

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет комп'ютерних та інформаційних технологій

(повне найменування факультету)

Кафедра комп'ютерної інженерії та кібербезпеки

(повне найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

SMART-СИСТЕМА НА ОСНОВІ ПЛАТИ MICRO:BIT V2
SMART SYSTEM BASED ON THE MICRO:BIT V2 BOARD

спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма Комп'ютерна інженерія

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи КІ-42
Березко Назар Іванович

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
Поліщук Микола Миколайович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
« ____ » червня 2024 р.

Гарант освітньої програми:

к.т.н., доцент

Лавренчук Світлана Василівна

(підпис)

Луцьк – 2024 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет комп'ютерних та інформаційних технологій

Кафедра комп'ютерної інженерії та кібербезпеки

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 12 Інформаційні технології

Спеціальність: 123 Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: «Комп'ютерна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

проф. Н.Черняшук

« 10 » 01 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Березку Назару Івановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Smart-система на основі плати Micro:bit V2

Керівник роботи к.т.н., доцент Поліщук Микола Миколайович

затверджені наказом закладу вищої освіти від «30» грудня 2023 року № 459/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи 11.06.2024р.

3. Вихідні дані до роботи Джерелом розробки є науково-технічна література та публікації в періодичних виданнях з даного питання, опубліковані зарубіжні та вітчизняні роботи в даній області та різні інтернет-ресурси технічного спрямування

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ

Аналіз предметної області

Технічні та програмні засоби для реалізації smart-системи на основі плати Micro:Bit V2

Практична реалізація smart-системи на основі плати Micro:Bit V2

Висновки

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Аналіз предметної області</i>	<i>Поліщук М.М., доцент</i>		
<i>Технічні та програмні засоби для реалізації smart-системи на основі плати Micro:Bit V2</i>	<i>Поліщук М.М., доцент</i>		
<i>Практична реалізація smart-системи на основі плати Micro:Bit V2</i>	<i>Поліщук М.М., доцент</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Багнюк Н.В., доцент</i>		
<i>Гарант ОП</i>	<i>Лавренчук С.В., доцент</i>		
<i>Показник запозичень тексту</i>		____ %	
<i>Академічна доброчесність</i>	<i>Міскевич О.І., асистент</i>		

7. Дата видачі завдання 10.01.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Розділ 1. Аналіз предметної області</i>	до 15.02.2024 р.	Виконано
2.	<i>Розділ 2. Технічні та програмні засоби для реалізації smart-системи на основі плати Micro:Bit V2</i>	до 15.03.2024 р.	Виконано
3.	<i>Розділ 3. Практична реалізація smart-системи на основі плати Micro:Bit V2</i>	до 04.05.2024 р.	Виконано
4.	<i>Висновки та пропозиції</i>	до 07.05.2025 р.	Виконано
5.	<i>Формування списку використаних джерел</i>	до 10.05.2024 р.	Виконано
6.	<i>Формування додатків</i>	до 15.05.2024 р.	Виконано
7.	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	до 20.05.2024 р.	Виконано
8.	<i>Нормоконтроль</i>	до 01.06.2024 р.	Виконано
9.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	до 04.06.2024 р.	Виконано
10.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	до 11.06.2024 р.	Виконано

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Березко Н.І.

(прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Поліщук М.М.

(прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Березко Н.І. Роботизована система на основі плати Micro:Bit V2. Рукопис.
Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Комп'ютерна інженерія» спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2024. 55 с.

Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків.

Перший розділ присвячено аналізу предметної області, а саме галузі робототехніки. Також в цьому розділі проведено огляд сучасних промислових роботів: колаборативні роботи (коботи), swarm роботи, автономні транспортні засоби, медична робототехніка, гуманоїдні роботи, доповнена реальність та індустрія 4.0.

В другому розділі здійснено вибір та обґрунтування засобів розробки. Зроблено огляд технічні та програмні засоби для реалізації роботизованої системи на основі плати Micro:Bit V2 та представлено технічні характеристики плати. Також огляд основних засобів програмування та інтеграції з платою Micro:Bit V2.

Третій розділ присвячено практичній реалізації роботизованої системи. Також описано покроково розробку програмний коду та програмування плати Micro:Bit V2 за допомогою Microsoft MakeCode для слідування по чорній лінії.

Ключові слова: Micro:Bit V2, роботизована система, середовище програмування, основна плата, датчик, слідування

ANNOTATION

Berezko N.I. A robotic system based on the Micro:Bit V2 board. Manuscript.

Bachelor's qualifying thesis of the OP «Computer Engineering» specialty 123 Computer Engineering. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2024. 55 p.

The qualification work consists of an introduction, three sections, conclusions, a list of used sources, and appendices.

The first chapter is devoted to the analysis of the subject area, namely the field of robotics. This section also provides an overview of modern industrial robots: collaborative robots (cobots), swarm robots, autonomous vehicles, medical robotics, humanoid robots, augmented reality and Industry 4.0.

In the second section, the selection and grounding of development tools was carried out. The technical and software tools for the implementation of a robotic system based on the Micro:Bit V2 board are reviewed and the technical characteristics of the board are presented. Also an overview of the basic programming and integration tools with the Micro:Bit V2 board.

The third section is devoted to the practical implementation of the robotic system. It also describes step-by-step code development and programming of the Micro:Bit V2 board using Microsoft MakeCode to follow the black line.

Keywords: Micro:Bit V2, robotic system, programming environment, main board, sensor, tracking

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ.....	9
1.1 Галузь робототехніки.....	9
1.2 Штучний інтелект і машинне навчання.....	10
1.3 Сучасна галузь промислових роботів	12
1.3.1 Колаборативні роботи (коботи).....	12
1.3.2 Swarm роботи	13
1.3.3 Автономні транспортні засоби	14
1.3.4 Медична робототехніка.....	16
1.3.5 Гуманоїдні роботи	16
1.3.6 Доповнена реальність.....	17
1.3.7 Індустрія 4.0.....	19
РОЗДІЛ 2 ТЕХНІЧНІ ТА ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ РОБОТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ПЛАТИ MICRO:BIT V2	24
2.1 Опис плати Micro:bit V2 та її технічні характеристики.....	24
2.2 Огляд основних засобів програмування плати Micro:Bit V2	27
2.2.1 Основні найпопулярніші засоби програмування	27
2.2.2 Засоби програмування з плати Micro:Bit V2.....	29
2.3 Засоби інтеграції з платою Micro:Bit V2	32
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ПЛАТИ MICRO:BIT V2	34
3.1 Апаратне забезпечення для реалізації роботизованої системи.....	34
3.2 Складання роботизованої системи на основі плати Micro:bit V2.....	38
3.3 Програмування роботехнічної системи.....	41
3.3.1 Програмування для слідування по лінії роботехнічної системи	41
3.3.2 Додаткові можливості роботехнічної системи	44
3.3.3 Експериментальне представлення	45
ВИСНОВКИ.....	47

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	49
ДОДАТКИ.....	53

ВСТУП

Актуальність теми. Перші згадки про робототехніку можна простежити ще із цивілізацій. Найдавніші приклади автоматів можна знайти в грецькій міфології та китайській культурі. З іншого боку, перші промислові роботи з'явилися лише після 1950-х років, що ознаменувало початок нового етапу в галузі робототехніки. Перші роботи були громіздкими, величезними та важкими та їхнє головне застосування було у тільки виробничих середовищах, де вони використовувалися для таких операцій, як зварювання та фарбування. З плином часу роботи зазнали значного прогресу, стаючи більш розумними, витонченими та гнучкими. Крім того, розробка мікропроцесорів і датчиків дозволила їм виконувати більш складні завдання [1, 2].

Метою роботи є створення роботизованої системи на основі Tiny:bit з керуючим мікроконтролером на платі Micro:Bit V2.

Об'єкт дослідження – автоматизований авто-робот Tiny:bit.

Предмет дослідження – проможливості керування роботизованої системи на основі Micro:Bit V2 з мікроконтролером nRF51822.

Для реалізації поставленої мети було поставлено ряд завдань, які необхідно виконати:

- Проаналізу сучасну галузь робототехніки.
- Провести огляд основних засобів програмування плати Micro:Bit V2.
- Дослідити основні засоби інтеграції з платою Micro:Bit V2.
- Спроектувати за допомогою апаратного забезпечення роботизовану систему на основі Tiny:bit з керуючою платою Micro:Bit V2.
- Розробити програмний код та запрограмувати плату Micro:Bit V2 за допомогою Microsoft MakeCode для керування роботизованою системою.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Галузь робототехніки

Робототехніка – це дисципліна, промислова галузь чи розділ науки, яка за останні кілька десятиліть неймовірно зросла та розвивалася, і це зростання та розвиток продовжується швидкими темпами. Нові ідеї постійно генеруються та може бути складно встигати за останніми розробками та тенденціями в галузі. Термін «технологія робототехніки» стосується підгалузі техніки та інформатики, яка зосереджується на створенні, розробці та впровадженні машин, керованих комп'ютером. Одне з визначень робота – це машина, яка здатна самостійно виконувати різноманітні завдання, як правило, взаємодіючи з навколишнім середовищем і приймаючи рішення на основі інформації, яку вона отримує від датчиків, так звані «органи чуття» [1, 2].

Галузі, які зроби значний внесок в розвиток робототехніки є:

- штучний інтелект;
- інформатика;
- електротехніка;
- машинобудування.

У XXI столітті значний прогрес у технології робототехніки став можливим завдяки впровадженню штучного інтелекту, та інших передових технологій. На сьогоднішній день є багато галузей, які починають включати роботів у свою діяльність, наприклад: медична промисловість, сільське господарство, транспортні технології, логістика і навіть дослідження космосу. Вони здатні керувати різноманітними видами діяльності, починаючи від простого повторення і закінчуючи складним прийняттям рішень і вирішенням проблем, і вони працюють у різних контекстах, включаючи лікарні та фабрики. В недалекому майбутньому буде зростання включення роботів у наше повсякденне життя тому, що технології продовжують вдосконалюватися і це призведе до

трансформації нашого життя та того, як ми живемо та взаємодіємо з роботами (рис. 1.1) [1-8].



Рисунок 1.1 – Взаємодія з роботами в повсякденному житті [9]

Метою роботизованих технологій є створення машин, здатних виконувати завдання більш досвідченим, безпечним і ефективним способом, ніж будь-яке інше обладнання чи людина. Робототехніка має широкий спектр застосувань, деякі з яких включають медичних роботів, автономні транспортні засоби, дрони, самокеровані автомобілі та дослідження космосу.

1.2 Штучний інтелект і машинне навчання

Двома найцікавішими та перспективними розробками в області робототехніки є штучний інтелект (AI) і машинне навчання та (ML). На відміну від машинного навчання, штучний інтелект дозволяє роботам навчатися на своєму досвіді та розвиватися з часом. Це дозволяє роботам виконувати роботу, яка інакше була б для них надто важкою. Існує теорія, що протягом наступних

кількох років ця технологія стане ще більш поширеною, оскільки вона вже використовується в таких додатках, як автономні транспортні засоби, промислові роботи та дрони [1, 8, 10, 11].

Найбільш популярні технології за технічним розвитком є штучний інтелект і машинне навчання, які знаходяться в трендах технологічного прогресу на сьогоднішній день. Такі технології використовуються компаніями, які працюють у багатьох секторах, щоб покращити процес прийняття рішень, автоматизувати процеси та отримати практичну інформацію з масивних баз даних. Що стосується рекомендацій щодо електронної комерції та контролю вмісту на платформах соціальних мереж. Персоналізація, керована ШІ, радикально змінює взаємодію з користувачем. AI допомагає пришвидшити процес відкриття ліків у галузі охорони здоров'я, дозволяючи ставити точніші діагнози, що є наголовнішим для пересічного громадянина (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Використанн ШІ в діагностиці раку [12]

Крім того, AI і ML допомагають зробити автоматизовані транспортні засоби та розумні будинки більш поширеними. Зрозуміло, що штучний інтелект і машинне навчання залишаться тут, про що свідчить той факт, що існує зростаючий попит на працівників у сфері штучного інтелекту бо дослідження та розробки в цій галузі постійно розширюються [8, 13].

1.3 Сучасна галузь промислових роботів

1.3.1 Колаборативні роботи (коботи)

Колаборативні роботи – це промислові автоматизовані роботи, що працюють у взаємодії з людиною. Термін «кобот» стосується колаборативних роботів, які спеціально призначені для роботи з людьми в різних середовищах. Однак, на відміну від типових промислових роботів, які часто тримаються на безпечній відстані від працівників за допомогою захисних бар'єрів, коботи можуть безпечно функціонувати в безпосередній близькості від людей (рис. 1.3). Роботи, які вимагають як швидкості, так і точності, такі як складання, пакування та контроль якості, ідеально підходять для цих роботів, оскільки вони підходять для таких завдань [14, 15].



