

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій
(повна назва)

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Пояснювальна записка

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Розроблення програмного забезпечення для визначення маршруту
мобільного робота NXT MindStorms у виробничому приміщенні
(тема)

Виконав:
Здобувач 4 року навчання,
групи АКТАКІТи-21-1
Філіпп БАКАЛДІН
(власне ім'я прізвище)

Спеціальності 151 Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології
(повна назва освітньої програми)

Керівник доцент Олег ЗАМІРЕЦЬ
(посада, власне ім'я прізвище)

Допускається до захисту

Завідувач кафедри КІТАР

(підпис)

Невлюдов І. Ш.
(власне ім'я прізвище)

2025р.

Я, Бакалдин Філіпп Денисович, як здобувач вищої освіти ХНУРЕ, розумію та підтримую політику закладу з академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки кваліфікаційної роботи. Я не використовував штучний інтелект для підготовки кваліфікаційної роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

«12» червня 2025 р.



Філіпп БАКАЛДІН

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій
Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Тип програми освітньо-професійна
Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри КІТАР _____
(підпис)

« 28 » квітня 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

здобувачеві Бакалдіну Філіппу Денисовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення програмного забезпечення для визначення маршруту мобільного робота NXT MindStorms у виробничому приміщенні затверджена наказом по університету від " 19 " травня 2025 р. № 389 Ст.
2. Термін подання здобувачем роботи " 24 " червня 2025 р.
3. Вихідні дані до роботи 3.1 Мобільний робот – NXT MindStorms;
3.2 Графічне середовище програмування – NXT-G;
3.3 Завантаження програми до блоку NXT – USB або Bluetooth;
3.4 Операційна система – Microsoft Windows 10;
3.5 Оформлення текстової документації – ДСТУ 3008-2015.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі 4.1 Вступ;
4.2 Опис та аналіз складових мобільного робота NXT MindStorms;
4.3 Графічне середовище програмування NXT-G;
4.4 Розроблення програмного забезпечення для мобільного робота NXT MindStorms;
4.5 Охорона праці;
4.6 Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) Демонстраційний матеріал представлений у форматі презентації PowerPoint (*.ppt) – 18 с. формату А4

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Опис та аналіз складових мобільного робота NXT MindStorms	28.04 – 04.05.25	виконано
2	Графічне середовище програмування NXT-G	05.05 – 14.05.25	виконано
3	Розроблення програмного забезпечення для мобільного робота NXT MindStorms	15.05 – 28.05.25	виконано
4	Охорона праці	29.05 – 10.06.25	виконано
5	Оформлення пояснювальної записки	11.06 – 14.06.25	виконано
6	Подання роботи на перевірку Інтернет-системою StrikePlagiarism	15.06 – 17.06.25	виконано
7	Подання роботи на рецензію	18.06 – 20.06.25	виконано
8	Подання роботи на підпис зав. кафедри	21.06 – 23.06.25	виконано
9	Подання кваліфікаційної роботи в ЕК	24.06.25	виконано

Дата видачі завдання 28.04.2025 р.

Здобувач

_____ (підпис)

Філіпп БАКАЛДІН

Керівник роботи

_____ (підпис)

доцент Олег ЗАМІРЕЦЬ

(посада, власне ім'я прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 52 с., 1 табл., 34 рис., 1 дод., 14 джерел.

МОБІЛЬНИЙ РОБОТ, NXT MINDSTORMS, LEGO, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, NXT-G, ОГЛЯДОВО-ЛОКАЦІЙНА СИСТЕМА, СХЕМА РУХУ, СЕНСОР, БЛОК, КОРИСТУВАЧ.

Мета роботи – розроблення програмного забезпечення оглядово-локаційної системи мобільного робота NXT MindStorms для визначення подальшого його маршруту.

Об'єкт розробки – визначення маршруту мобільного робота NXT MindStorm;

Предмет розробки – програмне забезпечення оглядово-локаційної системи мобільного робота NXT MindStorms.

У кваліфікаційній роботі проведено опис та аналіз складових мобільного робота NXT MindStorms, визначено необхідні сенсори для виконання поставленого завдання згідно з технічним завданням. Проаналізовано графічне середовище програмування NXT-G для створення оглядово-локаційної системи мобільного робота. Створено схему руху мобільного робота з необхідними перешкодами й розрахунками. Розроблено програмне забезпечення оглядово-локаційної системи мобільного робота NXT MindStorms для визначення подальшого його маршруту. Розраховано штучне освітлення в дослідницькій лабораторії, де виконувалась кваліфікаційна робота.

Отримані результати роботи можна віднести до Цілі сталого розвитку 9 «Промисловість, інновації та інфраструктура», зокрема до пункту 9.4 «Розвиток високотехнологічного машинобудування».

ABSTRACT

Explanatory note: 52 pp., 1 tab., 34 figs., 1 appendices, 14 sources.

MOBILE ROBOT, NXT MINDSTORMS, LEGO, SOFTWARE, NXT-G, VISION AND LOCATION SYSTEM, MOTION PATTERN, SENSOR, BLOCK, USER.

Purpose – to develop the software of the NXT MindStorms mobile robot inspection and localization system to determine its further route.

Object of research – determination of the route of the NXT MindStorm mobile robot;

Subject of research – software of the NXT MindStorms mobile robot inspection and localization system.

The qualification work describes and analyzes the components of the NXT MindStorms mobile robot, identifies the necessary sensors to perform the task in accordance with the terms of reference. The graphical programming environment NXT-G for creating a mobile robot inspection and localization system was analyzed. The scheme of movement of the mobile robot with the necessary obstacles and calculations is created. The software of the NXT MindStorms mobile robot's inspection and localization system was developed to determine its further route. Artificial lighting in the research laboratory where the qualification work was performed was calculated.

The results of the work can be attributed to Sustainable Development Goal 9 “Industry, Innovation and Infrastructure”, in particular to paragraph 9.4 “Development of high-tech engineering”.

ЗМІСТ

Перелік скорочень	9
Вступ... ..	10
1 Опис та аналіз складових мобільного робота NXT MindStorms	12
1.1 Робототехнічний конструктор Lego MindStorms	12
1.2 Опис мобільного робота NXT MindStorms	13
1.3 Програмний блок NXT	14
1.4 Інтерактивний сервомотор	16
1.5 Сенсори мобільного робота NXT MindStorms	16
1.6 Оглядово-локаційні системи	20
2 Графічне середовище програмування NXT-G	23
2.1 Можливості графічного середовища програмування NXT-G	23
2.2 Палітра і блоки управління в NXT-G	25
3 Розроблення програмного забезпечення для мобільного робота NXT MindStorms	36
3.1 Необхідні вимоги для створення програмного забезпечення	36
3.2 Розроблення схеми руху мобільного робота NXT MindStorms	37
3.3 Розроблення оглядово-локаційної системи мобільного робота NXT MindStorms	39
4 Охорона праці	44
4.1 Аналіз умов праці на робочому місці	44
4.2 Промислова безпека на робочому місці	44
4.3 Виробнича санітарія у приміщенні	45
4.4 Пожежна безпека виробничого приміщення	47
Висновки	49

Перелік джерел посилання	51
Додаток А Демонстраційний матеріал	53

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

БД – база даних;

КПО – коефіцієнт природної освітленості;

ПЗ – програмне забезпечення;

ПК – персональний комп'ютер.

ВСТУП

Мобільні роботи, котрі обладнані чутливими елементами, виконавчими механізмами, комп'ютерами, а також супроводжуються елементами штучного інтелекту, є доволі зручним об'єктом для постановки, вивчення та пошуку рішень сучасних проблем мехатроніки.

Так, перевагами мобільного робота визначимо те, що, по-перше, він не прив'язаний до чітко до конкретного місця, таким чином може розв'язувати виробничі завдання на багатьох виробничих точках, які розташовані просторово. По-друге, він, прилаштувавшись до робочого місця, може тривалий час обслуговувати цю ділянку виробництва, до того ж повністю замінюючи стандартні стаціонарні роботи. По-третє, і це найвагоміше, мобільний робот дозволяє максимально наблизити себе до людини, одночасно відтворюючи не лише дію рук, але й ніг.

Мобільні роботи є універсальними, тому ними можна послуговуватись у різних галузях. У разі застосування робототехніки у військових цілях і надзвичайних ситуаціях пріоритетного значення набувають технічні здібності роботів, зокрема придатність до експлуатації в жорстких та екстремальних умовах, а також спроможність забезпечити захист обслуговуючого персоналу. Під час функціонування мобільних роботів у цивільній промисловості найбільшого значення набудатиме їхня економічна ефективність.

До мобільного робота висуваються такі загальні вимоги:

- робот повинен мати високі рухливість і прохідність у міських умовах, усередині будівель і споруд, у зонах руйнувань, на пересіченій місцевості, як на твердих гладких покриттях, так і на ґрунтових основах, які деформуються;
- робот має надійно діяти як у непередбачених природних умовах, так і в середовищі, спеціально пристосованому для перебування людини

(усередині будинків, у транспортних комунікаціях), уписуватись у міські транспортні потоки або рухатись у складі транспортних колон;

– конструкція робота має забезпечувати його високу мобільність і швидке розгортання під час виконання спецоперацій.

Мета роботи – розроблення програмного забезпечення оглядово-локаційної системи мобільного робота NXT MindStorms для визначення подальшого його маршруту.

Об'єкт розробки – визначення маршруту мобільного робота NXT MindStorm;

Предмет розробки – програмне забезпечення оглядово-локаційної системи мобільного робота NXT MindStorms.

Для досягнення мети планується розв'язати наступні завдання:

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити низку завдань:

- провести аналіз літератури за видами й типами мобільних роботів;
- проаналізувати різні сенсори мобільного робота та визначити необхідні для виконання завдання;
- дослідити програмне середовище розробки для створення оглядово-локаційної системи;
- побудувати схему руху для мобільного робота з необхідними перешкодами та розрахунками;
- розробити програмне забезпечення оглядово-локаційної системи;
- опрацювати питання охорони праці в лабораторії де виконувалась кваліфікаційна робота.

Пояснювальну записку кваліфікаційної роботи оформлено згідно з ДСТУ 3008:2015 [1], а також з рекомендаціями з підготовки і оформлення кваліфікаційної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти [2-3], отримані результати роботи можна віднести до Цілі сталого розвитку 9 «Промисловість, інновації та інфраструктура», зокрема до пункту 9.4 «Розвиток високотехнологічного машинобудування».

1 ОПИС ТА АНАЛІЗ СКЛАДОВИХ МОБІЛЬНОГО РОБОТА NXT MINDSTORMS

1.1 Робототехнічний конструктор Lego MindStorms

Робототехнічний конструктор Lego MindStorms – це програмована робототехнічна платформа, яка дозволяє створювати, програмувати та тестувати різні моделі мобільних роботів. Набір складається з апаратного забезпечення (датчики, двигуни, блок керування) та програмного середовища.

Конструктор Lego MindStorms працює на базі комп'ютерного контролера NXT, тобто це два мікропроцесори, понад 256 кбайт Flash-пам'яті, USB-інтерфейс, Bluetooth-модуль, а також рідкокристалічний екран, гучномовець, батарейний блок, порти датчиків і сервоприводів.

Інформація з комп'ютера передається як за допомогою USB-кабелю, так і за допомогою Bluetooth. Крім цього, за допомогою Bluetooth можна керувати роботом за допомогою мобільного телефону, треба лише встановити JAVA-додаток.

За допомогою чотирьох датчиків NXT розуміє навколишнє середовище. Елементарний датчик торкання виглядає як кінцевий перемикач. Мікрофон відгукується на звук певної гучності. Непростий ультразвуковий далекомір сповіщає контролер про відстань до найближчого об'єкта в сантиметрах. Датчик світла – це лампочка і фотоелемент, що допомагає роботу розпізнавати ступінь освітленості або кольору. У результаті виходить, що робот може бачити, чути і відчувати на дотик.

