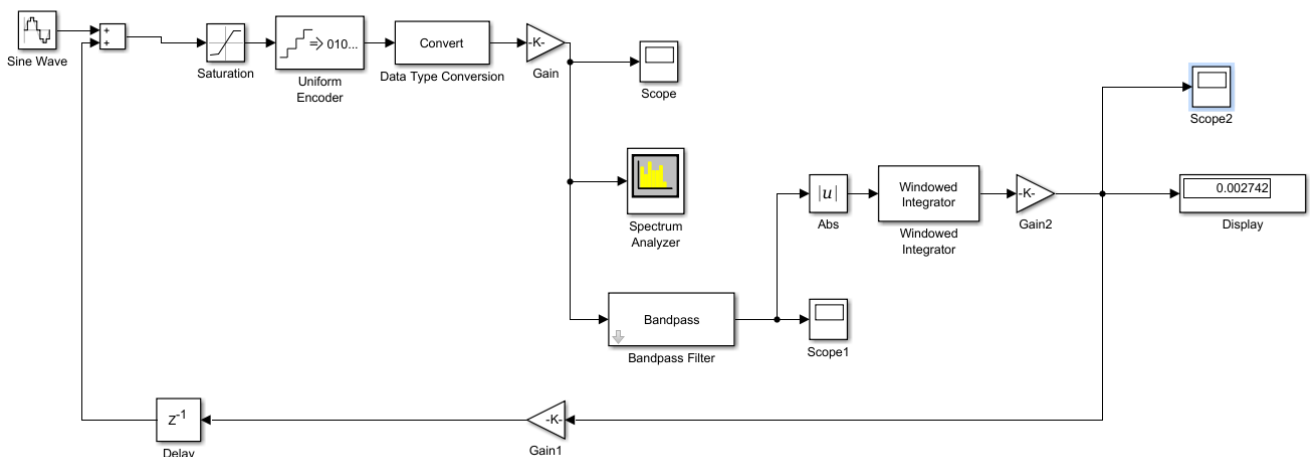
1. Необходимо ввести элемент суммирования, на котором будет производиться сложение исходного синусоидального сигнала и сигнала обратной связи.

2. Для того, чтобы проводить непрерывные измерения (в работе КТ-07 выполняется разовое измерение постоянной составляющей исходного синусоидального сигнала – один раз определяется среднее значение всех полученных в течение 20 секунд измерений), вместо циклического сумматора вводим скользящий интегратор (интегрирование производится на скользящем интервале времени):



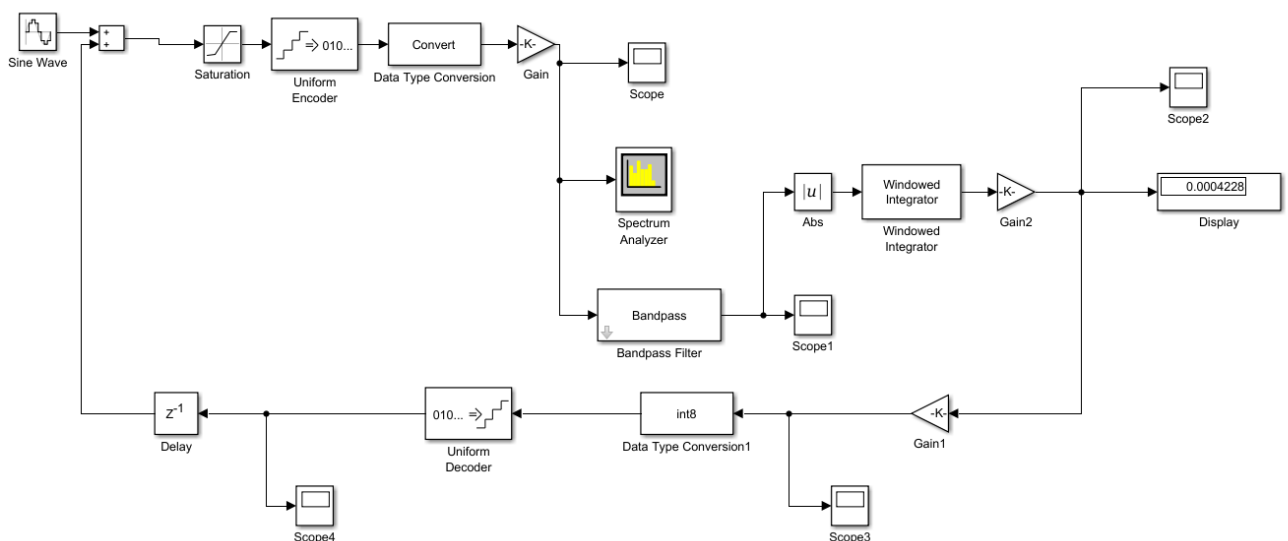
Рекомендуемое значение интервала - 1000 отсчетов. Соответственно должен быть подкорректирован коэффициент усиления последующего усилителя.

3. Первоначально вводим обратную связь по упрощенной схеме – без имитации цифро-аналогового преобразования. В результате получаем примерно такую модель:



Коефіцієнт усилення следует выбрать самостоятельно. Важно обратить внимание на то, что в цифровых системах моделирования обратная связь формируется с обязательной задержкой, как минимум на один такт. Иначе система уравнений, описывающих модель не сможет быть разрешена. Это означает, что сигнал обратной связи необходимо умножить на z^{-1} .

4. Вводим имитацию цифро-аналогового преобразования. Для этого сначала преобразуем вещественный тип сигнала в целое восьмиразрядное число, предварительно умножив вещественное на необходимый коэффициент усиления обратной связи. Затем полученное целое подаем на вход восьмиразрядного декодера. Полученный аналоговый сигнал после задержки подаем на элемент суммирования. В результате получаем модель примерно такого вида:



5. Далее необходимо исследовать модель. В частности в исходный синусоидальный сигнал вводится смещение h , равное следующим значениям амплитуды входного сигнала A :

Таблица 1

| | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|----|
| -40% | -30% | -20% | -15% | -10% | -8% | -5% | -3% | -1% | 0% |
| 1% | 3% | 5% | 8% | 10% | 15% | 20% | 30% | 40% | |

На выходе системы снимаем измеренное значение постоянной составляющей сигнала.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Задания выполняются по вариантам (таблица 2). Номер варианта соответствует порядковому номеру фамилии студента в списке группы.

Задание №1

Задан синусоидальный непрерывный входной сигнал частотой 10 Гц и амплитудой A (таблица 2). Шаг дискретизации по времени 0,001 сек.

1. Пользуясь моделью, построенной в работе КТ-07, построить модель требуемой управляющей компьютерно-интегрированной системы.
2. Провести исследования по пункту 5 (таблица 1) предыдущего раздела для заданного варианта (таблица 2) .
3. Провести эксперименты с изменением параметров системы. Сформулировать выводы.

Таблица 2

| № варианта | A |
|-------------------|----------|
| 1 | 10 |
| 2 | 25 |
| 3 | 100 |
| 4 | 5 |
| 5 | 20 |

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты оформить в виде отчета.