Рисунок 1.3 – Колаборативний робот FANUC Robot CR-4iA [16]

Тенденцією, що розвивається в області автоматизації, є використання коботів, актуальність цих роботів ще остаточно не досліджено. Вони призначені для співпраці з людьми з метою підвищення ефективності, безпеки та адаптивності промислових операцій. Застосування коботів зростає, а особливо серед малого та середнього бізнесу. Основними причинами зростання застосування «коботів» – вони стають економічно ефективнішими та легшими для інтеграції. Одним із головних мотиваційних факторів такої тенденції є широкий промисловий попит на гнучкі та швидко-реагуючі системи автоматизації, які можуть працювати в тандемі з працівниками на різноманітних видах діяльності, починаючи від складання й закінчуючи контролем якості. Поява колаборативних роботів як чудової можливості формувати майбутнє роботи в багатьох галузях промисловості в той час, коли підприємства прагнуть оптимізувати свою діяльність і зберегти конкурентну перевагу, має велике значення [15].

1.3.2 Swarm роботи

Сфера Swarm роботів, відома як ройова робототехніка, досліджує, як величезні набори базових роботів можуть співпрацювати для виконання складних завдань. Більшість цих роботів є малопотужними та простими, але коли вони співпрацюють у великій кількості, вони здатні давати чудові результати (рис. 1.4).

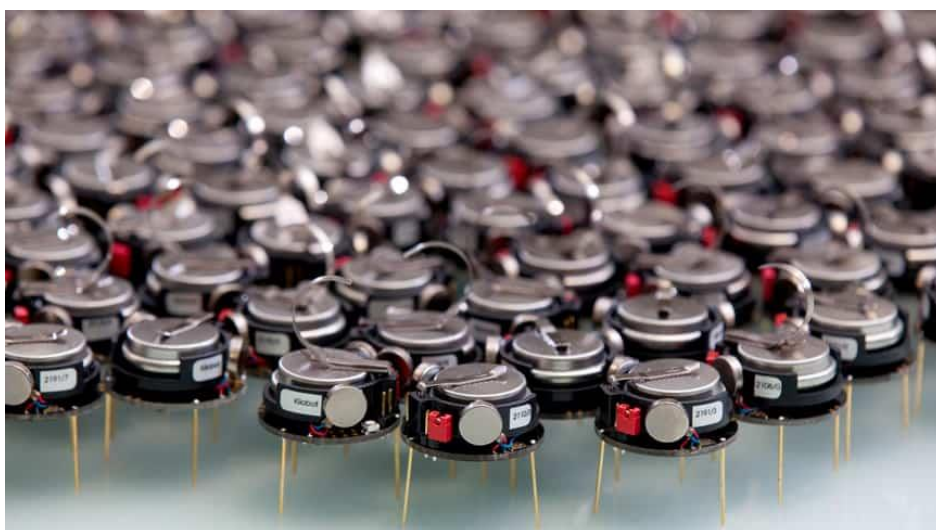


Рисунок 1.4 – Swarm роботи [17]

Пошук і порятунок, моніторинг навколишнього середовища та використання в сільському господарстві – все це приклади застосування робототехніки Swar [18, 19].

Робототехніка Swarm – це галузь, яка набуває великого інтересу в секторі робототехніки та автоматизації. Це поле було нав'язано колективною поведінкою соціальних комах. Щоб виконати складні завдання, потрібна низка роботів, які часто досить прості, щоб співпрацювати та працювати скоординовано. Однією з головних причин його широкого застосування є той факт, що він має потенціал революціонізувати широкий спектр застосувань, включаючи моніторинг навколишнього середовища, сільське господарство та логістику (рис. 1.5). Swarm роботи – це система, яка вважається рішенням таких труднощів, як реагування на стихійні лиха та точне землеробство. Він пропонує такі переваги, як резервування, адаптивність і стійкість. З подальшим розвитком алгоритмів координації та комунікаційних технологій, цілком можливо, що це стане значною роллю в ландшафті автоматизації в майбутньому [18, 19].



Рисунок 1.5 – Використання Swarm роботів в сільському господарстві [20]

1.3.3 Автономні транспортні засоби

Одним із перспективних застосувань робототехніки, яке привертає найбільше уваги та обговорень, є автономні автомобілі. Датчики, системи

глобального позиціонування (GPS) і AI часто використовуються в цих транспортних засобах, щоб сканувати оточення та робити висновки. Автомобілі, які керують самостійно, та інші автономні транспортні засоби мають потенціал зробити революцію в сфері транспорту, а саме: зменшивши кількість аварій, покращивши потік транспорту та зменшивши потребу в місцях для паркування [1, 2, 21].

Постійна зміна міського ландшафту є результатом поширення автономних транспортних засобів. Безпілотні автомобілі та дрони набувають популярності в результаті розвитку AI, сенсорних технологій та комунікацій. Саме такі нововведення сприяли автономним транспортним засобам (рис. 1.6). Беручи до уваги важливі міські потреби сьогодення, які включають підвищення безпеки, зменшення заторів і підвищення ефективності транспорту, ця тенденція виглядає практично вродженою. Кілька великих технологічних компаній і виробників автомобілів роблять значні інвестиції в розробку автономних транспортних засобів, що призводить до вдосконалення послуг спільного використання поїздок і рішень для доставки. Спосіб, у який запропоновано перевозити як людей, так і речі, буде докорінно змінений завдяки автономним автомобілям, оскільки сфера автономних транспортних засобів продовжує розвиватися для адаптації до нових технологій. [1, 2, 22].



Рисунок 1.6 – Безпілотний автомобіль [23]

В результаті появи автономних транспортних засобів і безпілотників транспортна галузь переживає трансформацію, яка зараз має ефект. Поява безпілотних автомобілів, які можуть зробити дороги безпечнішими та ефективнішими, а також безпілотних літальних апаратів для доставки спричиняє значні зміни в ландшафті логістичної галузі. Що стосується доставки посилок, вони надають послуги не тільки ефективні, але й економічні

1.3.4 Медична робототехніка

Медична робототехніка, що швидко розвивається, є однією з галузей, яка переживає величезне зростання, революціонує надання медичної допомоги. Зараз роботи використовуються в різних контекстах для проведення хірургічних процедур, надання допомоги в реабілітації та надання медичної допомоги пацієнтам. Порівняно з людьми-хірургами, медичні роботи здатні виконувати дії з вищим ступенем точності та швидкості, і вони навіть мають можливість працювати протягом більш тривалого часу, не втомлюючись [10]. Охорона здоров'я та хірургічні процедури є двома найважливішими сферами, які швидко трансформуються медичною робототехнікою в результаті досягнень, які вона забезпечує. Лікарі все більше використовують роботів, щоб допомогти їм у виконанні складних процедур, таких як мінімально інвазивні операції та діагностика, з наміром досягти більшої точності та кращих результатів для пацієнтів. Дослідження та розробки в медичній промисловості просуваються вперед завдяки їхній здатності дозволити менш інвазивне лікування та більш точну діагностику. За допомогою телемедицини та віддаленого моніторингу роботи також покращують доступ до медичної допомоги. Вони збираються змінити спосіб, у який ми підходимо до лікування, і процедури, які застосовуються в охороні здоров'я, в результаті постійного вдосконалення технологій [24].

1.3.5 Гуманоїдні роботи

Роботи-гуманоїди навмисно створені для того, щоб виглядати та рухатися так само, як і люди. Той факт, що ці роботи все ще знаходяться на попередніх стадіях розробки, не змінює факту що вони мають потенціал змінити значну

кількість різних галузей промисловості. Роботи-гуманоїди мають різноманітне застосування, включаючи навчання, розваги та особисту допомогу [25]. У сфері науково-фантастичної концепції робототехніки гуманоїд є, мабуть, найцікавішим і найтіснішим прикладом робота. Зараз такі роботи набувають популярності як ключова тенденція в секторі робототехніки та автоматизації. Вони створені так, щоб нагадувати людський вигляд і дії, і зараз набувають популярності. Роботи, такі як Софія та ASIMO (рис. 1.7), стають дедалі популярнішими для різноманітних цілей, включаючи обслуговування клієнтів, освіту та спілкування з літніми людьми. У результаті зростаючого інтересу до соціальної робототехніки та мети розробити машини, здатні взаємодіяти так само, як і люди, ця концепція набирає обертів. На додаток до їх корисності у вищезазначених галузях, вони також викликають серйозні занепокоєння щодо майбутнього спілкування між людьми та роботами [10, 25, 26].



Рисунок 1.7 – Роботи Софія та ASIMO

1.3.6 Доповнена реальність

Завдяки використанню доповненої реальності (AR) можна накласти цифрову інформацію на поверхню фізичного світу. У сфері робототехніки AR має потенціал пропонувати операторам інформацію в реальному часі про

оточення робота, отже, спрощуючи процес керування та моніторингу робота. Ця технологія застосовна в різноманітних контекстах, включаючи ігри та розваги, а також навчання та навчання [10]. Доповнена реальність, часто відома як AR, є ще однією концепцією, що розвивається, застосування якої набирає швидкості та змінює наш спосіб роботи з технологіями. Нанесення цифрової інформації на наше фізичне оточення – це те, як AR покращує наше враження від реального світу. Широкий спектр галузей, включаючи ігри, освіту, навчання, навігацію та інші, можуть отримати вигоду від впровадження цієї технології (рис. 1.8). Це забезпечує плавний перехід між віртуальним і фізичним світами, що, у свою чергу, покращує якість людських зустрічей і підвищує загальну продуктивність. Оскільки технології доповненої реальності, такі як розумні окуляри, стають все більш доступними та прогресивними, кількість людей, які ними користуються, продовжує зростати. Можливість більш захоплюючої та інтуїтивно зрозумілої взаємодії між людиною та машиною є рушійною силою цієї тенденції, яка створює динамічне та світле майбутнє для доповненої реальності в контексті технологій робототехніки та автоматизації [13, 10, 27].



Рисунок 1.8 – Демонстрація можливостей AR Microsoft Holo Lens [28]

1.3.7 Індустрія 4.0

Індустрія 4.0 і розумне виробництво Інтернет речей (ІоТ), великі дані та складна автоматизація – це засоби, за допомогою яких Індустрія 4.0, яку також називають четвертою промисловою революцією, змінює виробництво та автоматизацію. Пристрої ІоТ збирають дані в реальному часі, які потім оцінюються за допомогою аналітики великих даних та передаються. Ця концепція передбачає мережеві системи та прийняття рішень на основі даних для ефективного та гнучкого управління ланцюгом поставок. Важливим наслідком цього є розвиток інтелектуального виробництва, яке передбачає використання роботів, підключених до Інтернету речей, такими компаніями, як BMW і Volkswagen, для досягнення гнучкості в режимі реального часу, отже, підвищення ефективності та скорочення часу простою [24, 29].

Програмні веб-рішення та недорогі роботизовані руки допомагають демократизувати сучасне виробництво та зробити автоматизацію доступною для підприємств будь-якого розміру. Це одна з причин, чому невеликі підприємства повинні прийняти Індустрію 4.0. Це бажання стимулювати промислову автоматизацію для всіх організацій, надаючи низький ціновий діапазон і просте програмування, не жертвуючи потужністю та ефективністю роботів [24, 29].

Проблеми етичного характеру виходять на перший план, оскільки використання робототехніки стає все більш поширеним у суспільстві. Існує низка проблем, які необхідно ретельно вивчити, включаючи переміщення з роботи, занепокоєння щодо конфіденційності та можливість упереджених алгоритмів ШІ. Створення балансу між розвитком технологій і добробутом суспільства є значним викликом, який необхідно подолати [30].

1.4 Аналіз попередніх розробок на BBC micro:bit

Проекти micro:bit – це є одне з найкращих платформ для початку, якщо потрібно зробити перші кроки у світ програмування мікроконтролерів або плат.

З моменту випуску в 2015 році BBC micro:bit став дуже популярним серед комп'ютерних любителів і технічних ентузіастів, які хочуть дізнатися більше про внутрішню роботу як апаратного, так і програмного забезпечення. Власний міні-комп'ютер BBC micro:bit є також чудовий спосіб залучити дітей або початківців до програмування. Він пропонує чудовий і простий спосіб створювати та будувати проекти, які дозволяють втілити любі фантазії.

Спочатку micro:bit постачався з процесором ARM з тактовою частотою 16 МГц, який був основою для безлічі проектних ідей, деякі з яких представлені на веб-сайті BBC micro:bit. У 2020 році micro:bit отримав велике оновлення, яке запропонувало шанувальникам нове апаратне забезпечення та функції.

Micro:bit V2 приблизно в чотири рази швидший за свого попередника, оснащений 64 МГц 32-розрядним процесором ARM Cortex-M4 із FPU та у вісім разів більшим обсягом оперативної пам'яті (128 КБ). Він також поставляється з дротами Bluetooth, датчиками руху та температури, а також вбудованим динаміком і мікрофоном.