Сервопривідні три двигуни MindStorms оснащені вбудованим датчиком повороту. За допомогою цього датчика контролер розуміє, на який кут повернулися осі. Якщо потрібно, серво можна застосовувати як вимірювач відстані, потрібно тільки прокатати колесо рукою і подивитися показання датчика.

У комбінації з різноманітними шестернями та передавальними механізмами три двигуни конструктора можуть робити безліч цікавих речей.

Для того, щоб створити програму, досить потрібно намалювати послідовність іконок, які показують ту чи іншу дію. Елементарні налаштування графічно оформлені та інстинктивно зрозумілі. Завдяки налаштуванням двигун може робити стільки обертів, скільки це необхідно, користувач може також зняти інформацію з певного датчика, виставити чутливість мікрофона або дальність спрацьовування далекоміра.

1.2 Опис мобільного робота NXT MindStorms

NXT MindStorms є програмованим мобільним роботом, випущений Lego в липні 2006 року, замінивши першого покоління Lego MindStorms [6]. Комплект складається з 577 деталей, зокрема 3 серводвигунів, 4 датчиків (ультразвукового, звуку, дотику, і світла), 7 з'єднувальних кабелів, інтерфейсу USB кабелю, а також інтелектуальної «цеглини» NXT.

На рисунку 1.1 зображений мобільний робот NXT MindStorms.



Рисунок 1.1 – Мобільний робот NXT MindStorms

Інтелектуальна «цегла» є «мозком» машини MindStorms. Це дає змогу роботу самостійно виконувати різні операції. У комплект також входить NXT-G, графічне середовище програмування, що дає змогу створювати та завантажувати програми в NXT.

Програмувати робота можна за допомогою USB і Bluetooth з'єднання. Інтуїтивний інтерфейс програм з легкістю дає змогу складати різні програми.

1.3 Програмний блок NXT

NXT є «мозком» робота MindStorms [6, 7]. Це інтелектуальний, керований комп'ютером Елемент конструктора Lego , що дає змогу мобільному роботу MindStorms оживати та здійснювати різні дії. Текстові повідомлення на дисплеї NXT відображаються англійською мовою. Програмний блок NXT з під'єднаними сенсорами та інтерактивними сервомоторами зображений на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Програмний блок NXT

Складові програмного блоку NXT:

- порти моторів. NXT оснащений трьома портами виходу для підключення моторів. Щоб мотор працював, він має бути підключений до одного з портів А, В або С;

- порти сенсорів. NXT оснащений чотирма портами входу для підключення сенсорів;

- порт USB. При підключенні кабелю USB до порту USB з'являється можливість завантажувати програми з комп'ютера на NXT (або передавати дані від роботи на комп'ютер). Для завантаження та обміну даними можна також використовувати безпроводний канал Bluetooth;

- гучномовець. При створенні програми зі звуками, з'являється можливість відтворювати звуки на мобільному роботі;

- кнопки NXT. Помаранчева кнопка увімкнути або вимкнути, світло-сірі стрілки використовуються для переміщення вліво-вправо по меню NXT. Темно-сіра кнопка використовується для вибору функцій видалити/повернутися;

- опції дисплея NXT. NXT має велику кількість інших цікавих функціональних можливостей. Є можливість вибору програми, завантаженої з комп'ютера в пам'ять робота, можливість керування портами та іншими функціями.

Технічні параметри програмного блоку NXT:

- 32-бітовий мікроконтролер ARM7 256 Кбайт FLASH, 64 Кбайт RAM
- 8-бітовий мікроконтролер AVR 4 Кбайти FLASH, 512 байт RAM,
- бездротовий канал Bluetooth;

- швидкісний порт USB (12 Мбіт/с);

- 4 порти входу, 6-провідний кабель для цифрової платформи (Один із портів містить порт розширення, що відповідає вимогам I EC 61158 Type 4/EN 50 170 для використання в майбутньому);

- 3 порти виходу, 6-провідний кабель для цифрової платформи;

- графічний РК-дисплей 100 x 64 пікселі;
- гучномовець. Якість звуку 8 КГц. Аудіоканал з 8-бітовим квантуванням і частотою семплювання 2-16 КГц. Джерело живлення – 6 батарей типу АА.

1.4 Інтерактивний сервомотор

Три сервомотори дають роботу можливість рухатися. На рисунку 1.3 зображено інтерактивний сервомотор. Якщо використовується блок «Рух» (Move) у програмному забезпеченні для програмування моторів, обидва мотори автоматично синхронізуються, і робот зможе рухатися по прямій.



Рисунок 1.3 – Інтерактивний сервомотор

В кожен мотор вбудовано сенсор обертання. Він дає змогу точніше керувати рухами робота. Сенсор обертання вимірює обертання мотора в градусах або поворотах (з точністю до +/- одного градуса).

Вбудований у кожен мотор сенсор обертання також дає змогу встановлювати різні швидкості для моторів (виставленням параметрів потужності в програмному забезпеченні).

1.5 Сенсори мобільного робота NXT MindStorms

1.5.1 Сенсор торкання

Сенсор натискання (торкання) дає змогу роботу здійснювати дотики. Сенсор натискання може визначити момент натискання на нього чогонбудь, а також момент звільнення [6-8]. Сенсор торкання зображений на рисунку 1.4.



Рисунок 1.4 – Сенсор торкання

За допомогою сенсора натискання робот може підбирати предмети, як-от маніпулятор, оснащений сенсором натискання, що дасть змогу роботу дізнатися, чи є об'єкт, який можна взяти. Крім того, сенсор натискання можна використовувати для подання роботу команди. Наприклад, натискання на сенсор натискання дасть роботу команду пересуватися, говорити, закрити двері, увімкнути телевізор.

1.5.2 Сенсор звуку

Сенсор звуку проводить детекцію як звуків у децибелах (дБ), так і в наведених децибелах (дБА). Під час детекції в наведених децибелах, чутливість сенсора адаптована до чутливості людського вуха. Іншими словами, це звуки, які чують вуха. На рисунку 1.5 зображено сенсор звуку.



Рисунок 1.5 – Сенсор звука

Під час детекції стандартних (неприведених) децибелів, усі звуки вимірюються з однаковою чутливістю. Таким чином, до цього діапазону потрапляють звуки, які людське вухо чути не здатне (занадто високі або занадто низькі).

Сенсор аудіо чутливий до звукового тиску до 90 дБ – рівень, створюваний газонокосаркою. Рівні звукового тиску є комплексними величинами, тому дані сенсора аудіо для MindStorms NXT відображаються у вигляді процентних співвідношень (%). Наприклад, 4 – 5 % – це рівень звичайного тихого житлового приміщення, а 5 – 10 % – подібні до ситуації, коли хтось звертається до вас, перебуваючи на певній відстані, 10 – 30 % відповідають звичайній розмові, яка проходить поблизу сенсора, або ж відтворення музики з нормальною гучністю. Значення 30 – 100 % вийдуть, якщо хтось почне кричати або увімкне музику на повну гучність.

1.5.3 Сенсор світла

Сенсор світла є одним із двох сенсорів, які замінюють роботу зір (інший сенсор – ультразвуковий). Сенсор світла дає змогу роботу відрізнити світло від темряви. Він може зчитувати інтенсивність світла в приміщенні, а також вимірювати колірну інтенсивність пофарбованих поверхонь. На рис. 1.6 зображено сенсор світла.



Рисунок 1.6 – Сенсор світла

Сенсор світла можна застосовувати в різних сферах, наприклад, сенсор світла можна використовувати для створення робота, який охороняє від грабіжників, тобто, як тільки злодій вмикає в кімнаті світло, робот реагує і починає захищати вашу власність. Сенсор світла також можна використовувати для створення робота, що рухається за певним напрямком, або ж робота, який сортує предмети залежно від їхнього забарвлення.

1.5.4 Ультразвуковий сенсор

Ультразвуковий сенсор – один із двох сенсорів, що замінюють роботу зір. Ультразвуковий сенсор дає змогу роботу бачити і виявляти об'єкти. Його також можна використовувати для того, щоб робот міг обійти перешкоди, оцінити та виміряти відстань, а також зафіксувати рух об'єкта. На рисунку 1.7 зображено ультразвуковий сенсор.



Рисунок 1.7 – Ультразвуковий сенсор

Ультразвуковий сенсор вимірює відстань у сантиметрах і дюймах від NXT. Він може вимірювати відстань від 0 см до 255 см з точністю +/- 3 см.

Ультразвуковий сенсор працює за тим самим принципом, що й локатор кажана: він вимірює відстань шляхом розрахунку часу, який знадобився звуковій хвилі для повернення після відбиття від об'єкта, як відлуння, подібно до відлуння.

Великі об'єкти з твердими поверхнями визначаються найкраще. Об'єкти з м'яких матеріалів (тканин) або округлі (м'яч), а також занадто тонкі, маленькі тощо, можуть створювати для сенсора певні труднощі під час роботи.

1.6 Оглядово-локаційні системи

1.6.1 Системи штучного дотику

Англізуючи інформацію про стан зовнішнього середовища і свій власний, робот ухвалює рішення про склад і послідовність дій.

Першим почуттям, якого «навчили» роботів, був дотик. Датчики тиску, температури, вологості, вбудовані в пальці руки, дають змогу роботу визначати, чи є поруч потрібний предмет, які його розміри, форма, температура поверхні. Дотиковими (тактильними) датчиками оснащені роботи третього покоління. Рухомі, ходячі роботи сповіщаються про наближення до перешкоди спеціальними антенами.

Роботи, які призначені для складання, повинні вміти розпізнавати окремі деталі. Як штучні органи дотику, що обмацують навколишні предмети, використовують ємнісні, індукційні, температурні, радіоактивні та ультразвукові щупи – датчики, які здатні перетворювати впливи, які отримують від обмацovanого предмета, на певні електричні сигнали.

Серед найпростіших і найпоширеніших датчиків зовнішньої інформації можна відзначити так звані контактні датчики. На кінцях хапача - руки робота встановлюють спеціальні вимикачі, які фіксують факт дотику до

деталі або верстата та надсилають імпульс у мозок робота. Десяток таких вимикачів, розташованих не тільки всередині пальців схвата, а й на зовнішній його поверхні (зверху, знизу, праворуч і ліворуч), допомагають роботу «на дотик» визначити положення деталі або перешкоди, що виникла.

Особливістю роботи систем штучного дотику є наявність контакту датчика з поверхнею об'єкта. З їхньою допомогою вирішуються такі завдання:

- пошук і виявлення предметів і визначення їхнього положення;
- схоплювання і маніпулювання з неорієнтованими об'єктами;
- розпізнавання форми предметів та їх класифікація;
- визначення фізичних властивостей об'єктів (маса, твердість, шорсткість, температура, тепло- та електропровідність тощо);
- надійне захоплення й утримання об'єктів із контролем зусилля затиску;
- контроль за мікропереміщеннями деталі під час виконання деяких складальних операцій;
- контроль зміщення об'єкта під час впливу на нього динамічних навантажень.

Найпростішими є тактильні датчики контактного типу (мікроперемикач тощо). Їх широко використовують для розв'язання завдань контролю наявності деталі, контролю правильності центрування, а також пошуку, розпізнавання, захоплення і маніпулювання.

Для розв'язання завдань класифікації та визначення форми об'єктів маніпулювання використовують матриці з пропорційних датчиків, що мають більш високі функціональні можливості.

Датчики зусиль моменту використовуються під час здійснення маніпулювання крихкими деталями, що легко деформуються, або для виконання простих операцій складання.

Вони дають змогу розв'язати задачі: за допомогою коефіцієнта тертя – зусилля схоплення, і вони мають бути невеликих розмірів, оскільки встановлені на захватних пристроях.

Датчики реєстрації переміщень – призначені для захоплення й утримування об'єкта.

1.6.2 Локаційні системи

Локаційні системи – це надійніша система, оскільки вона безконтактної дії. Вони так само дають змогу знизити обмеження щодо швидкості переміщення зовнішніх об'єктів відносно робота порівняно із системою штучного дотику.