Простота micro:bit робить його ідеальним вибором для новачків. Отже, незалежно від того, що потрібно створити автоматичну систему чи розробити гру, micro:bit – чудова плата для початку. Можна представити кілька наших найвідоміших проектів:

1. Нічник Micro:bit – це нічник, який використовує світлодіодний дисплей micro:bit, щоб світитися в темряві. Як і в проектах датчиків сонячного світла, тут також використовується датчик світла micro:bit, тож, коли настає темрява, світлодіоди вмикаються. Проект дозволяє користувачам змінювати зображення, що відображаються за допомогою маленького комп'ютера, або просто створювати миготливе світло [31].

Цей код може регулювати ввімкнення індикаторів, коли досягнуто певного порогового значення, який також можна регулювати відповідно до умов освітлення. Зображення можна навіть змінити, щоб показати зірку або місяць. Micro:bit можна використовувати, якщо його прикріпити до акумуляторної

батареї, як додатковий ліхтар безпеки під час ходьби або їзди на велосипеді (рис. 1.9).

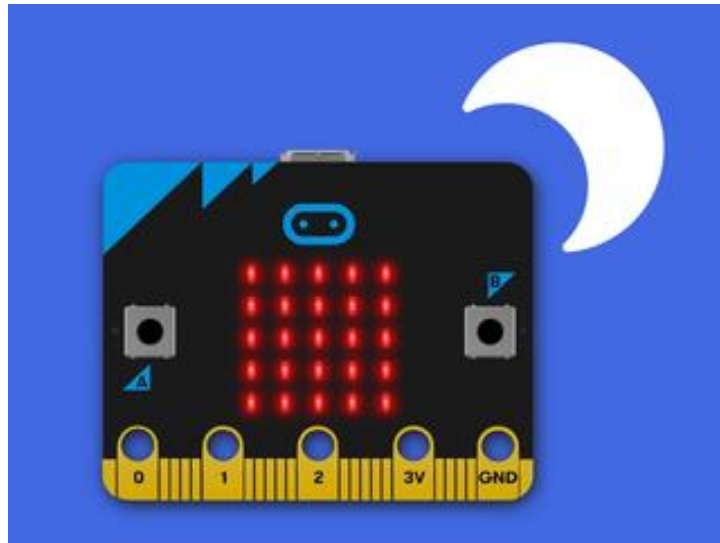


Рисунок 1.9 – Нічник Micro:bit [31]

2. Micro:bit Машина азбуки Морзе

У цьому чудовому проєкті BBC micro:bit стає машиною азбуки Морзе, і його розробив Джон Гудмен [32]. Тут він демонструє, що ви можете зробити, якщо у вас є два пристрої, обидва підключені до пари короткохвильових трансиверів.

Один micro:bit використовується для надсилання крапок і тире за допомогою лише п'єзозумера, а інший пристрій підключено до динаміка. Ви можете використовувати кнопки на пристрої, або, як демонструє Гудман, контакт 2 плати можна використовувати як ємнісний сенсор для надсилання сигналів.

Отриманий код зберігається у вигляді літер у пам'яті, і після отримання повідомлення воно з'являється на дисплеї пристрою. Це було закодовано в Micro-python. З моменту початкового кодування Джон Гудмен розробив код, щоб збільшити діапазон сигналу настільки, щоб надсилати сигнали в межах більшої області. Також є меню, яке відобразатиметься, коли потрясти плату micro:bit.

3. Micro:bit Радіо комунікатор

У кожену плату мікро:біт вбудовано радіомодуль 2,4 ГГц Nordic Semiconductor nRF51822, тому цей проект використовує цю функцію для надсилання та отримання номерів. Завдяки саме цьому модулю два пристрої мають змогу посилати один одному сигнали. Для коректної роботи потрібно ще одна плата рацювало, вам знадобиться інша людина зі своїм micro:bit.

Після того, як завантажується програма на обидві плати micro:bits, можна натиснути кнопки «А» і «В», щоб змінити номер, який потрібно надіслати на інший пристрій. «А» зменшить число на одиницю, а кнопка «В» збільшить значення на одиницю. Коли користувач визначиться зі значенням, яке потрібно надіслати, то потрібно натиснути одночасно кнопки «А» та «В». Далі інший пристрій отримує цей такий номер протягом кількох секунд. Micro:bit Радіо комунікатор також можна використовувати в інших заходах, які пов'язані із спілкуванням, наприклад, розробити власну кодовану мову на основі чисел. По суті, проект нагадує класичні ігри з двостороннім радіозв'язком, «раціями», але оновленими до .hex або Java.

4. Компас Micro:bit

Цей проект створювалось для допомоги туристам та військовим, які завжди покаже шлях на північ. Micro:bit містить магнітометр, або більш просто відомий як датчик компаса, який використовується для вимірювання магнітних полів. Під час першого використання його потрібно відкалібрувати, і це можна легко зробити, нахиливши пристрій, доки не засвітяться всі світлодіоди. Після цього плата micro:bit готова до роботи, і тепер він відобразить букву «N» на світлодіодному дисплеї кожного разу, коли він буде вказувати в напрямку північного магнітного полюса Землі [33]. Загальний вигляд плати в роботі представлено на рисунку 1.10.

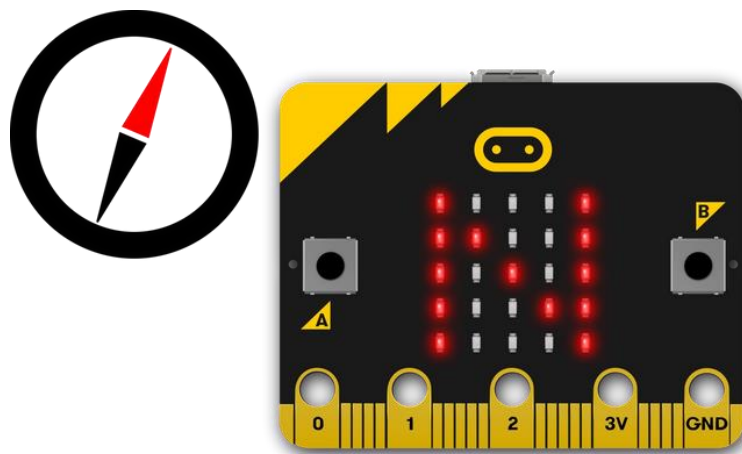


Рисунок 1.10 – Компас Micro:bit

РОЗДІЛ 2

ТЕХНІЧНІ ТА ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ РОБОТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ПЛАТИ MICRO:BIT V2

2.1 Опис плати Micro:bit V2 та її технічні характеристики

Micro:bit – це одноплатний комп'ютер (SBC), який містить прикладний процесор із різними вбудованими периферійними пристроями. До цієї мікросхеми підключаються також інші периферійні пристрої. Процесор інтерфейсу підключений до процесора додатків і керує зв'язком через інтерфейс USB, включаючи процес мигання коду перетягування. Також процесор інтерфейсу не керує жодними периферійними пристроями на платі, але підключений до прикладного процесора на внутрішній шині I2C плати.

Якщо потрібно почати програмувати або та створювати різноманітні автоматизовані системи, які б зацікавили молодих людей кодуванням – тоді BBC micro:bit v2 ідеально підходить.

Плата Micro:Bit V2 (рис. 2.1) розміром лише 4 см x 5 см має вражаючий процесор ARM Cortex m4 і 512 КБ флеш-пам'яті, що робить його потужним пристроєм. Micro:bit доступний у 4 кольорах і має різні індивідуально програмовані входи та виходи, включаючи світлодіодний матричний дисплей 5×5, кнопки, динаміки та мікрофон. Micro:bit також має датчик температури, акселерометр, сенсорний логотип і вбудований режим сну/вимкнення. Він сумісний із багатьма безкоштовними онлайн-редакторами коду, створеними для різних рівнів знань у різних мовах програмування, тож ви можете знайти те, що вам підійде для навчання чи викладання. Існує нескінченна кількість безкоштовних проектів, планів уроків і заходів, які можна спробувати, тому є всі причини почати свою подорож micro:bit сьогодні.

Основні характеристики micro:bit v2:

- 25 світлодіодних матриць на дошці, де можна прокручувати повідомлення або відображати цифри.
- Акселерометр для виявлення руху або нахилу.

- З'єднання Bluetooth для взаємодії з Інтернетом або іншими пристроями.
- Дві кнопки введення користувача.
- Підключення Micro USB для використання з ПК для програмування.
- Порт для акумуляторної батареї.
- Процесор ARM Cortex-M4 (рис. 2.2).
- Вбудований динамік і мікрофон (тільки у нових моделях).
- 20-контактний крайовий роз'єм уздовж нижньої частини плати.

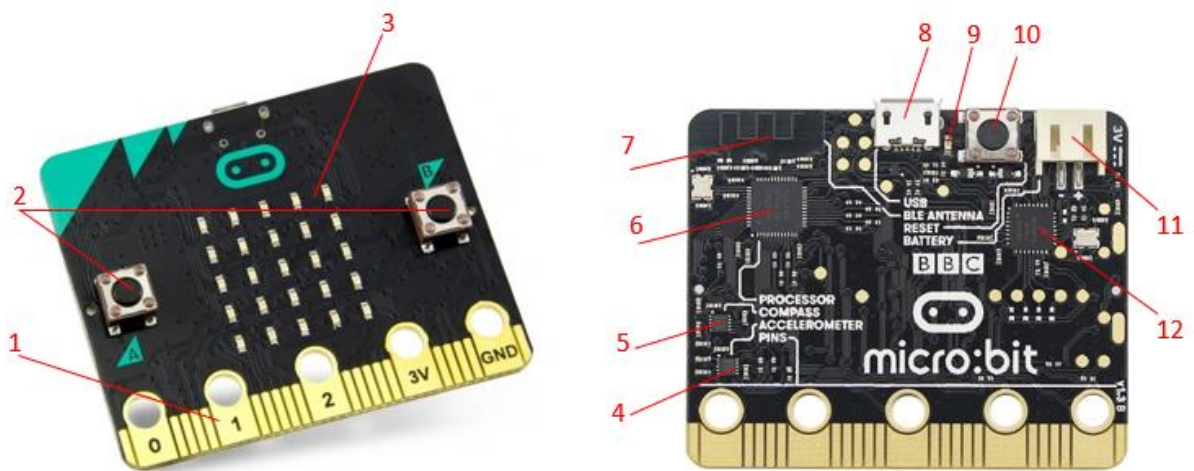


Рисунок 2.1 – Плата micro:bit: 1 – піни для підключення; 2 – кнопки; 3 – 25 світлодіодних матриць; 4 – Акселерометр для виявлення руху або нахилу; 5 – магнітометр; 6 – мікроконтролер nRF51822; 7 – антена 2.4 ГГц; 8 – роз'єм micro-USB; 9 – світлодіодна індикація; 10 – клавіша скидання; 11 – роз'єм для підключення джерела живлення; 12 – контролер KL26Z-48

BBC micro:bit був створений для користувачів у 2016 році та мав величезний успіх у всьому світі, повністю змінивши те, як діти вивчають комп'ютери в цифровому вигляді. Усі функції micro:bit, які всім подобаються, залишилися, а деякі нові були додані. Також можна зауважити, що плата micro:bit v2 зворотно сумісна з іншими платами, екосистемами та аксесуарами micro:bit. Тож вам не доведеться турбуватися про заміну наявного обладнання.



Рисунок 2.2 – Процесор ARM Cortex-M4

З 2016 року плата micro:bit модифікувалась та отримала більш кращі характеристики, а саме:

- Новий вбудований динамік і мікрофон.
- Обсяг пам'яті збільшено на 700% з 16 КБ до 128 КБ оперативної пам'яті та з 256 КБ до 512 КБ флеш-пам'яті, що надає пристрою набагато більше можливостей. Центральний процесор було оновлено з Cortex m0 на 16 МГц до Cortex m4 із плаваючою комою на 64 МГц.

- З'єднувачі із золотистим краєм мають невеликі поглиблення, що дозволяє набагато легше створювати прототипи за допомогою затискачів у формі крокодила, які не відпадають. Тепер плата може подавати 200 мА на аксесуари, порівняно з 90 мА в попередній версії плати. Додаткові можливості введення досягаються за допомогою датчика дотику, який супроводжує наявні дві кнопки.

- Версія 2 тепер має світлодіод живлення, і його можна вимкнути замість того, щоб виймати батареї. Здатний підтримувати як ШІ, так і машинне навчання.

Micro: bit дуже простий у використанні, тому не потрібно багато складних периферійних пристроїв, щоб почати – все, що потрібно, це ПК або мобільний пристрій, щоб запрограмувати його.

Для побудови та створення проектів за допомогою micro:bit, деякі додаткові предмети, які чудово мати, включають навушники, затискачі крокодила та електропровідні матеріали, такі як алюмінієва фольга та скріпки.

Після того, як micro:bit запрограмовано, залишається у флеш-пам'яті, і ви зможете запускати його щоразу скільки завгодно разів. Потім можна перепрограмувати його будь-коли та спробувати створити інший проект, одночасно можна проводити 1 програму.

2.2 Огляд основних засобів програмування плати Micro:Bit V2

2.2.1 Основні найпопулярніші засоби програмування

Основні засоби для програмування мікроконтролерів включають мови програмування, середовища розробки, системи контролю версій та інструменти для тестування. Мови програмування є основними інструментами для написання програмного коду, а саме для програмування використовуються найпопулярніші такі мови:

1. Python – це високорівнева мова з простим синтаксисом, яка використовується для машинного навчання, веб-розробки та аналізу даних.

2. JavaScript – це насамперед основна мова програмування для веб-розробки на стороні клієнта, також використовується на серверній стороні з Node.js.

3. Java – це найпоширена мова для розробки корпоративних та Android-додатків.

7. PHP – мова для веб-розробки на стороні сервера.

5. C# – це є основна мова для розробки під платформу .NET, популярна для створення саме бізнес-додатків та комп'ютерних ігор (Unity).

4. C++ – використовується для системного програмування, розробки ігор, та високопродуктивних додатків.

7. Swift – це універсальна багатопарадигмальна мова програмування, розроблена Apple Inc. Вона була вперше представлена в 2014 році як заміна мови

програмування Objective-C, яка раніше була основною мовою для розробки додатків на платформах Apple, включаючи iOS, macOS, watchOS і tvOS.

6. Ruby – ця мова програмування відомий завдяки своєму фреймворку Ruby on Rails для веб-розробки.

Далі потрібно вибрати середовище розробки (IDE), яке задовільнить всі вимоги. Інтегровані середовища розробки надають розробникам набір інструментів для написання, налагодження та тестування коду. Найбільш популярні середовища розробки представлено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Найбільш популярні середовища розробки (IDE)

Середовище розробки	Особливості
Visual Studio Code	популярний редактор коду з підтримкою багатьох мов та розширень.
PyCharm	Спеціалізується на Python-розробці.
IntelliJ IDEA	Популярний для Java-розробки, підтримує багато інших мов через плагіни.
Eclipse	Відкрите середовище розробки, часто використовується для Java.
NetBeans	Також популярний для Java, має підтримку інших мов.

Для допомоги керування змінами у кодї, особливо при спільній роботі використовується системи контролю версій (VCS), найбільш популярні представлено на рисунку 2.3.

Після розробки програмного коду його потрібно протестувати, саме тоді стають в нагоді інструменти для тестування, які допомагають автоматизувати процес тестування коду. Напопулярніші інструменти для тестування:

1. JUnit (фреймворк для тестування Java-додатків).
2. pytest (бібліотека для тестування Python-коду).
3. Selenium (інструмент для автоматизованого тестування веб-додатків).

4. Jest (фреймворк для тестування JavaScript-коду, часто використовується з React).

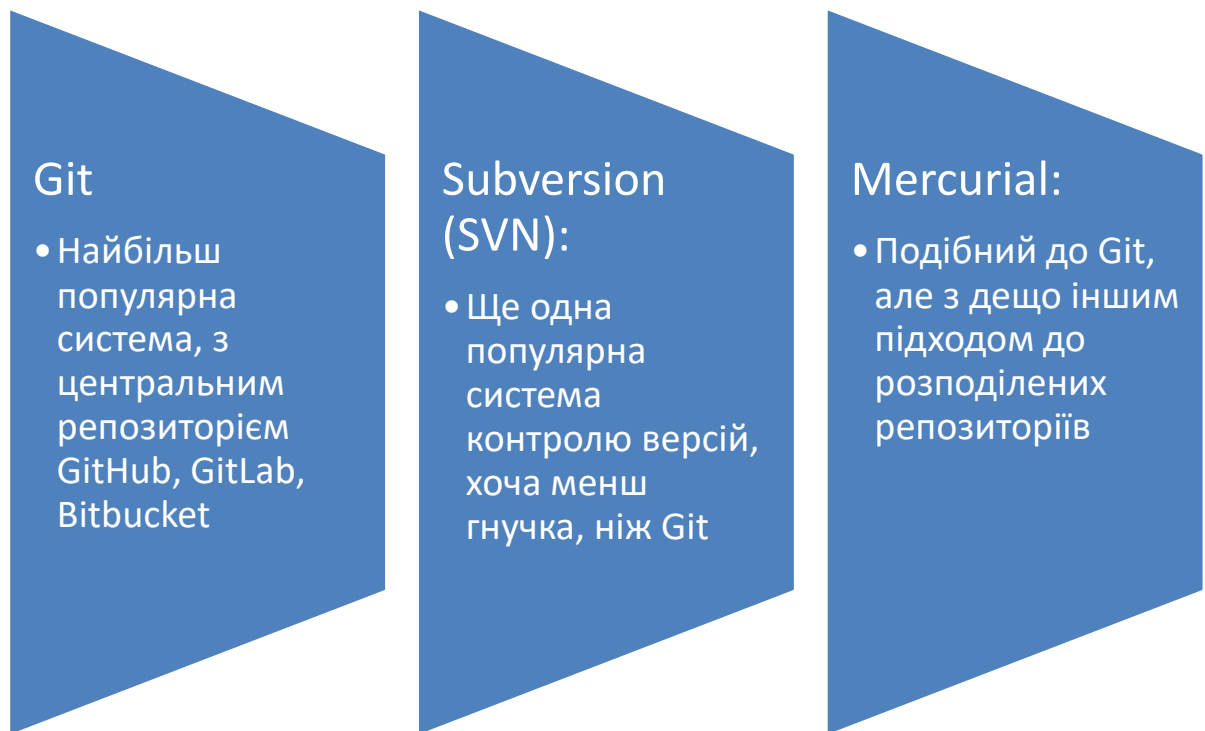


Рисунок 2.3 – Системи контролю версій (VCS)

Інші інструменти також відіграють важливу роль у процесі розробки. Для прикладу Інструмент для контейнеризації додатків, що дозволяє запускати їх у відокремленому середовищі – Docker. Часто використовується разом з Docker система для оркестрації контейнерів Kubernetes. Для автоматизації CI/CD процесів використовується інструмент Jenkins. Ansible, Puppet, Chef – ці інструменти використовуються для автоматизації управління конфігураціями.

Вибір інструментів залежить від конкретних потреб проекту та особистих вмінь, навичок та уподобань розробників.

2.2.2 Засоби програмування з плати Micro:Bit V2

Micro V2, як відомо з попередніх розділів, це невелика програмована плата, розроблена для навчання програмуванню, електроніці та робототехніці. Вона має ряд вбудованих функцій, таких як LED-матриця, акселерометр, компас, кнопки, мікрофон, динамік та Bluetooth. Огляд основних засобів програмування та

інтеграції з цією платою включає різні мови програмування та середовища розробки, що підходять для роботи з Micro V2.

Основним та найпростішим засобом програмування для Micro V2 є Microsoft MakeCode (рис. 2.4), це є візуальне середовище програмування, яке дозволяє створювати програми для плати Micro:Bit V2 за допомогою блоків, схожих на пазли. Основними перевагами та водночас особливостями є інтерфейс з блоками та можливість писати код на JavaScript, симулятор для тестування коду перед завантаженням на плату та платформа: веб-інтерфейс, що не потребує встановлення.

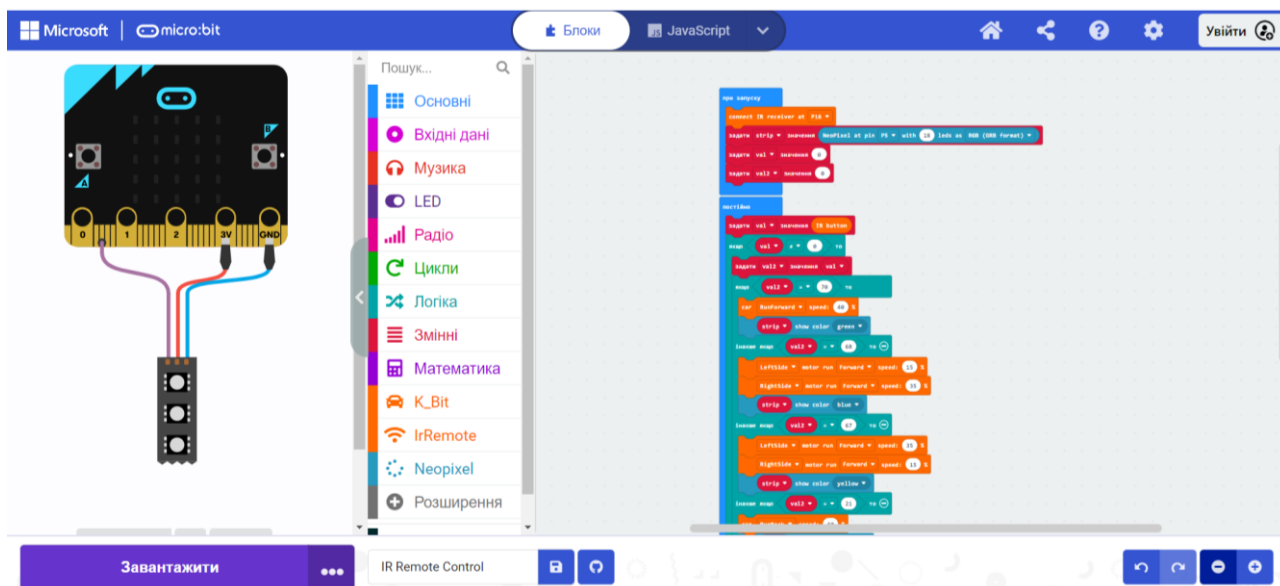


Рисунок 2.4 – Приклад програми в Microsoft MakeCode блоками

Крім того, що можна складати програму за допомогою блокув по типу Скретчу також можна написати програму за допомогою однієї з найпопулярнішою, на сьогоднішній день, мовою програмування – Python. MicroPython – це спрощена версія мови Python, оптимізована для мікроконтролерів. Особливості MicroPython є: простота синтаксису, бібліотеки спеціально створені для роботи з функціями Micro та середовище розробки Mu Editor насамперед є простий редактор для роботи з MicroPython. На рисунку 2.5 представлено приклад коду програми в редакторі MakeCode але код прописано на Python.

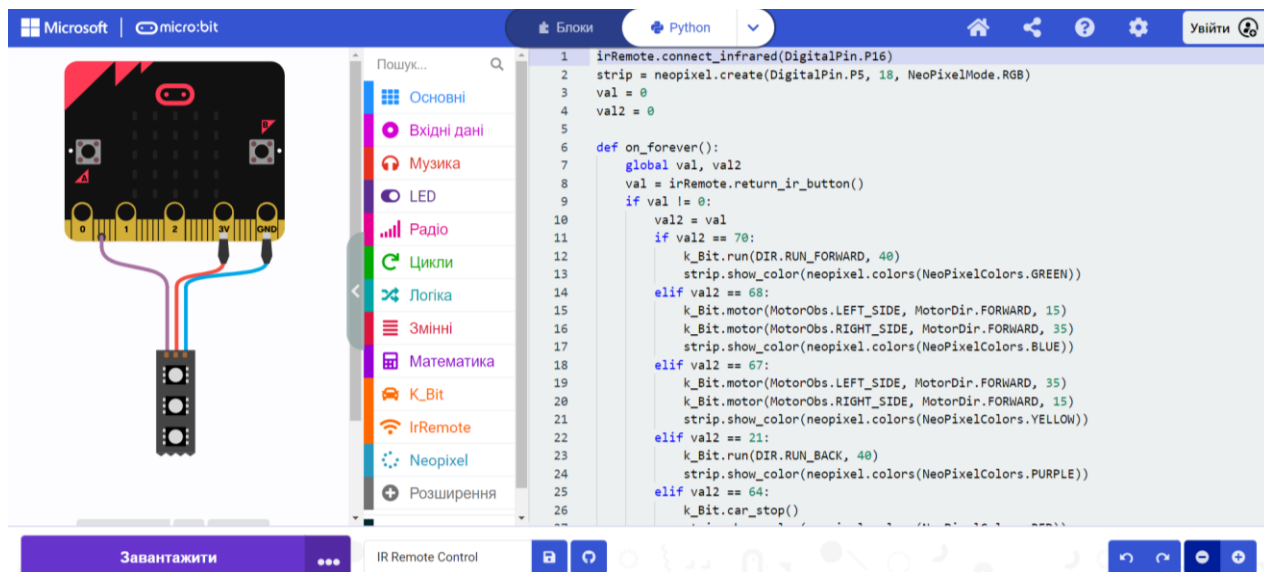


Рисунок 2.5 – Приклад програми в Microsoft MakeCode мовою Python

Крім програмування за допомогою блоків та Python, також є можливість це зробити на JavaScript (рис. 2.6), її можна використовувати в MakeCode для створення більш складних програм, ніж за допомогою блоків. Особливостями використання JavaScript в MakeCode є можливість перемикавання між блоками та текстовим кодом, а також підтримка більш складних логічних конструкцій.