Локаційні системи діляться на два класи – система дальньої і ближньої локації. Перші використовують ультразвукові, лазерні, світлолокаційні системи. Точність визначення відстані близько 2 мм на відстані 2 м [7].

Для системи ближньої локації використовують індуктивні та струменеві датчики.

Локаційні системи вирішують такі основні завдання:

- контроль наявності деталі в схопленні (світлолокаційний, струменевий датчики);
- розпізнавання форми і місця розташування зовнішніх об'єктів (світлолокаційний, лазерний, ультразвукові датчики);
- автоматичне стеження за необхідною траєкторією (індукційний, світлолокаційний);
- контроль управління складальними роботами (струменеві датчики).

2 ГРАФІЧНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ПРОГРАМУВАННЯ NXT-G

2.1 Можливості графічного середовища програмування NXT-G

NXT-G є графічним середовищем програмування, що створено спеціально для робототехнічного комплекту Lego MindStorms NXT.

На рисунку 2.1 продемонстровано головне вікно програми.

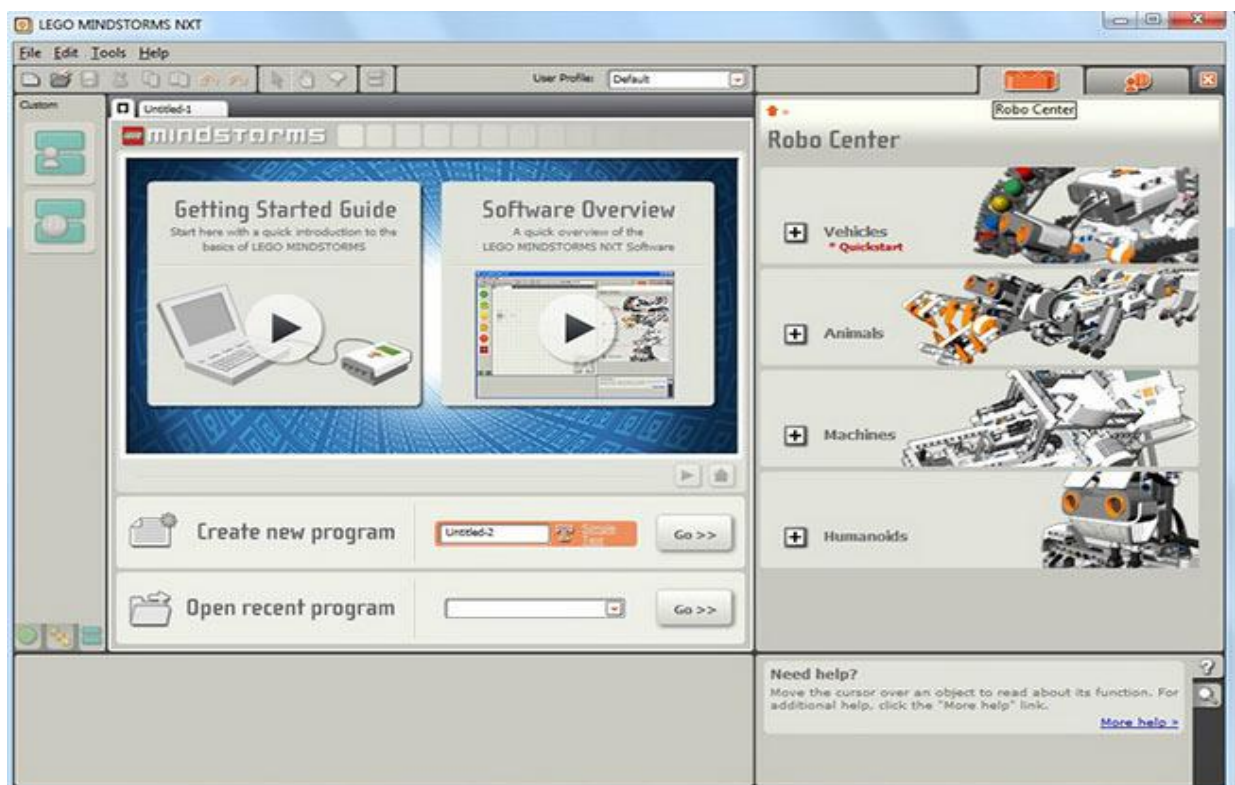


Рисунок 2.1 – Головне вікно програми

Графічне середовище NXT-G зі свого боку послуговується програмуванням модуля NXT Brick. Цей софт характеризується інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом, створення програм керування роботами нагадує побудову блок-схем і реалізується шляхом спеціальних блоків, які розміщуються на LEGO-балках уздовж осі послідовності дій. Порядок застосування програми окреслюється порядком прямування блоків. Так,

підключення нових компонентів реалізується через їхнє перетягування з палітри програмування до LEGO-балки.

Приклад перетягування іконок-блоків продемонстровано на рисунку 2.2.

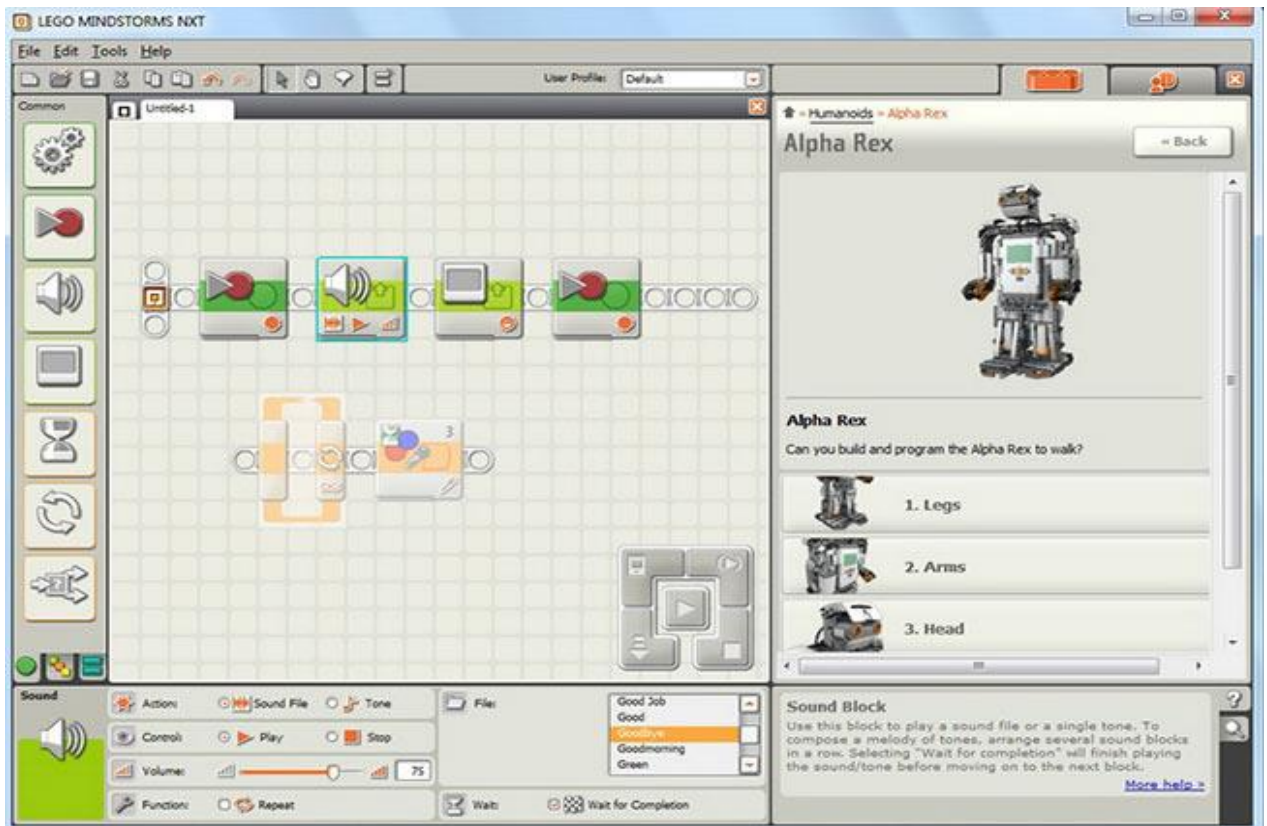


Рисунок 2.2 – Приклад перетягування іконок-блоків

Кожен з іконок-блоків володіє набором унікальних характеристик, які окреслюють поведінку робота. Так, блок "Рух", призначений для активації моторів. Крім того, він характеризується параметрами тривалості ходу та напрямків, а також потужністю, що передається на двигуни. У NXT-G є блоки, що призначені для арифметичних операцій (додавання, віднімання, множення та поділу), таймерів, змінних, для порівняння числових значень (менше, рівно, більше). Також є блоки, що відповідають за звукові ефекти роботів чи можливість нескінченного повторення встановлених дій разом із їхнім завершенням за певних подій. До того ж програмівластиве створення

власних компонентів, кожен із яких буде послідовністю стандартних блоків, об'єднаних разом.

Крім того, платформа NXT-G містить докладні інструкції щодо складання безлічі моделей роботів LEGO:

– додаткові інструменти для створення зображень, редагування звуків і калібрування сенсорів;

– контролер для передавання, запуску та зупинки створених програм, а також перегляду довідкової інформації про мікрокомп'ютер (ресурси пам'яті, параметри зв'язку тощо);

– дистанційного керування, що під'єднано до ПК мобільно робота.

Серед ключових переваг середовища візуального програмування виокремлюють наочність і простоту у застосуванні, що дозволяє швидко опанувати ПЗ без особливих знань та зусиль. Утім діапазон функціональних можливостей NXT-G є доволі обмеженим, тому для роботи потребуються значні ресурси персонального комп'ютера. Останнє зі свого боку стає істотною перешкодою під час розроблення проєктів.

2.2 Палітра і блоки управління в NXT-G

З метою спрощеного застосування палітру програмування було розділено на три групи:

а) стандартна палітра, до складу якої входять найчастіше застосовувані блоки керування:

- 1) блок руху;
- 2) блок запису/відтворення;
- 3) блок паузи;
- 4) блок аудіо;
- 5) блок зациклення;
- 6) блок відображення;
- 7) блок рішення;

- б) повна палітра, що містить усі блоки;
- в) особиста палітра, що складається з блоків, які були завантажені або створені самостійно користувачем.

Для розв'язання всіх задач стартового рівня робо-центру блоків у стандартній палітрі достатньо.

На рисунку 2.3 наведено блоки в стандартній палітрі.

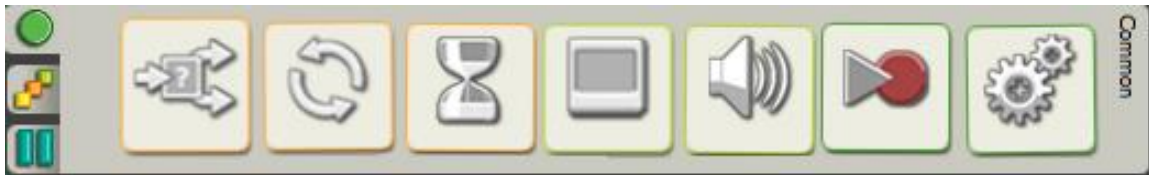


Рисунок 2.3 – Блоки в стандартній палітрі

Кожен програмний блок устатковано панеллю налаштувань, що дозволяє регулювати параметри блоку задля виконання дій на розсуд користувача. Під час активації блоку в робочій області панель налаштувань для нього буде розташована в нижній частині екрана. Шляхом зміни параметрів на кожній панелі можна видозмінювати поведінку кожного блоку.

Блок руху керує моторами мобільного робота, а також синхронізує його рухи. За його допомогою можна спонукати робота рухатися вперед або назад прямою, а також повертати по кривій.

Функціонування блоку руху продемонстровано на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 – Блок руху

Блок запису дає змогу користувачеві фіксувати фізичний рух до пам'яті робота, а згодом відтворювати його у будь-якому у місці програми.

На рисунку 2.5 продемонстровано блок запису/відтворення.