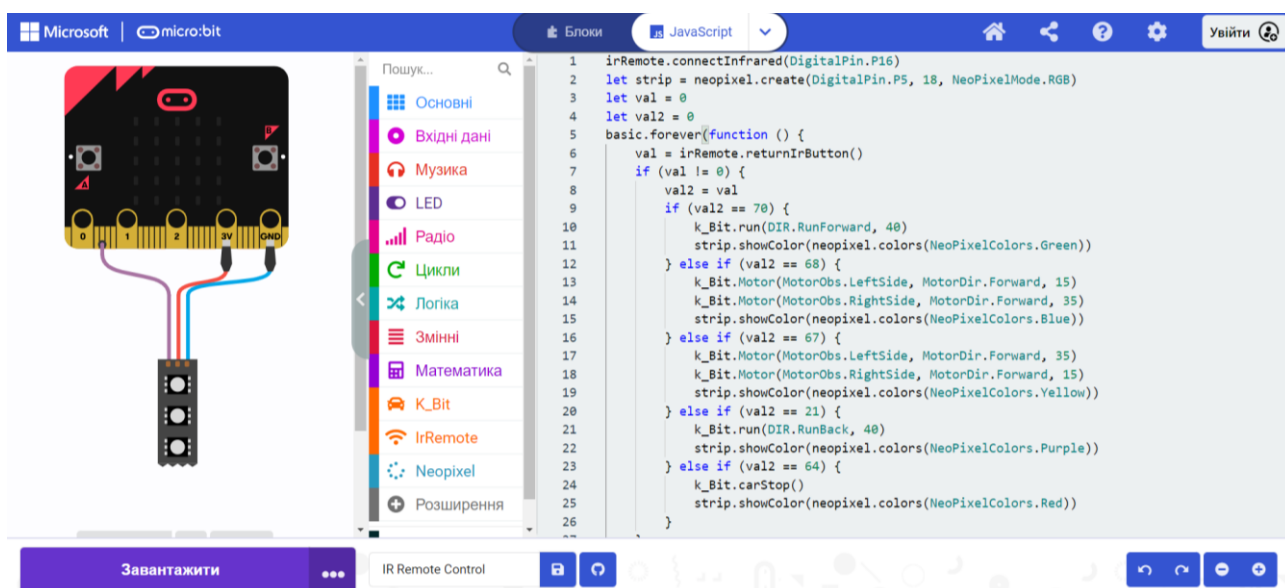


Рисунок 2.6 – Приклад програми в Microsoft MakeCode мовою JavaScript

Також можна використовувати мову C++ для створення високопродуктивних програм для Micro V2, але з більш детальним контролем над апаратною частиною. Особливостями застосування мови C++ є використання фреймворка mbed для розробки, можливість створення більш оптимізованих програм та ARM mbed онлайн-компілятор.

2.3 Засоби інтеграції з платою Micro:Bit V2

Інтеграція плати Micro V2 полягає в можливості завантаження програми декількома способами:

1. Завантаження програми на плату Micro:Bit V2 у вигляді .hex файлу та скопіювати на Micro через USB за допомогою MakeCode та Mu Editor (рис. 2.6).

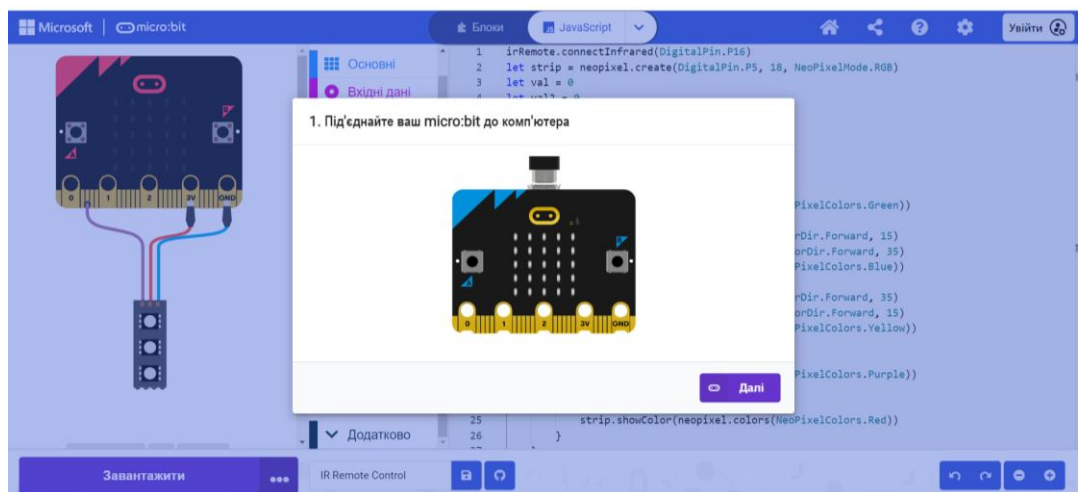


Рисунок 2.6 – Завантаження програми на плату Micro:Bit V2 у вигляді .hex файлу

2. Завантаження програми на плату бездротово через Bluetooth, але потрібно додаткові налаштування.

3. Використання онлайн-компілятора для завантаження програм напряму на плату – MBED.

Для роботи з платою Micro:Bit V2 також можна використовувати додаткові інструменти, а саме:

- Tinkercad підтримує симуляцію Micro для тестування схем та коду без фізичного пристрою.
- Thonny являє собою редактор для MicroPython, який можна використовувати з Micro.
- Adafruit Blocks – набір додаткових блоків для MakeCode, що розширюють функціональність стандартного набору блоків.

Micro V2 є чудовим інструментом для навчання програмуванню та електроніці. Вибір засобів програмування залежить від рівня підготовки та потреб користувача. Для початківців підходить MakeCode з його візуальним підходом, тоді як досвідчені розробники можуть використовувати Python або C++ для більш складних проектів.

РОЗДІЛ 3

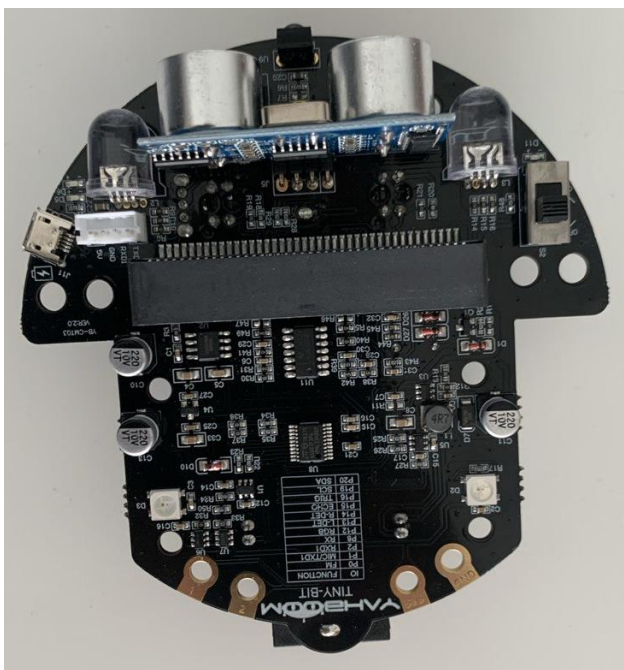
ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ПЛАТИ MICRO:BIT V2

3.1 Апаратне забезпечення для реалізації роботизованої системи

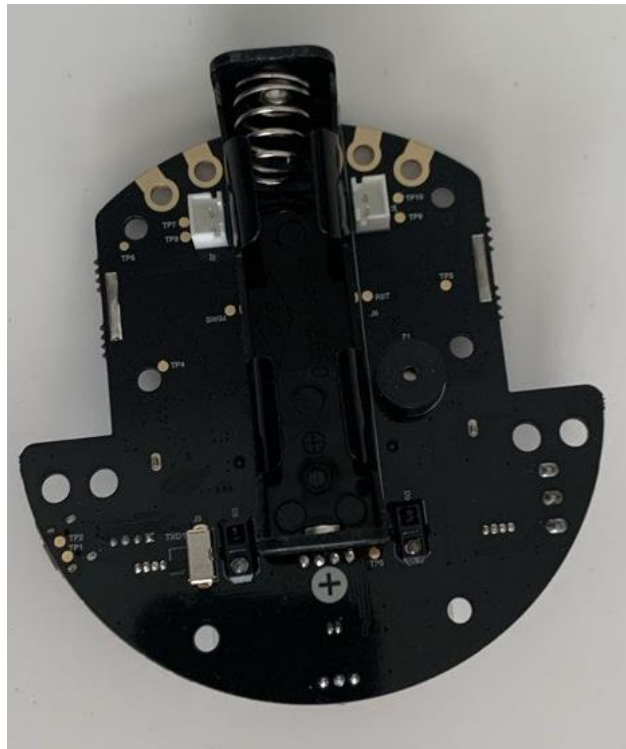
Для реалізації роботизованої системи було використано стандартний – Tiny:bit, це робот-автомобіль для освітнього ринку micro:bit. Він компактний, легко збирається та легко переміщується у важкодоступних місцях. Розумний автомобіль Tiny:bit заснований на розробній платі micro:bit і використовує онлайн-програмування коду MakeCode і Python. Багатофункціональні сенсорні програми дозволяють легко взаємодіяти з Tiny:bit. Розумний автомобіль Tiny:bit має набір затискачів типу «крокодил» на задній частині, яка може розширюватись з допомогою додаткових елементів для втілення креативних ідей.

Для початку було здійснено підготовку всіх складових частин та елементів системи, а саме:

1. Основна плата робота Tiny:bit (рис. 3.1).



a)



б)

Рисунок 3.1 – Основна плата робота Tiny:bit: а) – вигляд зверху; б) вигляд знизу

2. Мотор з редуктором GA12-N20 30RPM (рис. 3.2)

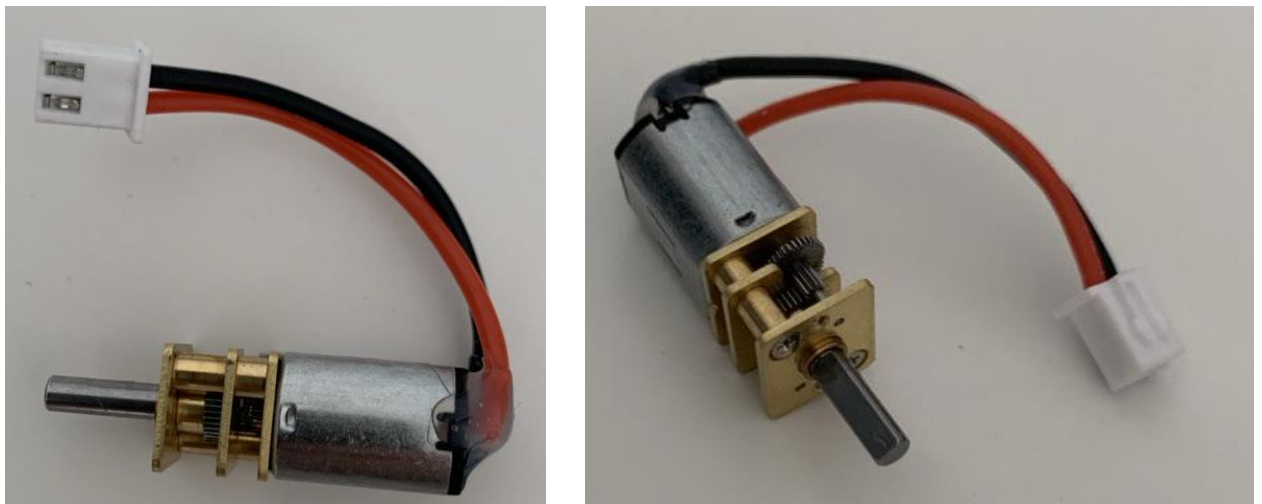


Рисунок 3.2 – Мотор з редуктором GA12-N20 30RPM

3. Колеса, 2 шт (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 – Колесо

4. Універсальне колесо (рис. 3.4).



Рисунок 3.4 – Універсальне колесо

5. Кріплення мотора, 2 шт (рис. 3.5).



Рисунок 3.5 – Кріплення мотора

6. Пластиковая заклепка (рис. 3.6).



Рисунок 3.6 – Пластиковая заклепка

7. Плата micro:bit (рис. 3.7).

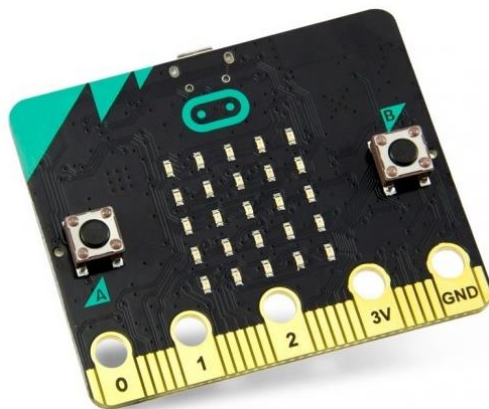


Рисунок 3.7 – Плата micro:bit

8. Кабель Micro USB для програмування плати Micro:bit (рис. 3.8).

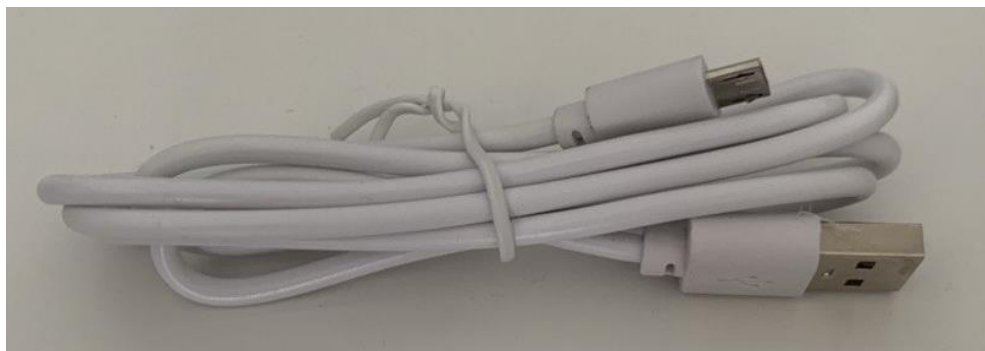


Рисунок 3.8 – Кабель Micro USB

3.2 Складання роботизованої системи на основі плати Micro:bit V2

Першим етапом створення роботизованої системи було складання апаратної частини. Датчик відстані HC - SR04 був зразу приєднаний до плати так, як представлено на рисунку 3.1, тому спочатку приєднували мотори з редуктором GA12-N20 30RPM. До основна плата робота Tiny:bit було з'єднано кріплення мотора пластиковими заклепками, як представлено на рисунку 3.9.

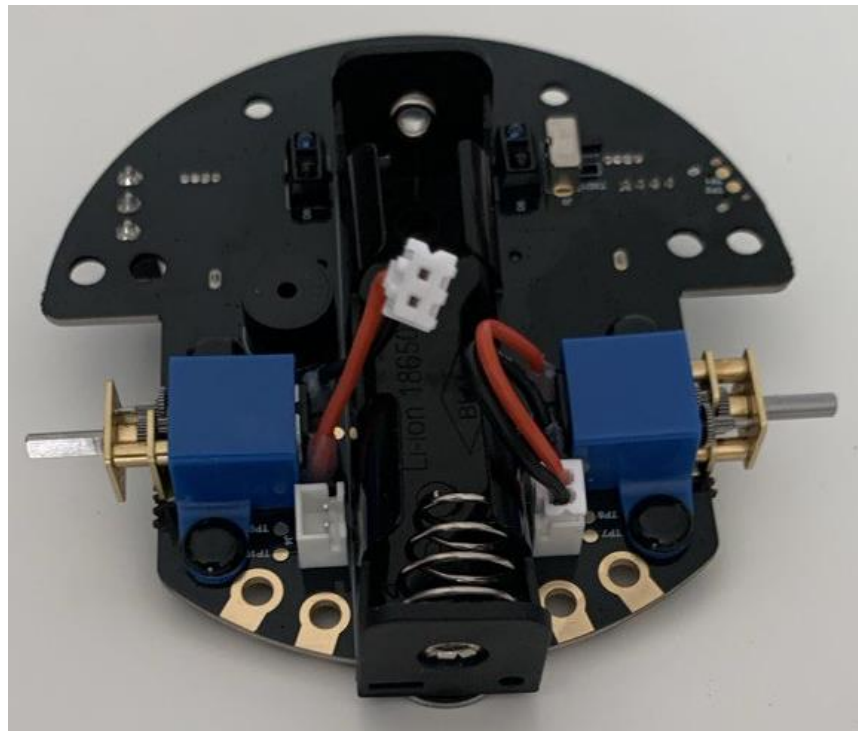


Рисунок 3.9 – З'єднання моторів до плати

Далі було приєднано резинові колеса до мотори з редуктором GA12-N20 30RPM (рис. 3.10) та підключено їх до плати.

Для того щоб було три точки опори було приєднано універсальне колесо до плати також за допомогою пластикових заклепок, представлено на рисунку 3.11.

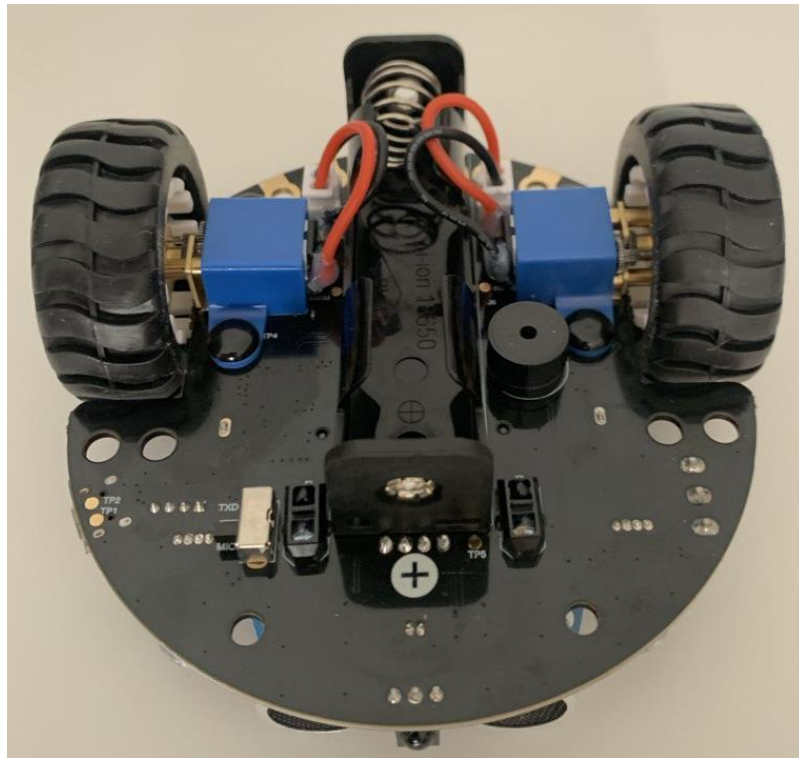


Рисунок 3.10 – З'єднання коліс



Рисунок 3.11 – З'єднання універсального колеса до плати

В якості джерела живлення плати та власне роботизованої системи було використано акумулятор 18650 Li-Ion напругою 3.7 В, який був приєднаний між колесами знизу, як представлено на рисунку 3.12.

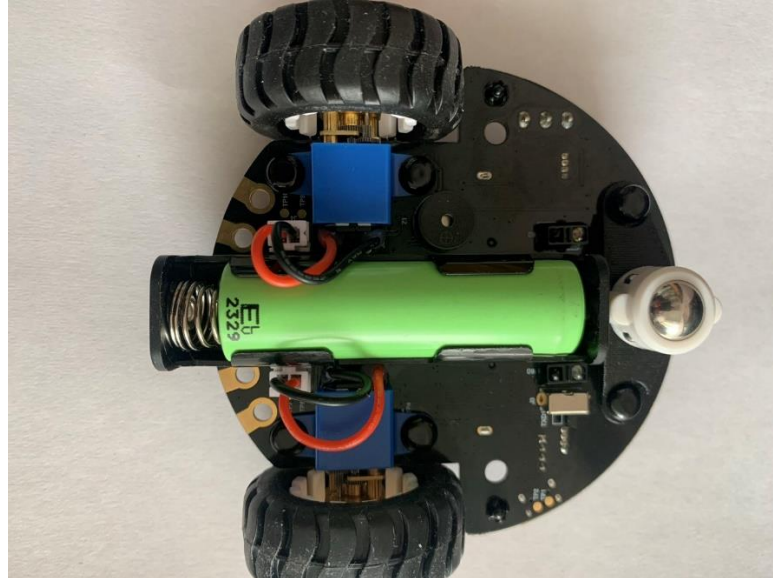


Рисунок 3.12 – Встановлення акумулятора 18650 Li-Ion

Останнім етапом складання роботизованої системи було встановлення плати Micro:Bit V2 на верхню частину основної плати Tiny:bit, як на рисунку 3.13.

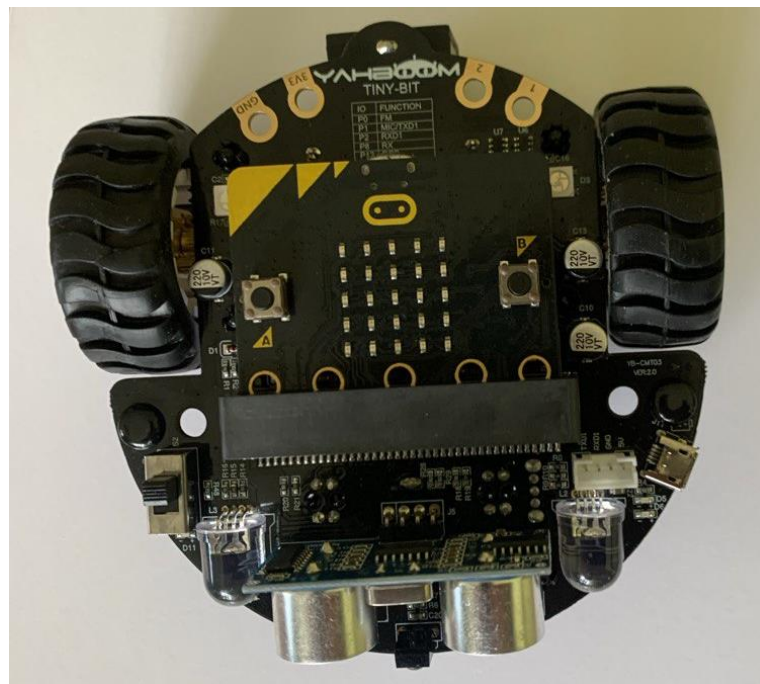


Рисунок 3.13 – Встановлення плати Micro:Bit V2

3.3 Програмування роботехнічної системи

3.3.1 Програмування для слідування по лінії роботехнічної системи

Для забезпечення слідування роботехнічної систем по лінії потрібно запрограмувати плату Micro:bit V2 для розпізнавання інфрачервоного датчика чорного та білого кольору. На рисунку 3.14 зображено модуль стеження.

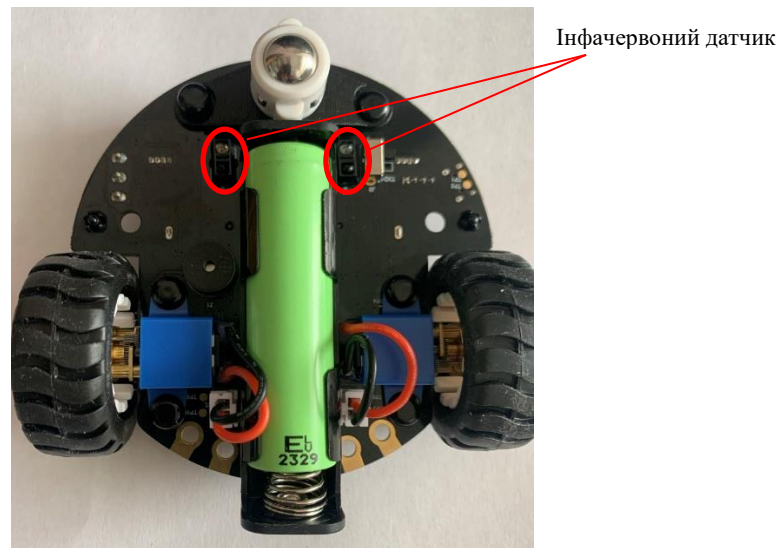


Рисунок 3.14 – Розташування інфрачервоного датчика

Основний принцип датчика стеження полягає у використанні відбиваючої природи об'єкта, принцип роботи системи полягає у відстеженні чорної лінії. Коли інфрачервоне світло випромінюється на чорну лінію, воно поглинається чорною лінією. Коли інфрачервоне світло випромінюється на лінію іншого кольору, воно відбивається на інфрачервону приймальну трубку.

Щоб уникнути впливу сонячного світла на інфрачервоний датчик потрібно проводити експеримент у приміщенні.

Програмування плати Micro:bit V2 буде відбуватись відбуватися в онлайн режимі. Спочатку потрібно потрібно підключити micro:bit до комп'ютера за допомогою кабелю USB (рис. 3.15). Ноутбук відкриє USB-накопичувач потрібно натиснути на URL-адресу на USB-накопичувачі: <http://microbit.org/>, щоб увійти в інтерфейс програмування.