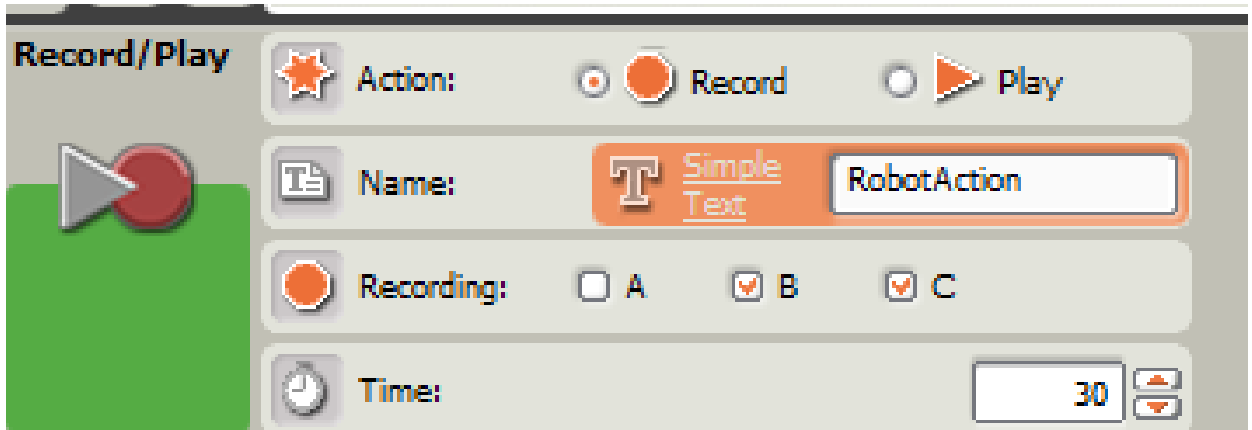


Рисунок 2.5 – Блок запису/відтворення

надає можливість роботу оцінити навколишнє середовище щодо наявності певної умови для продовження виконання програми. Наприклад, робот очікує певний звук, дотик або закінчення певного проміжку часу для продовження програми.

На рисунку 2.6 продемонстровано блок паузи.



Рисунок 2.6 – Блок паузи

Аудіоблок застосовується для відтворення аудіофайлу чи тону. Для створення мелодії з тонів необхідно скомпонувати кілька аудіоблоків поспіль.

На рисунку 2.7 наведено приклад аудіоблоку.



Рисунок 2.7 – Аудіоблок

Блок зациклювання застосовується для того, щоб робот повторював якусь дію. Наприклад, робот рухатиметься вперед-назад доти, доки не спрацює сенсор натискання.

Приклад блоку зациклювання продемонстровано на рисунку 2.8.

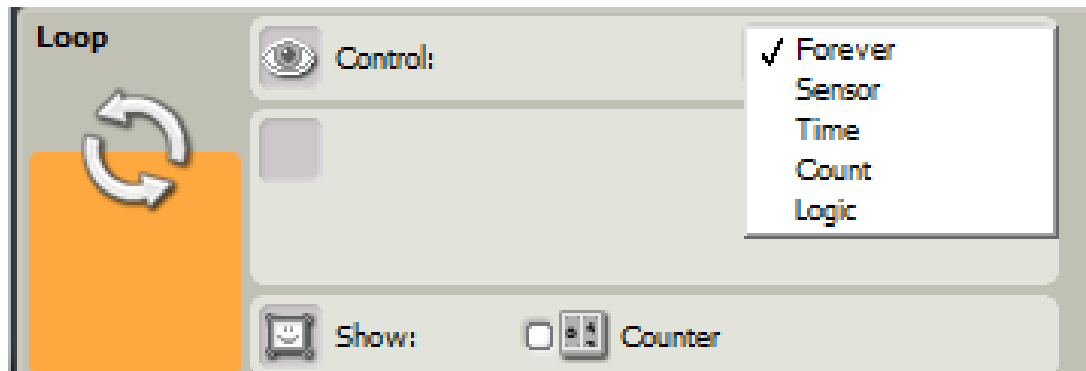


Рисунок 2.8 – Блок зациклення

Блок відображення застосовується для відображення зображення, виведення тексту або створення фігур на графічному дисплеї NXT.

Власне блок відображення наведено на рисунку 2.9.

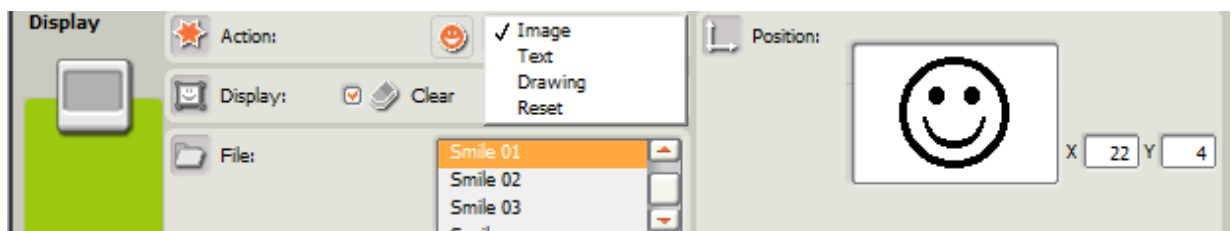


Рисунок 2.9 – Блок відображення

Блок рішення дозволяє роботу приймати рішення, як-от повернути ліворуч, якщо чути гучний шум, або праворуч, якщо нічого не чути.

Приклад блоку рішення продемонстровано на рисунку 2.10.

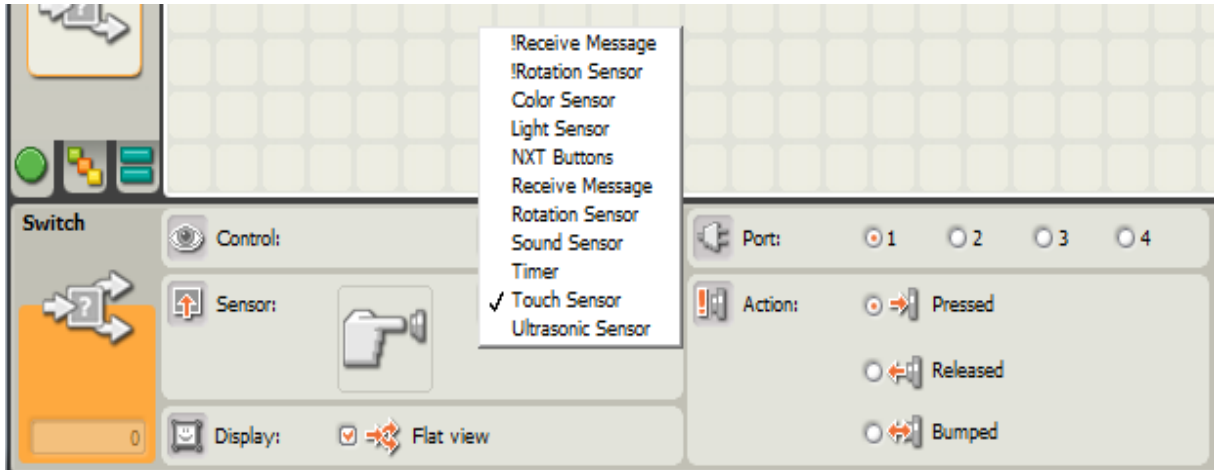


Рисунок 2.10 – Блок рішення

Для більш поглибленого програмування потрібно доцільно послуговуватись повною палітрою, що містить:

- загальну палітру;
- палітру дій;
- палітру датчиків;
- палітру керування щодо реалізації програми;
- палітру даних;
- палітру доповнення.

На рисунку 2.11 наведено приклад повної палітри.

Крім того, існує палітра користувача. На ній розташована палітра власних блоків, яку створено для встановлення програм на комп'ютер. За замовчуванням вони містять створені програмні блоки, а в палітрі користувача розташовані блоки, що завантажуються з Інтернету.



Рисунок 2.11 – Повна палітра

Команда «Логіка» дозволяє працювати з логічними змінними, константами чи значеннями, що надходять до блоку від інших команд через концентратор даних. До двох значень може бути застосована одна з логічних операцій: (and), або (or), яка виключає або (xor), заперечення (not). Утім, якщо значення не передаються до команди, то вони задаються в параметрах для змінних А і В (галочка – істина, хрестик – брехня). Так, зображення кіл усередині прямокутника, що йменують колами Ейлера-Венна, є підказкою. Забарвлена помаранчевим кольором частина відповідатиме результату, котрий команда видасть після застосування обраної операції.

На рисунку 2.12 продемонстровано команду Логіка.

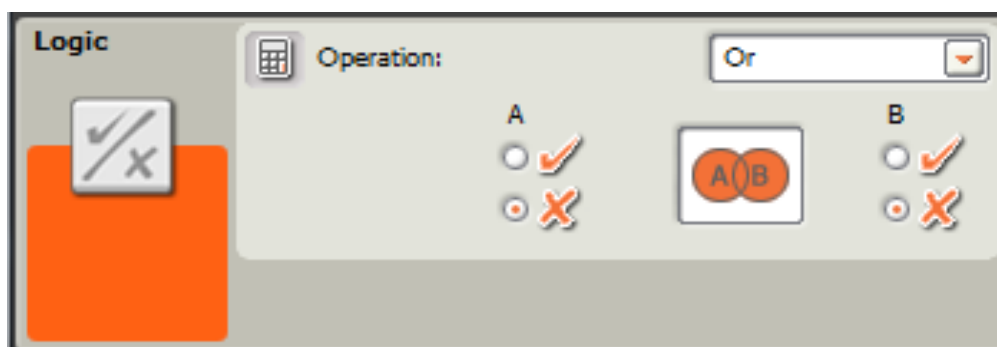


Рисунок 2.12 – Команда «Логіка»

Команда «Математика» призначена для розрахунків. За допомогою неї можна виконувати різні операції над числами: додавання, віднімання, множення, поділ, абсолютна величина (модуль), а також вилучення квадратного кореня. Так, у нижньому правому куті, всередині прямокутника, відображається відповідний символ вибраної операції. Вхідні параметри задаються ідентичними способами, як і в інших командах цієї групи. Введені значення можуть бути як позитивними, так і негативними цілими (цілим називають число без десяткових величин). Результат застосування команди виражається числом (відповідь, що отримується шляхом застосування операції до значень А та В). Так, якщо А дорівнює 5, а В – 7, то у разі операції «Додавання» як результат роботи команди буде число 12.

На рисунку 2.13 продемонстровано команду «Математика».

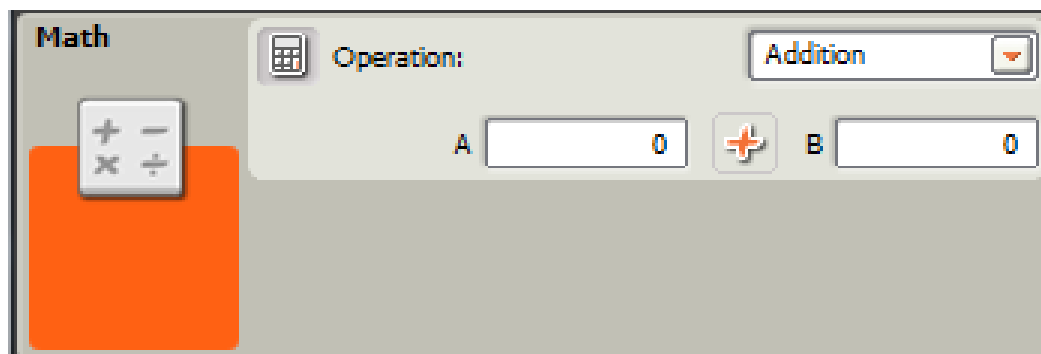


Рисунок 2.13 – Команда «Математика»

Команда «Порівняння» призначена для порівняння. Вона набуває трьох значень порівняння: більше, менше, рівно. Лише зауважимо, що результат у неї – логічного типу, тоді як вхідні дані повинні бути числовими. Знак операції вказується у параметрі Action (Дія).