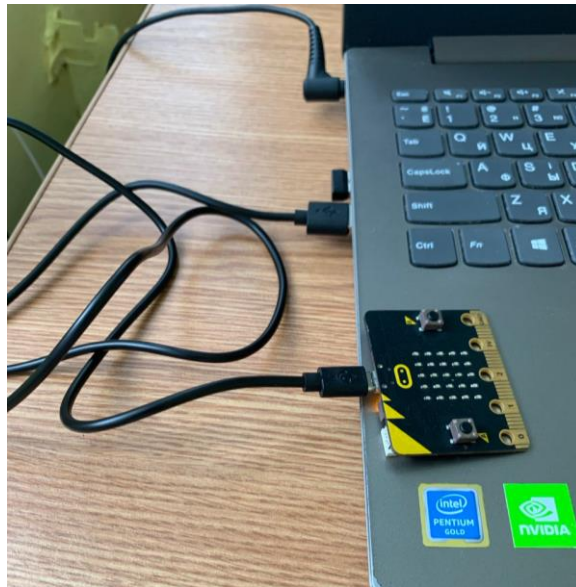


Рисунок 3.15 – Підключення плати до ноутбука

Далі потрібно відкрити середовище програмування Microsoft MakeCode (рис 3.16) для початку роботи та створити новий проект.

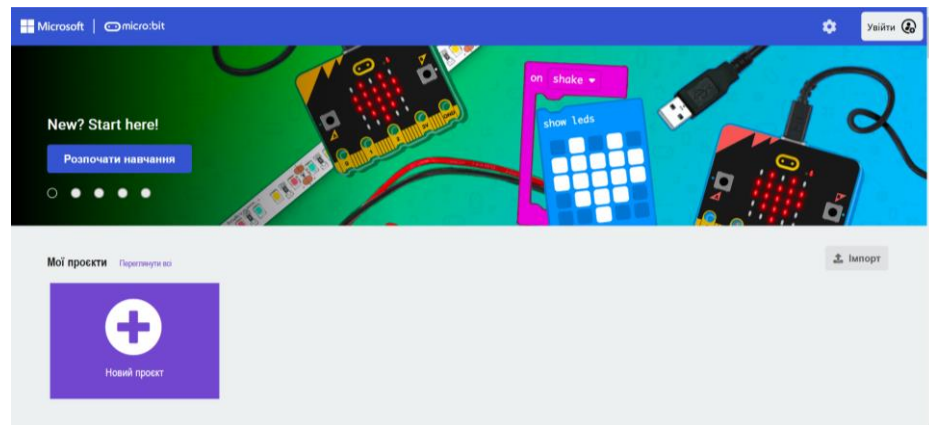


Рисунок 3.16 – Головна сторінка середовища програмування Microsoft MakeCode

Після натисненн «Новий проект» буде доступно структурні блоки графічного програмування лінійного датчика.

Далі потрібно встановити додаткові розширення для робота Tinybit для синхронізації основної плати з середовищем програмування. Після встановлення буде додано розділ Tinybit в панелі клавіш, як представлено на рисунку 3.17.

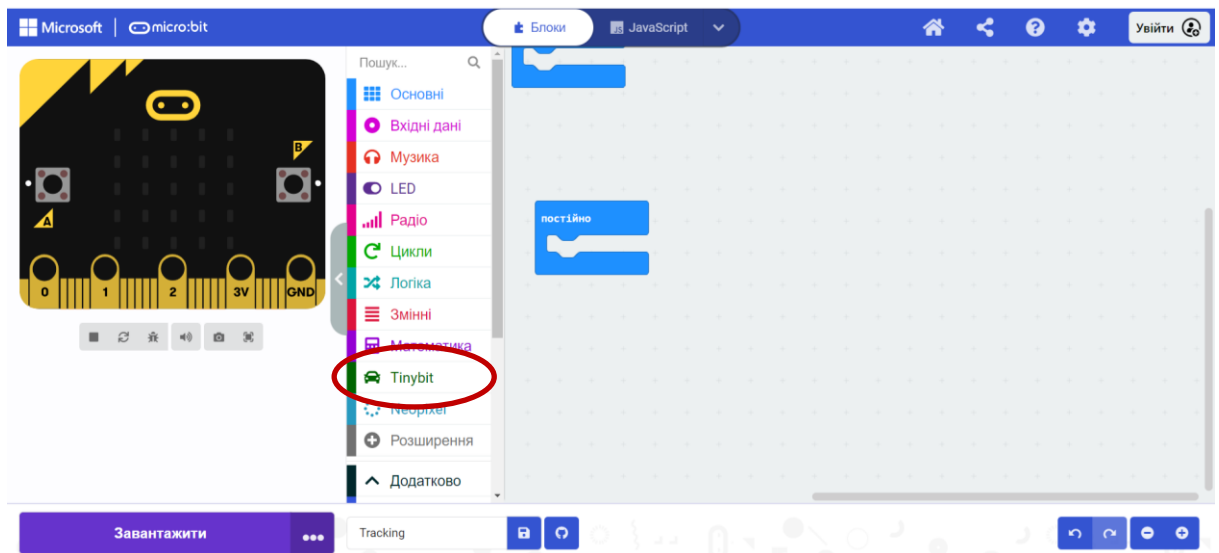


Рисунок 3.17 – Встановлення розширення Tinybit

Функція реалізована шляхом програмування плати Micro:Bit V2 для робоплатформи Tinybit для руху по чорній лінії. Для реалізацію використовуються функції з блоку функції Tinybit. На рисунку 3.18 наведено розташування блоків, необхідних для цього програмування.

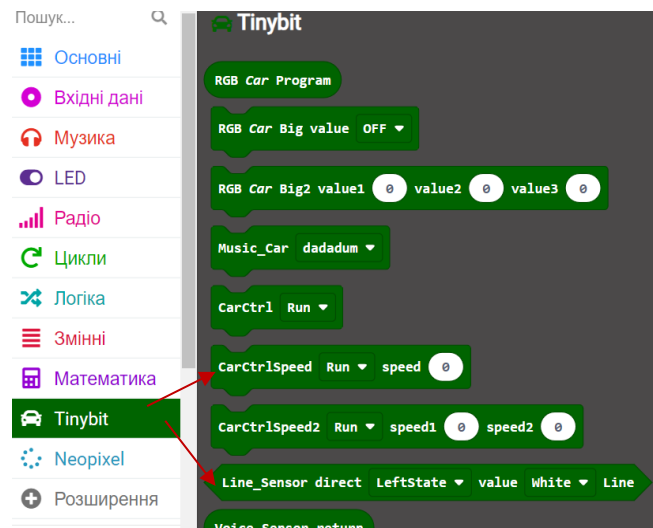


Рисунок 3.18 – Розташування блоків «Tinybit»

Наступним кроком є програмування логіки для роботехнічної системи на основі плати Micro:Bit V2 за допомогою блоків «Логіка», як представлено на рисунку 3.19

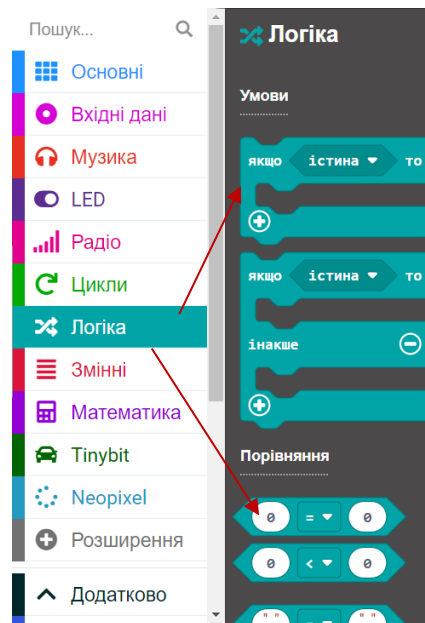


Рисунок 3.19 – Розташування блоку «Логіка»

Після встановлення блоків «Tinybit» та «Логіка» було складено програму з оптимальними швидкостями, яка представлена на рисунку 3.20 та в додатках А і Б

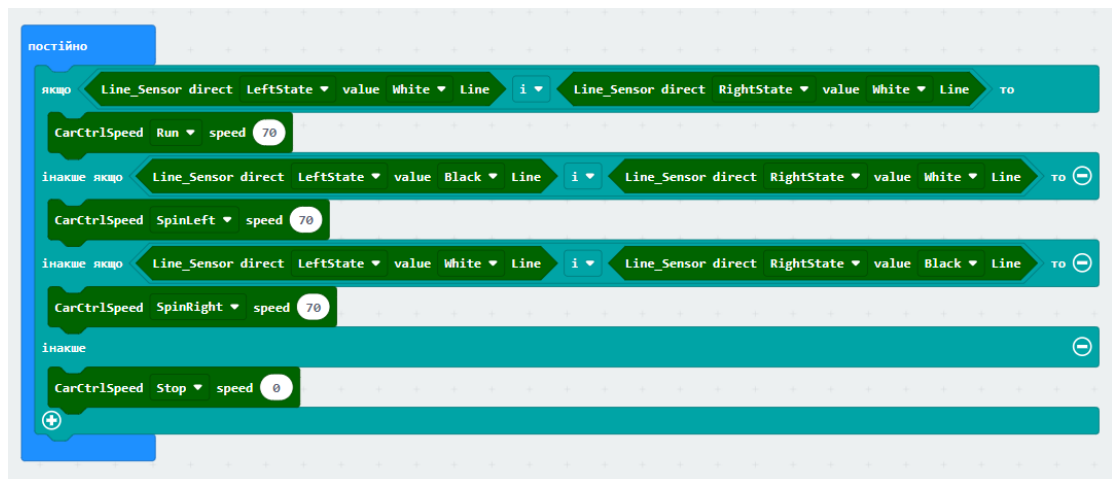


Рисунок 3.20 – Приклад програми слідування по чорній лінії

3.3.2 Додаткові можливості роботехнічної системи

Для кращого візуального представлення роботехнічної системи було вирішено додати мелодію, задіяти RGB лампи та світлодіоди на платі Micro:Bit V2.

Спочатку потрібно щоб під час включення робота запаливались передні RGB лампи червоним кольором (рис. 3.21).

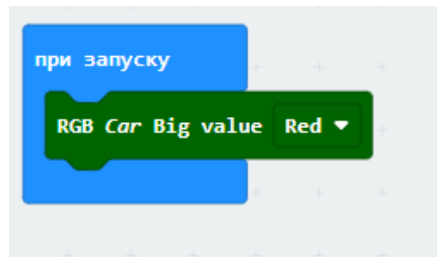


Рисунок 3.21 – Програмування RGB ламп

Світлодіоди плати Micro:Bit V2 було вирішено запрограмувати бігучими буквами ім'я та прізвища «Berezko Nazar» (рис. 3.22).

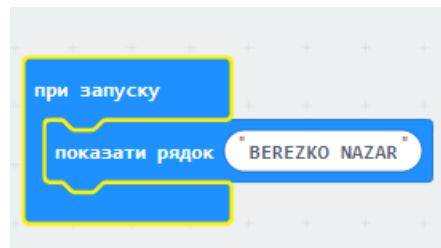


Рисунок 3.22 – Програмування світлодіоди плати Micro:Bit V2

Для звукового представлення було вирішено додати мелодію, яка буде постійно грати коли рухається роботехнічна система (рис. 3.23).

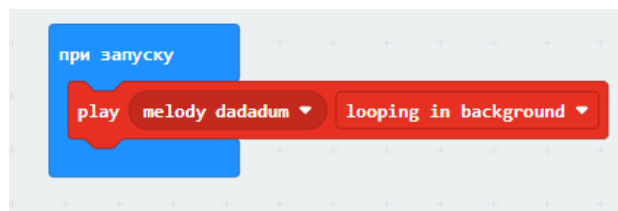


Рисунок 3.23 – Мелодія для плати Micro:Bit V2

3.3.3 Експериментальне представлення

Після того, як програма буде завантажена, можна запускати роботехнічну систему на основі Micro:Bit V2. Він буде рухатися по чорній лінії, а на матриці

Micro:bit буде відображатися біжуча стрічка ім'я та прізвища «Berezko Nazar», RGB лампи будуть горіти червоним кольором і постійно буде грати мелодія. На рисунку 3.24 представлено рух по чорній лінії роботехнічну систему на основі Micro:Bit V2.



Рисунок 3.24 – Представлення роботехнічної системи з рухом по чорній лінії

Повна програма в середовищі Microsoft MakeCode представлена на рисунку 3.25.