Власне команду «Порівняння» продемонстровано на рисунку 2.14.

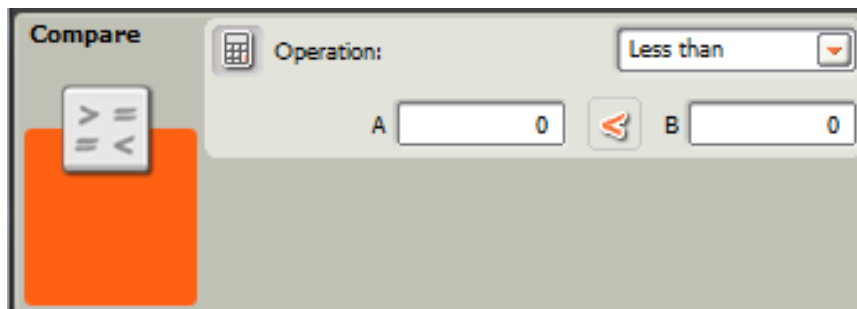


Рисунок 2.14 – Команда «Порівняння»

Команда «Діапазон» призначена для визначення, чи належить число до певного діапазону чисел, чи перебуває поза цим інтервалом. Цей блок може набувати двох значень: у межах інтервалу, поза ним. Так, інтервал, який задається, повинен бути числовим, як і значення, що перевіряється. Якщо значення входить (не входить) до інтервалу, то команда передає до програми логічне значення «Істина».

На рисунку 2.15 наведено приклад команди «Діапазон».

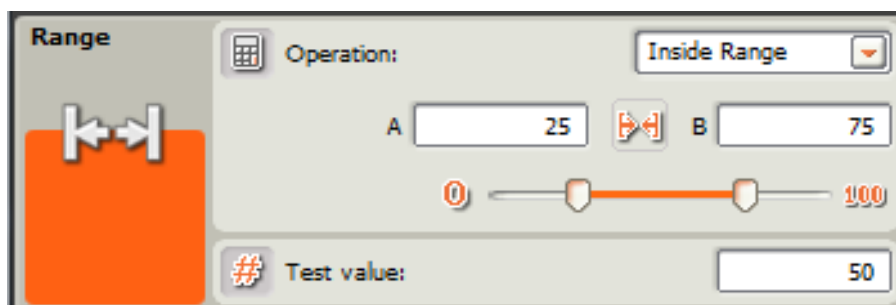


Рисунок 2.15 – Команда «Діапазон»

Команда «Випадкове значення» вважається вагомим елементом теорії програмування. У більш складних мовах її йменують як «Генератор випадкових (псевдовипадкових) чисел». Вказувати діапазон необхідно шляхом задавання максимального та мінімального значення у вікні налаштування параметрів команди. Як результатом її роботи стане випадкове число із зазначеного діапазону.

Власне команду «Випадкове значення» продемонстровано на рисунку 2.16.

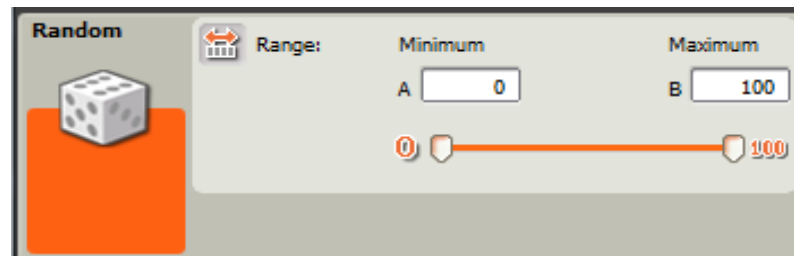


Рисунок 2.16 – Команда «Випадкове значення»

Команда «Змінна» призначена для зберігання інформації у віртуальній папці, котра розташована в пам'яті. Інформація, що може зберігатися, може приймати такі значення: логічний, числовий і текстовий.

На рисунку 2.17 наведено приклад команди «Змінна».

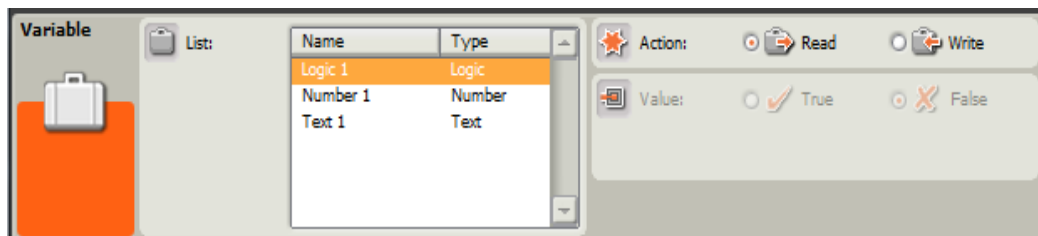


Рисунок 2.17 – Команда «Змінна»

Команда «Константа» багато в чому подібна до змінних, однак їхня головна особливість полягає в тому, що значення константи задається один раз, таким чином, змінюватися більше не може. До того ж вони бувають трьох типів: число, текст та логічне значення. Отже, за замовчуванням можна створити три константи, що відповідатимуть числовому, текстовому та логічному типу.

На рисунку 2.18 продемонстровано команду «Константа».

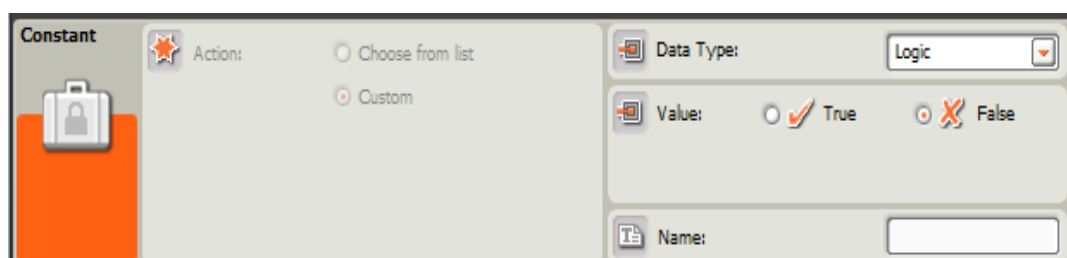


Рисунок 2.18 – Команда «Константа»

Команда «Число в текст» передусім належить до палітри доповнення, котра дозволяє перетворити число на текст, як-от для виведення на екран дисплея.

Власне команду «Число в текст» наведено на рисунку 2.19.

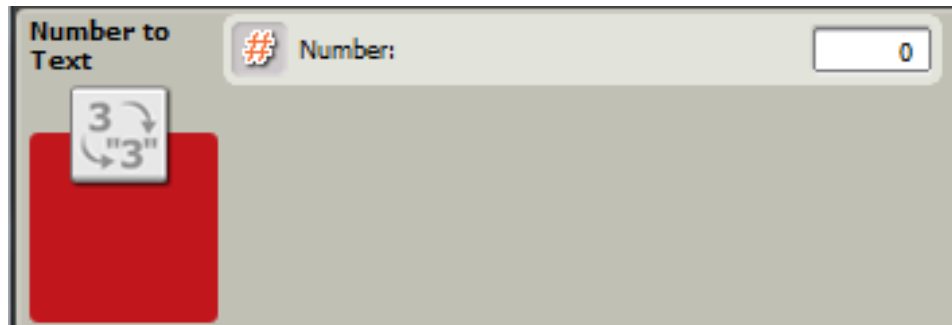


Рисунок 2.19 – Команда «Число в текст»

П'ять кнопок контролера реалізують взаємодію комп'ютера з NXT. Так, на рисунку 2.20 продемонстровано контролер взаємодії у графічному середовищі NXT-G.



Рисунок 2.20 – Контролер взаємодії

Розглянемо призначення кожної кнопки:

– кнопка 1 вікна NXT надає доступ до інформації про ресурс пам'яті NXT, а також про параметри зв'язку;

– кнопка 2 – це кнопка, що відповідає за дії «завантажити та виконати обране». Вона завантажує та запускає для виконання лише частину коду програми, як-от окремий блок чи кілька блоків. За допомогою цієї кнопки можна перевірити частину програми щодо її працездатності. Таким чином, завантажувати програму повністю не потрібно;

– кнопка 3 дозволяє завантажити програму до NXT, після чого з'являється можливість запустити програму для виконання через NXT;

– кнопка 4 відповідає за припинення виконання програми;

– кнопка 5 реалізує дії «завантажити та виконати». Вона розміщена в центрі панелі NXT контролера. Таким чином, за допомогою цієї кнопки спочатку програма завантажується до NXT, а потім запускається для виконання.

3 РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ МОБІЛЬНОГО РОБОТА NXT MINDSTORMS

3.1 Необхідні вимоги для створення програмного забезпечення

Робототехнічний конструктор Lego MindStorms функціонує на базі комп'ютерного контролера NXT, який складається з двох мікропроцесорів, понад 256 кбайт Flash-пам'яті, USB-інтерфейсу, Bluetooth-модуля, а також рідкокристалічного екрана, гучномовця, батарейного блоку, портів датчиків і сервоприводів.

Інформація з комп'ютера передається як за допомогою USB-кабелю, так і через Bluetooth. До того ж, завдяки Bluetooth можна керувати роботом за допомогою мобільного телефону, для цього достатньо встановити Java-застосунок.

За допомогою чотирьох датчиків NXT розуміє довкілля. Елементарний датчик торкання набуває вигляду як кінцевий перемикач. Мікрофон реагує на звук певної гучності. Непростий ультразвуковий далекомір сповіщає контролер про відстань до найближчого об'єкта в сантиметрах. Датчик світла реалізовано через лампу та фотоелемент, які допомагають роботу розпізнавати ступінь освітленості чи кольору. Таким чином, мобільний робот спроможний бачити, чути та сприймати дотик.

Три сервопривідні двигуни MindStorms устатковані вбудованим датчиком повороту. За його допомогою контролер розуміє, на який кут осі повернулися. У разі необхідності сервоприводом можна послуговуватися як вимірювачем відстані. Для цього необхідно лише проскролити колесо рукою та подивитися показання датчика.

У комбінації з різноманітними шестернями та передавальними механізмами за допомогою трьох двигунів конструктора можна реалізувати безліч цікавих процесів.

Для того, щоб створити програму, достатньо сформулювати послідовність іконок, які демонструють ту чи іншу дію. Елементарні налаштування не лише графічно оформлені, але й інстинктивно зрозумілі. Завдяки налаштуванням двигун може виконувати стільки обертів, скільки потребується. Водночас користувач може опрацювати інформацію з певного датчика, відрегулювати чутливість мікрофона чи дальність спрацьовування далекоміра.

3.2 Розроблення схеми руху мобільного робота NXT MindStorms

З метою створення оглядово-локаційної системи мобільного робота NXT MindStorms спершу доцільно побудувати схему руху із заданими перешкодами та розрахунками відстані.

Схему руху мобільного робота NXT MindStorms наведено на рисунку 3.1.