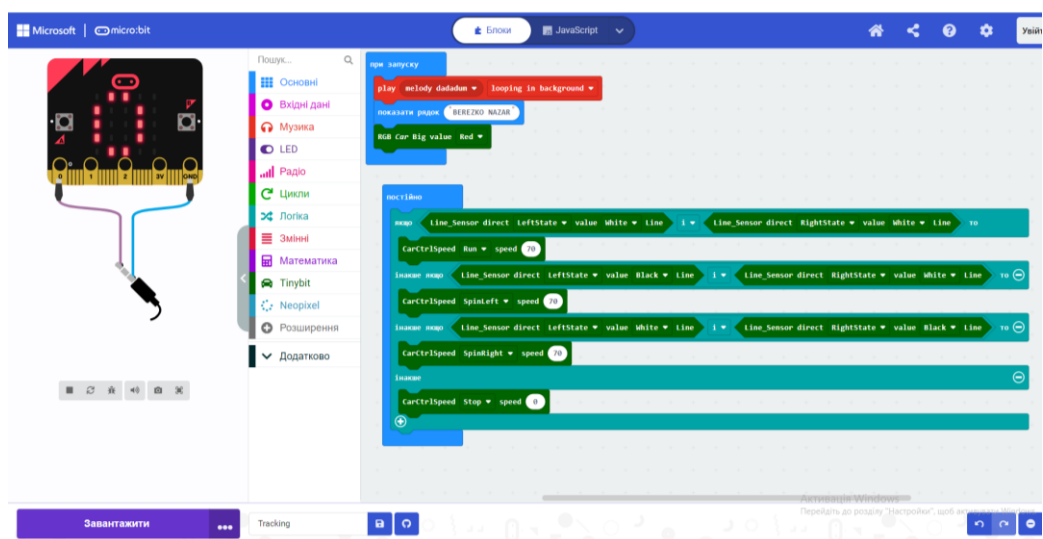


Рисунок 3.25 – Повна програма в середовищі Microsoft MakeCode

ВИСНОВКИ

Сучасні тенденції в робототехніці вказують на автоматизоване майбутнє в якому машини стануть незамінними партнерами, тим самим розширюючи наші можливості та покращуючи якість життя. Конвергенція ML та AI, датчиків і робототехніки продовжуватиме стимулювати інновації в усіх секторах повсякденного життя людини, дозволяючи вирішувати різні задачі та створювати можливості способами, які раніше людина не могла уявити.

В ході дослідження було проаналізовано сучасну галузь робототехніки, яка стає все більш поширеним у суспільстві. Велика кількість проблем, які необхідно ретельно вивчити, а саме питання безпеки даних, конфіденційності та можливість упереджених алгоритмів ШІ. Створення балансу між розвитком технологій і добробутом людини є значним викликом, який необхідно подолати.

В роботі було проведено огляд основних засобів програмування плати Micro:Bit V2, що включають мови програмування, середовища розробки, системи контролю версій та інструменти для тестування. Мови програмування є основними інструментами для написання програмного коду, а саме для програмування було використано найпопулярніші. Основними перевагами та водночас особливостями є інтерфейс з блоками та можливість писати код на Python та JavaScript, симулятор для тестування коду перед завантаженням на плату та платформа, а веб-інтерфейс не потребує встановлення.

Досліджено основні засоби інтеграції з платою Micro:Bit V2, які полягають полягає в можливості завантаження програми декількома способами, а саме: завантаження програми на плату Micro:Bit V2 у вигляді .hex файлу та копіювання на Micro через USB за допомогою MakeCode та Mu Editor; завантаження програми на плату бездротово через Bluetooth, але потрібно додаткові налаштування; використання онлайн-компілятора для завантаження програм напями на плату – MBED.

Спроектовано та реалізовано роботизовану систему з керуючою платою Micro:Bit V2 за допомогою апаратного забезпечення на основі Tiny:bit. Він

компактний, легко збирається та легко переміщується у важкодоступних місцях. Розумний автомобіль Tiny:bit заснований на розробній платі micro:bit і використовує онлайн-програмування коду MakeCode і Python. Багатофункціональні сенсорні програми дозволяють легко взаємодіяти з Tiny:bit.

Розроблено програмний код та запрограмовано плату Micro:Bit V2 за допомогою Microsoft MakeCode для слідування по чорній лінії. Принцип стеження полягає у використанні відбиваючої природи об'єкта, а принцип роботи у відстеженні чорної лінії. Коли інфрачервоне світло випромінюється на чорну лінію, воно поглинається чорною лінією. Коли інфрачервоне світло випромінюється на лінію іншого кольору, воно відбивається на інфрачервону приймальну трубку.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. M. F. Santos, A. C. Victorino, and H. Pousseur, «Model-based and machine learning-based high-level controller for autonomous vehicle navigation: lane centering and obstacles avoidance» *IAES Int. J. Robot. Autom.*, vol. 12, no. 1, pp. 84 – 97, 2023, doi: 10.11591/ijra.v12i1.pp84-97 (дата звернення 20.03.24).
2. M. S. Zainuddin Yaacob, J. Jalani, A. S. Sadun, and A. M. Z. Abang Zulkarnaini, «Development of a low-cost teleoperated and semi-autonomous robotic arm» *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 27, no. 3, pp. 1338–1346, 2022, doi: 10.11591/ijeecs.v27.i3.pp1338-1346 (дата звернення 20.03.24).
3. D. N. Varshitha and S. Choudhary, «An artificial intelligence solution for crop recommendation» *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 25, no. 3, pp. 1688–1695, 2022, doi: 10.11591/ijeecs.v25.i3.pp1688-1695 (дата звернення 21.03.24).
4. A. Nasuha, A. Winursito, and F. Arifin, «Troop camouflage detection based on deep action learning» *IAES Int. J. Artif. Intell.*, vol. 11, no. 3, pp. 859–871, 2022, doi: 10.11591/ijai.v11.i3.pp859-871 (дата звернення 21.03.24).
5. F. Hafeez, U. U. Sheikh, A. Khidrani, M. A. Bhayo, S. M. Abdallah Altbawi, and T. A. Jumani, «Distant temperature and humidity monitoring: Prediction and measurement» *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 24, no. 3, pp. 1405–1413, 2021, doi: 10.11591/ijeecs.v24.i3.pp1405-1413 (дата звернення 22.03.24).
6. H. A. Al-Haimi, Z. M. Sani, T. A. Izzudin, H. A. Ghani, A. Azizan, and S. A. A. Karim, «Traffic light counter detection comparison using you only look oncev3 and you only look oncev5 for version 3 and 5» *IAES Int. J. Artif. Intell.*, vol. 12, no. 4, pp. 1585–1592, 2023, doi: 10.11591/ijai.v12.i4.pp1585-1592 (дата звернення 22.03.24).
7. P. D. Tinh, B. H. Hoang, and N. D. Cuong, «A genetic based indoor positioning algorithm using Wi-Fi received signal strength and motion data» *IAES Int. J. Artif. Intell.*, vol. 12, no. 1, pp. 328–346, 2023, doi: 10.11591/ijai.v12.i1.pp328-346 (дата звернення 22.03.24).
8. T. Someswari, A. K. Tiwari, and R. Nagraj, «Dynamic cruise control system for effective navigation system» *International Journal of Electrical and Computer*

Engineering, vol. 10, no. 5. pp. 4645–4654, 2020, doi: 10.11591/ijece.v10i5.pp4645-4654 (дата звернення 29.03.24).

9. Передові дослідження Samsung Research America у сфері робототехніки
URL: <https://news.samsung.com/ua/into-the-future-with-samsung-research-6-samsung-research-america-powering-the-future-of-tomorrow-and-today-with-advanced-robotics-research> (дата звернення 28.01.24).

10. S. Leonid, «Competition on the medical robotics markets for elderly» IAES Int. J. Robot. Autom., vol. 12, no. 3, pp. 211–220, 2023, doi: 10.11591/ijra.v12i3.pp211-220 (дата звернення 27.03.24).

11. A. Chaudhary, «Utilizing ultra-wideband with wireless telecommunications applications microstrip» Int. J. Adv. Appl. Sci., vol. 10, no. 4, pp. 283–287, 2021, doi: 10.11591/ijaas.v10.i4.pp283-287 (дата звернення 26.03.24).

12. Штучний інтелект в діагностиці раку URL: <https://medikom.ua/iskusstvennyj-intellekt-v-diagnostike-raka/> (дата звернення 28.01.24).

13. J. C. Marasigan, G. P. Mayuga, and E. Magsino, «Development and testing of braking and acceleration features for vehicle advanced driver assistance system» Int. J. Electr. Comput. Eng., vol. 12, no. 2, pp. 2047–2057, 2022, doi: 10.11591/ijece.v12i2.pp2047-2057 (дата звернення 24.03.24).

14. D. Kijdech and S. Vongbunyong, «Pick-and-place application using a dual arm collaborative robot and an RGB-D camera with YOLOv5» IAES Int. J. Robot. Autom., vol. 12, no. 2, pp. 197–210, 2023, doi: 10.11591/ijra.v12i2.pp197-210 (дата звернення 27.03.24).

15. M. Boyack, A. Sices, and B. W. Jo, «3D human hands rendering by a six degrees of freedom collaborative robot and a single 2D camera» IAES Int. J. Robot. Autom., vol. 12, no. 2, pp. 125–136, 2023, doi: 10.11591/ijra.v12i2.pp125-136 (дата звернення 27.03.24).

16. Колаборативний робот URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D>

0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82 (дата звернення 28.02.24).

17. Sheffield robot swarm exhibits Turing Learning URL: <https://www.theengineer.co.uk/content/news/sheffield-robot-swarm-exhibits-turing-learning/> (дата звернення 28.02.24).

18. D. Morimoto, Y. Iwamoto, M. Hiraga, and K. Ohkura, «Generating Collective Behavior of a Multi-Legged Robotic Swarm Using Deep Reinforcement Learning» J. Robot. Mechatronics, vol. 35, no. 4, pp. 977–987, 2023, doi: 10.20965/jrm.2023.p0977 (дата звернення 27.03.24).

19. Y. Katada, T. Hirokawa, M. Hiraga, and K. Ohkura, «MBEANN for Robotic Swarm Controller Design and the Behavior Analysis for Cooperative Transport» J. Robot. Mechatronics, vol. 35, no. 4, pp. 997-1006, 2023, doi: 10.20965/jrm.2023.p0997 (дата звернення 27.03.24).

20. ІТ-технології для ягід, овочів, фруктів <https://www.agroone.info/publication/it-tehnologii-dlja-jagid-ovochiv-fruktiv/> (дата звернення 29.01.24).

21. H. Abdellilah and Y. Kamel, “Heading control of an autonomous underwater robot with sliding mode and backstepping techniques» Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci., vol. 29, no. 1, pp. 252–260, 2023, doi: 10.11591/ijeecs.v29.i1.pp252-260.

22 A. A. Baker and Y. Y. Ghadi, “Autonomous system to control a mobile robot» Bull. Electr. Eng. Informatics, vol. 9, no. 4, pp. 1711–1717, 2020, doi: 10.11591/eei.v9i4.2380.

23. Безпілотні автомобілі від Google почнуть їздити вулицями. URL: <https://www.showmetech.com.br/uk/google-безпілотні-автомобілі-почнуть-ходити-вулицями/> (дата звернення 29.01.24).

24. B. Mohamed, E. Abdellatif, M. Mouhajir, M. Zerifi, Y. Rabah, and E. Youssef, «A module placement scheme for fog-based smart farming applications» Int. J. Electr. Comput. Eng., vol. 13, no. 6, pp. 7089–7098, 2023, doi: 10.11591/ijece.v13i6.pp7089-7098 (дата звернення 27.03.24).

25. S. Gouraguine, M. Riad, M. Qbadou, and K. Mansouri, «Dysgraphia detection based on convolutional neural networks and childrobot interaction» *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 13, no. 3, pp. 2999–3009, 2023, doi: 10.11591/ijece.v13i3.pp2999-3009 (дата звернення 27.04.24).

26. A. H. Basori, «NAO-Teach: Helping kids to learn societal and theoretical knowledge with friendly human-robot interaction» *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 17, no. 3, pp. 1657–1664, 2020, doi: 10.11591/IJECS.V17.I3.PP1657-1664 (дата звернення 27.04.24).

27. Y. Gao, C. Bai, and Q. Quan, “Robust distributed control within a curve virtual tube for a robotic swarm under self-localization drift and precise relative navigation,” *Int. J. Robust Nonlinear Control*, vol. 33, no. 16, pp. 9489–9513, 2023, doi: 10.1002/rnc.6858 (дата звернення 27.04.24).

28. Що таке доповнена реальність (AR) і як це працює. URL: <https://drukarnia.com.ua/articles/sho-take-dopovnena-realnist-ar-i-yak-ce-pracyuye-kslvr> (дата звернення 29.03.24).

29. M. Z. K. Hawari and N. I. A. Apandi, «Industry 4.0 with intelligent manufacturing 5G mobile robot based on genetic algorithm» *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 23, no. 3, pp. 1376–1384, 2021, doi: 10.11591/ijeecs.v23.i3.pp1376-1384 (дата звернення 27.03.24).

30. H. M. Haglan and H. Jasim Ali, «An automatic system for detecting voltage leaks in houses to save people’s lives» *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 21, no. 3, pp. 1485–1492, 2021, doi: 10.11591/ijeecs.v21.i3 (дата звернення 27.03.24).

31. Nightlight. URL: <https://microbit.org/projects/make-it-code-it/nightlight/> (дата звернення 01.02.24).

32. Microbit Morse Transceiver. URL: https://www.youtube.com/watch?v=aiiqsJZU4Y8&ab_channel=JohnGoodman (дата звернення 01.02.24).

33. Compass North. URL: <https://microbit.org/projects/make-it-code-it/compass-north/> (дата звернення 03.03.24).