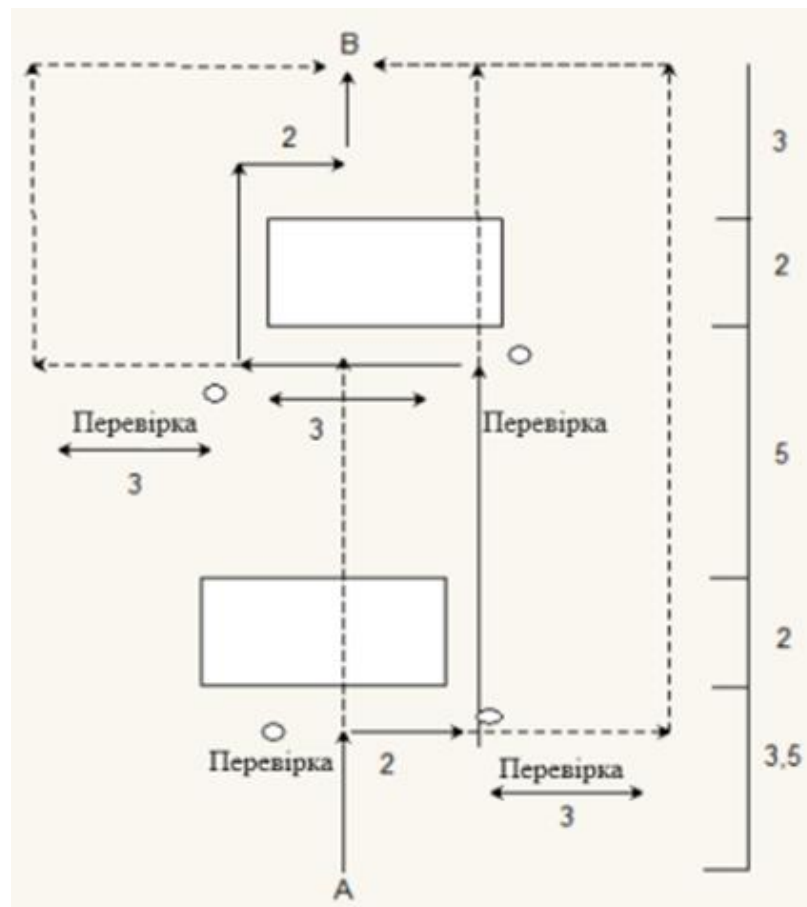


Рисунок 3.1 – Схема руху мобільного робота NXT MindStorms

Так, завдання, що постає перед мобільним роботом, полягає у переміщенні від початкової точки А до кінцевої точки В. Між цільовими точками розміщено дві перешкоди, котрі необхідно виявити роботу, послуговуючись ультразвуковим сенсором, та обійти. Крім того, на схемі зазначено відстань між точками, а також відстань кожного руху мобільного робота. Відстань вимірюється за один повний оберт колеса.

Функціональну схему руху робота продемонстровано на рисунку 3.2.

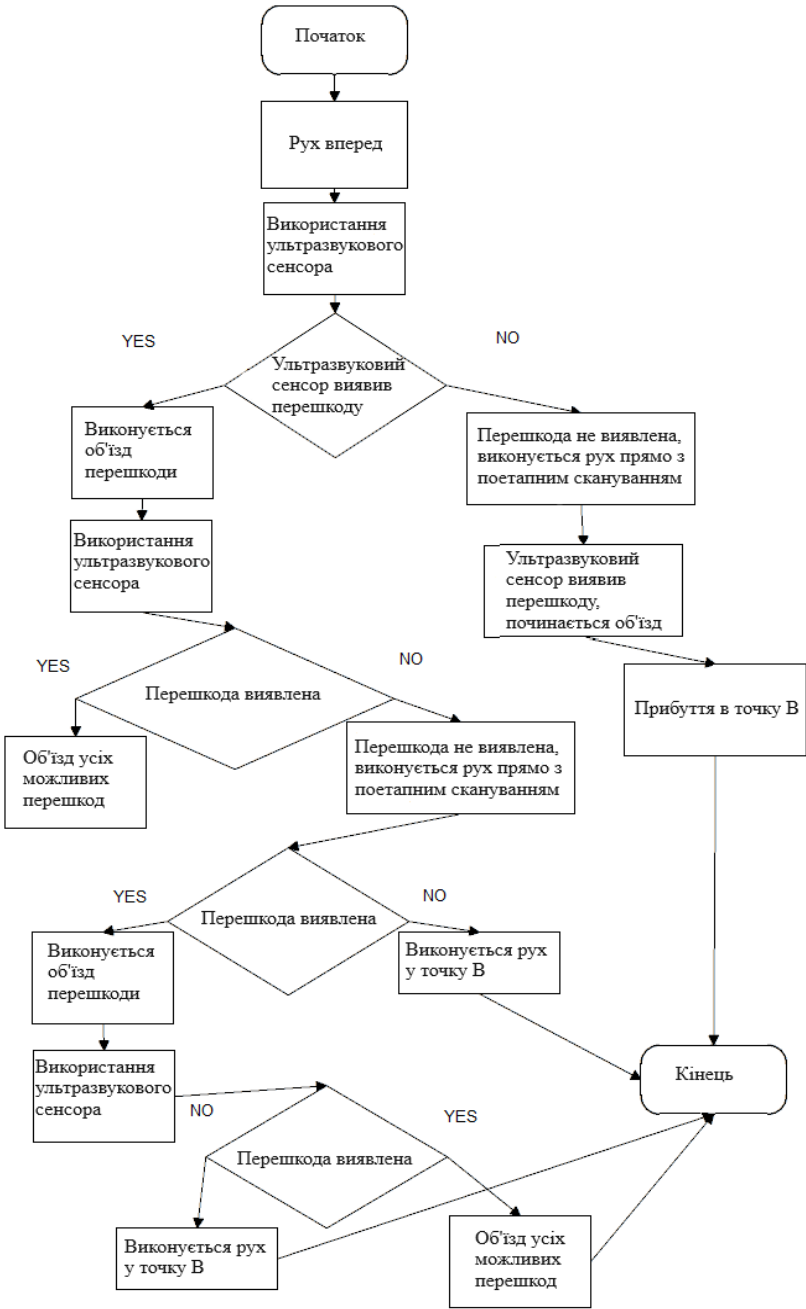


Рисунок 3.2 – Функціональна схема

3.3 Розроблення оглядово-локаційної системи мобільного робота NXT MindStorms

Розроблення оглядово-локаційної системи мобільного робота NXT MindStorms було виконано в середовищі програмування [11]. Застосовуючи схему руху, було доцільно створити та використати блоки руху, звуку, а також ультразвуковий сенсор. Зауважимо, що на схемі руху ультразвукове сканування було застосовано п'ять разів.

Приклад функціонування ультразвукового сенсора під час першого сканування продемонстровано на рисунку 3.3.

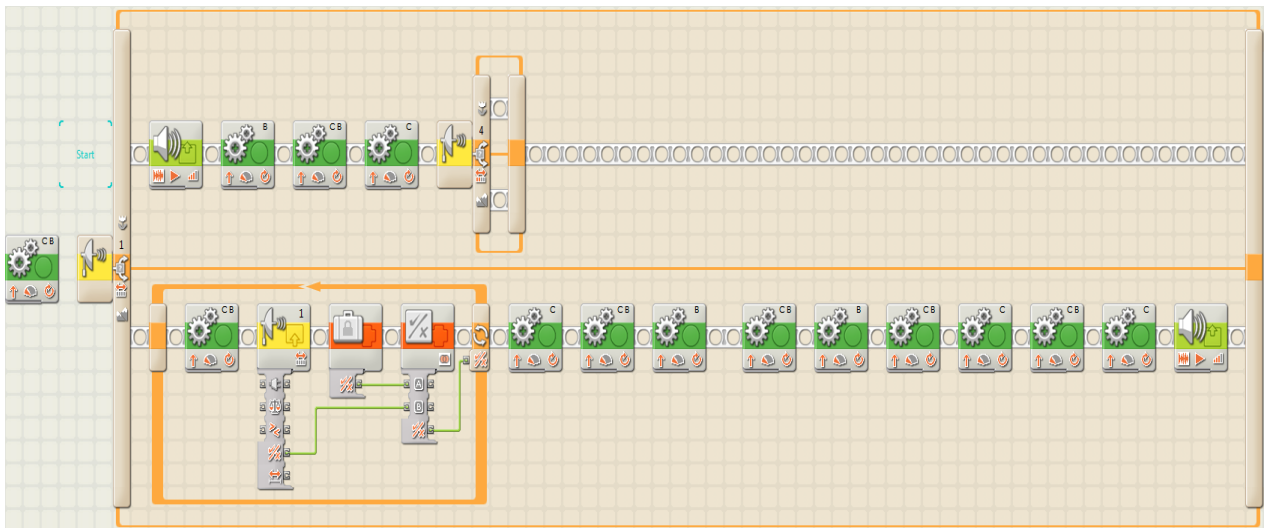


Рисунок 3.3 – Перше сканування

На цьому рисунку зображено, що мобільний робот рушив із точки А та проїхав прямо 3 оберти колеса. Далі застосовується перше ультразвукове сканування. Проте ультразвуковий сенсор налаштований на сканування на відстані 30 см. Якщо ж на відстані до 30 см перешкодне виявлено, то робот активує цикл, в якому функціонують ультразвуковий сенсор, а також команди «Логіка» та «Константа». Уданому циклі мобільний робот рухається циклічно 3,3 оберти, перевіряючи, чи є перешкода на відстані 30 см. Власне цикл триватиме доти, доки робот не знайде перешкоду. Далі мобільний робот повертає ліворуч і їде прямо із тривалістю у 2 оберти. Потім виконує поворот

праворуч, проїжджає 3 повні оберти і повертає праворуч. Таким чином, отримуємо таку схему: робот рухається прямо з тривалістю 2,2 оберти колеса, повертає ліворуч, рухається прямо з тривалістю 2,5 оберти колеса, повертає ліворуч і видає звуковий сигнал про прибуття до точки В.

У разі виявлення перешкоди на відстані 30 см робот спершу видає звуковий сигнал, потім повертає праворуч, застосовуючи порт В із одним повним обортом колеса, далі проїжджає два оберти колеса, повертає ліворуч, застосовуючи порт С із одним повним обортом колеса, і згодом продовжує сканування послуговуючись ультразвуковим сенсором.

На рисунку 3.4 наведено приклад другого сканування.

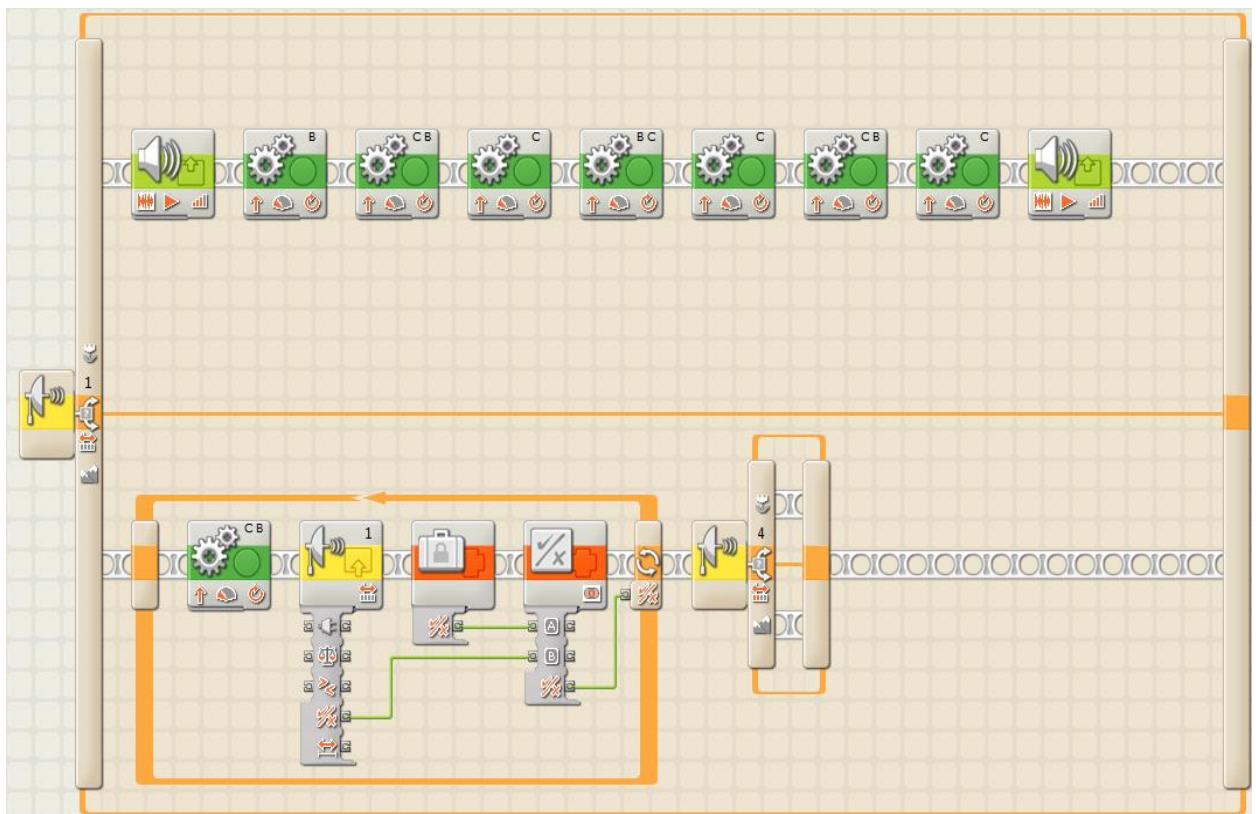


Рисунок 3.4 – Друге сканування

Під час другого сканування на відстані 30 см робота виконує умову також. Якщо робот виявив перешкоду на відстані 30 см, то спочатку подає звуковий сигнал, потім повертає праворуч, проїжджає 3 оберти, повертає ліворуч і проїжджає ще 12 обертів, після чого повертає ліворуч і

проїжджає 5 обертів колеса, далі повертає ліворуч і видає звуковий сигнал про прибуття до точки В. У разі не виявлення перешкод на відстані 30 см, робот застосовує цикл, в якому функціонують команди «Логіка» і «Константа». У такому циклі робот рухається циклічно 7 обертів, перевіряючи, чи наявна перешкода на відстані 30 см. Власне цикл триватиме доти, поки мобільний робот не знайде перешкоди. Після того, як робот виявить перешкоду, розпочнеться третє сканування.

На рисунку 3.5 наведено приклад третього сканування.

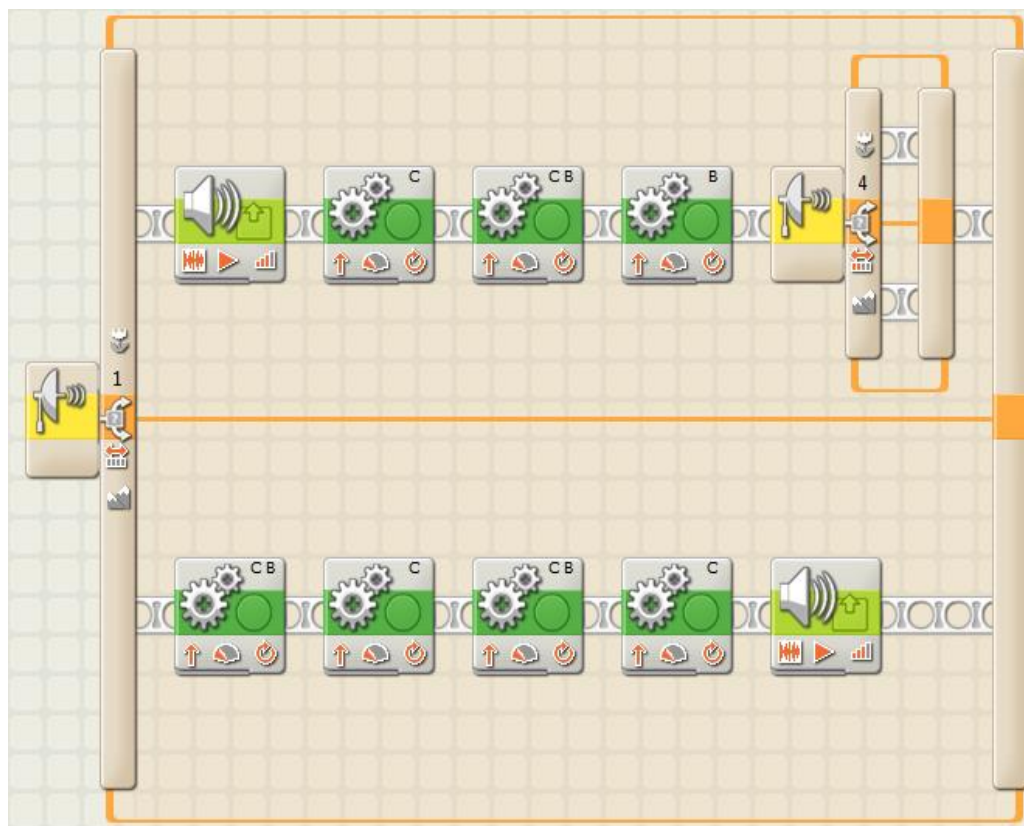


Рисунок 3.5 – Третє сканування

На третьому скануванні мобільний робот послуговується ультразвуковим сенсором із відстанню 30 см з метою виявлення перешкоди. Якщо перешкоду було виявлено, то робот виконує наступну умову. Якщо ж перешкоду виявлено не було, то робот спочатку їде прямо із тривалістю в 5 обертів, потім повертає ліворуч, їде прямо тривалістю 2 оберти, після чого повертає ліворуч і видає звуковий сигнал про прибуття до точки В. У разі

виявлення перешкоди робот спершу видає звуковий сигнал, потім виконує поворот ліворуч і проїжджає прямо відстанню у 3 оберти, після чого повертає праворуч і розпочинає нове сканування.

Приклад четвертого сканування наведено на рисунку 3.6.

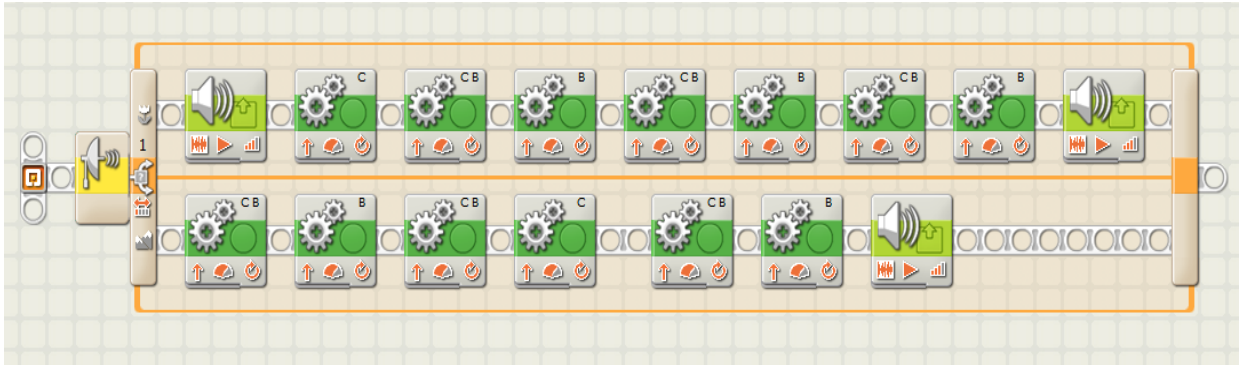


Рисунок 3.6 – Четверте сканування

На четвертому скануванні продемонстровано, що мобільний робот, послуговуючись ультразвуковим детектором, сканує перед собою перешкоди на відстані 30 см із умовою. Якщо перешкоди виявлені не були, то робот їде прямо із тривалістю у 3 оберти, потім повертає праворуч та проїжджає 2 оберти, після чого повертає ліворуч і проїжджає ще 2 оберти. Після прибуття до точки В робот виконує розворот через порт В із тривалістю у 2 повних оберти колеса та видає сигнал про прибуття. У разі виявленні мобільним роботом перешкоди, він видає звуковий сигнал і виконує поворот ліворуч, після чого проїжджає 3 оберти та повертає праворуч. Після повороту мобільний робот проїжджає ще 5 обертів і повертає праворуч, а далі проїжджає 7 повних обертів колеса задля досягнення точки В. Після досягнення точки В мобільний робот повертає праворуч і видає звуковий сигнал про прибуття.

Власне приклад програми оглядово-локаційної системи мобільного робота NXT MindStorms за створеною схемою руху із заданими перешкодами продемонстровано на рисунку 3.7.

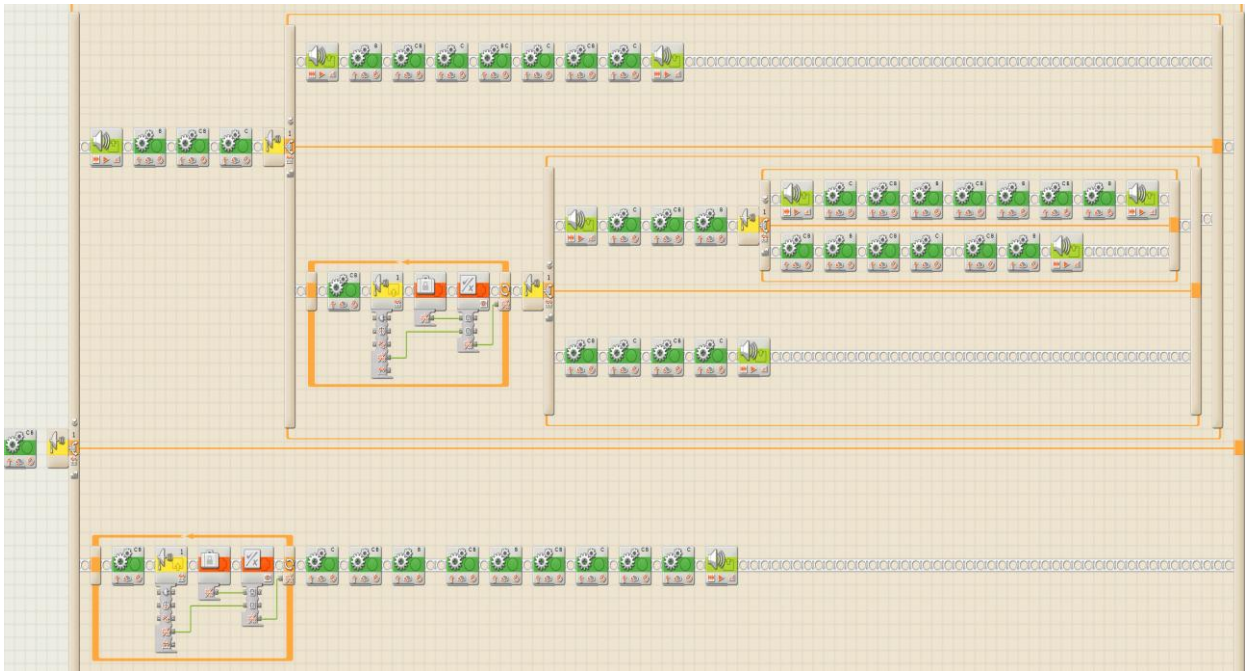


Рисунок 3.7 – Результат програми за схемою руху
мобільного робота NXT MindStorms

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз умов праці на робочому місці

На робочому місці оператора ПК згідно виникають небезпечні та шкідливі фактори: підвищений рівень шуму, несприятливі мікрокліматичні умови, недостатній рівень освітленості, шкідливі речовини, підвищений рівень електромагнітних випромінювань радіочастот, висока напруга електричної мережі, статична електрика та інші. Робота з ПК супроводжується також підвищеним ступенем напруженості трудового процесу. При систематичному впливі виробничих факторів, які не відповідають нормативним показникам, зростає рівень професійно зумовленої захворюваності працюючих та можуть виникнути професійні захворювання органів зору, руху, нервової системи. Таким чином, вивчення умов праці на робочому місці оператора ПК є необхідною умовою запобігання негативних наслідків впливу небезпечних та шкідливих факторів.

Організація робочого місця. Приміщення, в якому знаходиться робоче місце оператора ПК, загальною площею 48 м², і висотою стелі 3,5 м. У приміщенні знаходиться 6 робочих місць з ПК. Кожне робоче місце обладнане робочим столом, стільцем та персональним комп'ютером, що складається з монітора, системного блоку, клавіатури та миші.

4.2 Промислова безпека на робочому місці

Живлення ПК здійснюється від трифазної чотирьох електричної мережі змінного струму з глухо-заземленою нейтраллю і напругою 220 В, частотою 50 Гц. Згідно НПАОП 40.1-1.21-98 приміщення можна віднести до

категорії без підвищеної небезпеки, так як в приміщенні відсутні чинники, які викликають підвищену або особливу небезпеку.

Для створення безпечних умов праці необхідно провести ряд організаційних і технічних заходів. Згідно НПАОП 40.1-1.32-01 для запобігання ураження людини електричним струмом в приміщенні застосовується система занулення.

4.3 Виробнича санітарія у приміщенні

Робота оператора ПК за енерговитратами відноситься до категорії легких робіт. В таблиці 4.1 наведені оптимальні параметри мікроклімату в приміщеннях, де виконуються роботи операторського типу [14].

Таблиця 4.1 – Параметри мікроклімату для приміщень з ПК

Період року	Параметр мікроклімату	Величина
Холодний	Температура повітря в приміщенні; відносна вологість; швидкість руху повітря	22 – 24 °С; 40 – 60 %; до 0,1 м/с
Теплий	Температура повітря в приміщенні; відносна вологість; швидкість руху повітря	23 – 25 °С; 40 – 60 %; 0,1 – 0,2 м/с

Виміряні за допомогою приладів температура та вологість у лабораторії відповідають вказаним у таблиці для теплого періоду року. Слід зазначити, що для нормалізації параметрів мікроклімату слід використовувати у приміщеннях кондиціонування повітря, або забезпечити подачу свіжого повітря системами вентиляції.

Лабораторія, де виконується розробка конструкції модуля, має наступні характеристики:

- площа приміщення 48 м² (8×6 м);

- висота – 3,5 м;
- кількість робочих місць – 6 шт.;
- обладнання – стіл з ПК і периферією – 6 шт.

Приміщення, відповідно до ДНАОП 0.00-1.31-99, має забезпечувати 6 м² площі та 20 м³ обсягу на одне окреме робоче місце з ПК [14]. Площа приміщення 48 м² та об'єм 168 м³, на кожне робоче місце приходиться 8 м² площі і об'єм 28 м³, тобто вимога виконана.

Приміщення з ПК повинні мати природне і штучне освітлення відповідно до ДБН В.25-28-2006 «Природне і штучне освітлення». Природне світло повинно проникати через бічні світлові прорізи, зорієнтовані, як правило, на північ або північний схід, і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5 %.

Рівень загального штучного освітлення приміщення можна перевірити за допомогою методу питомої потужності, викладеної в [14].

Розрахункова формула методу:

$$W = \frac{W_{\Sigma}}{S}, \quad (4.1)$$

де W – питома потужність, Вт/м²;

S – площа приміщення, м²;

W_{Σ} – загальна потужність освітлювальної установки Вт, яка розраховується за формулою:

$$W_{\Sigma} = W_{ce} \cdot n_{ce}, \quad (4.2)$$

де W_{ce} – потужність одного світильника, Вт;

n_{ce} – кількість світильників в приміщенні.

$$W_{\Sigma} = 100 \cdot 4 = 400 \text{ Вт}, \quad (4.3)$$

$$W = \frac{400}{48} = 8,33 \text{ Вт/м}^2. \quad (4.4)$$

Питомої потужності 8,33 Вт/м² по таблиці Б.3 із [14] відповідає освітленість в 250 лк при мінімальній допустимій освітленості 300 лк.

Отже, для створення сприятливих зорових умов в лабораторії необхідно збільшити кількість світильників або замінити лампи в світильниках на більш потужні.

4.4 Пожежна безпека виробничого приміщення

Пожежна безпека – стан об'єкта, при яким виключається можливість пожежі, а у випадку його виникнення запобігає вплив на людей небезпечних факторів пожежі й забезпечується захист матеріальних цінностей.

Пожежна безпека забезпечується системою запобігання пожежі й системою пожежного захисту. У всіх службових приміщеннях обов'язково повинен бути «План евакуації людей при пожежі», що регламентує дії персоналу у випадку виникнення вогнища загоряння, що й указує місця розташування пожежної техніки.

Горючими компонентами у виробничому приміщенні є: перегородки, двері, підлоги, ізоляція кабелів тощо.

Протипожежний захист – це комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпеки людей, на запобігання пожежі, обмеження його поширення, а також на створення умов для успішного гасіння пожежі.

Джерелами запалювання у виробничому приміщенні можуть бути електронні схеми від ПК, прилади, застосовувані для технічного обслуговування, пристрою електроживлення, кондиціонування повітря, де в

результаті різних порушень утворюються перегріті елементи, електричні іскри й дуги, здатні викликати загоряння горючих матеріалів.

У сучасних ПК дуже висока щільність розміщення елементів електронних схем. У безпосередній близькості друг від друга розташовуються сполучні проведення, кабелі. При протіканні по них електричного струму виділяється значна кількість теплоти. При цьому можливо оплавлення ізоляції. Для відводу надлишкової теплоти від ПК служать системи вентиляції й кондиціонування повітря. При постійній дії ці системи являють собою додаткову пожежну небезпеку.

Енергопостачання виробничого приміщення здійснюється за допомогою трансформаторної станції та за допомогою двигун-генераторних агрегатів. На трансформаторних підстанціях особливу небезпеку представляють трансформатори які мають масляне охолодження. У зв'язку із цим перевагу слід віддавати сухим трансформаторам.

ВИСНОВКИ

За результатами напрацювань, зокрема аналізу складових мобільного робота NXT Mindstorms, котра дозволило глибше зрозуміти, як ця навчальна платформа реалізує принципи робототехніки. В першу чергу мікроконтролер – програмований блок з кнопками, екраном і портами для підключення сенсорів і двигунів. Забезпечує керування всією системою. Підтримує програмування за допомогою NXT-G, LabVIEW, RobotC тощо. Має обмежену обчислювальну потужність, але достатню для базових алгоритмів. Три інтегровані моторизовані блоки з вбудованими енкодерами для точного контролю обертів. Важливі для руху платформи (привід коліс) і маніпуляцій. Енкодери дозволяють реалізувати зворотний зв'язок і точне позиціонування. Робот комплектується кількома типами сенсорів, які дозволяють реалізувати адаптивну поведінку, наприклад, слідування по лінії або уникнення перешкод. Вони є ключовим елементом для побудови системи керування з замкнутим контуром. Шасі та механічна конструкція робота виготовляється з Lego-елементів. Гнучка конструкція дає можливість створювати як прості, так і складні моделі. Проте є обмеження по міцності та точності механіки. Програмне забезпечення стандартне – NXT-G (графічне), можливість використання альтернатив (RobotC, EV3, LeJOS тощо).

Графічне середовище програмування – NXT-G, котра розроблене спеціально для робототехнічного конструктора Lego Mindstorms. Його візуальний інтерфейс дозволяє навіть початківцям створювати програми без необхідності знати текстові мови програмування. Програмування здійснюється шляхом з'єднання блоків, що відповідають за різні дії (рух, очікування, логічні умови, цикл тощо). Це розвиває у користувачів логічне мислення та навички алгоритмізації. Попри зручність, середовище має певні обмеження щодо складності програм та гнучкості в порівнянні з текстовими мовами (наприклад, Python або C для NXT). Це може стати перешкодою для

реалізації складних проєктів. NXT-G чудово підходить для навчання основам робототехніки, програмування та логіки. Його часто використовують у навчальних закладах та освітніх програмах для STEM-освіти.

Завдяки підтримці декількох мов програмування (NXT-G, RobotC, NXC, Java, Python тощо), система дозволяє адаптувати розробку під рівень знань користувача – від початківців до досвідчених розробників. У процесі розробки програмного забезпечення можливо ефективно реалізувати різні алгоритми управління (наприклад, слідування по лінії, уникнення перешкод, навігація за допомогою сенсорів), що сприяє глибшому розумінню основ робототехніки, штучного інтелекту та автоматизованого керування. Розробка ПЗ для NXT включає тісну інтеграцію з апаратною частиною: двигунами, сенсорами дотику, світла тощо. Це вчить користувачів і розробників враховувати особливості фізичного середовища, затримки в роботі сенсорів і двигунів, що важливо для створення надійних роботизованих систем. Завдяки можливості підключення зовнішніх бібліотек і використання середовищ як Visual Studio Code, Eclipse, Brick Command Center, можливе створення розширених рішень – включаючи мережеву взаємодію, взаємодію з іншими пристроями, мобільними додатками чи навіть хмарними сервісами.

Отже, NXT Mindstorms – чудовий навчальний інструмент для вивчення основ робототехніки, програмування, сенсорики та систем керування. Його модульність і інтуїтивність дозволяють швидко збирати і змінювати конфігурацію роботів. Обмеження в потужності і точності компенсуються освітнім потенціалом, простотою та підтримкою. Складові системи добре демонструють взаємозв'язок між апаратною та програмною частинами.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 3008:2015 Інформація та документація «Звіти у сфері науки і техніки». Структура та правила оформлювання. / В. Земцева; Ю. Поліщук, канд. фіз.-мат. наук; Р. Санченко, канд. техн. наук; Л. Шрамко; А. Ямчук (науковий керівник) ДП «УкрНДНЦ» від 22 червня 2015р. № 61 з 2017- 07-01.
2. Методичні вказівки з підготовки кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної і заочної форми навчання спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньої програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Упоряд.: І. Ш. Невлюдов, О. І. Филипенко, О. В. Токарева, С. П. Новоселов, О. В. Сичова. – Харків: ХНУРЕ, 2023. – 64 с.
3. Навчальний посібник з підготовки кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів вищої освіти денної і заочної форм навчання спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньої програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»: Навчальний посібник / І. Ш. Невлюдов, В.А. Андрусевич, О. В. Токарева, С. П. Новоселов, О. В. Сичова. – Харків : Видавництво Іванченка І. С., 2022. – 151 с.
4. Невлюдов І. Ш. Людино-машинний інтерфейс в технічних засобах автоматизації: Навчальний посібник / І. Ш. Невлюдов, О. І. Филипенко, Б. О. Шостак. – Харків : «ХТМТ», 2019. – 244 с.
5. Невлюдов І. Ш. Технічні засоби автоматизації: Підручник / І. Ш. Невлюдов, А. О. Андрусевич, О. І. Филипенко, Н. П. Демська, С. П. Новоселов. – Кривий Ріг : Криворізький коледж НАУ, 2019. – 366 с.
6. Lego MindStorms. Посібник користувача / Lego MindStorms, 2021. – 76 р.

7. Michael Gasperi. Extreme NXT / Michael Gasperi, Philippe “Philo” Hurbain, Isabelle Hurbain – USA.: Apress., 2021 – 295 p.
8. Siegwart Roland. Introduction to Autonomous Mobile Robots / Roland Siegwart, Illah R. Nourbakhsh. – A Bradford Book. The MIT Press, 2024. – 336 p.
9. Wojciech G. Real-time Control Teaching Using LEGO MINDSTORMS® NXT Robot [Електронний ресурс] / G. Wojciech, A. Pilat // Proceedings of the International Multiconference on Computer Science and Information Technology, 2018. – pp. 625-628
10. Rosenberg N. Workshop – NXT Programming for beginners / N. Rosenberg, 2022. – Rev. 1. – 102 p.
11. LEGO_Mindstorms [Електронний ресурс] / Режим доступа: [www/URL: http://ua.wikipedia.org/wiki/LEGO_Mindstorms](http://ua.wikipedia.org/wiki/LEGO_Mindstorms)– Загл. с экрана.
12. R. Smith, M. Self, and P. Cheeseman, “Estimating uncertain spatial relationships in robotics,” in Autonomous Robot Vehicles, I. Cox and G. Wilfong, Eds. Springer Verlag, 2020. – pp. 193-197.
13. S. Hutchinson, G. Hager, and P. Corke, “A tutorial on visual servo control,” IEEE Transactions on Robotics and Automation, 2016. – pp. 670-679.
14. Комплекс навчально-методичного забезпечення навчальної дисципліни «Організація керування умовами праці» підготовки освітнього рівня бакалавр усіх спеціальностей та усіх напрямів університету [Електронний ресурс] / ХНУРЕ; розроб.: Т.Є. Стищенко, Г.В. Пронюк, Н.М. Сердюк. – Харків, 2017. – 108 с.