

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»

РОБОТ ЗІ ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ НА ОСНОВІ  
RASPBERRY PI

ROBOT WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE BASED ON  
RASPBERRY PI

спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма Комп'ютерна інженерія

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти  
групи КІс-21  
Крив'янчук Назар Сергійович

(підпис)

Керівник:  
к.т.н., доцент  
Гринюк Сергій Васильович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту  
« 15 » 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

*Крив'ячуку Назару Сергійовичу*

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи *Робот зі штучним інтелектом на основі Raspberry PI*

Керівник роботи *к.т.н., доцент Гринюк Сергій Васильович*

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 проблеми за темою роботи та постановка завдань, дослідження існуючих методів та засоби проведення дослідження, розробка та програмування мобільного робота*

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Аналіз проблеми за темою роботи та постановка завдань дослідження</i>	<i>Гринюк С.В., доцент</i>		
<i>Теоретичне дослідження та практична реалізація</i>	<i>Гринюк С.В., доцент</i>		
<i>Практична реалізація</i>	<i>Гринюк С.В., 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>Проведення огляду літератури із досліджуваної проблеми</i>	до 15.02.2024 р.	Виконано
2.	<i>Проведення аналізу мобільних крокуючих робіт</i>	до 15.03.2024 р.	Виконано
3.	<i>Розробка робота та програмування</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)

Крив'ячук Н.С.

(прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Гринюк С.В.

(прізвище, ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Крив'янчук Н.С. Робот зі штучним інтелектом на основі Raspberry Pi.  
Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Комп'ютерна інженерія» спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2024. 49 с.

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

Перший розділ присвячено огляду предметної області, тут розглядаються різновиди мобільних крокуючих роботів та одноплатні комп'ютери.

В другому розділі здійснено вибір апаратного та середовища розробки програмного забезпечення.

Третій розділ присвячено опису збору мобільного робота та його програмування.

Ключові слова: робот, сервопривід, Python, Raspberry Pi 3.

## ANNOTATION

Kryv'yanchuk N.S. A robot with artificial intelligence based on Raspberry PI. Manuscript.

Bachelor's qualifying thesis of the OP «Computer Engineering» specialty 123 Computer Engineering. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2024. 49 p.

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

The first chapter is dedicated to the overview of the subject area, here the types of mobile walking robots and single-board computers are considered.

In the second section, the hardware and software development environment are selected.

The third chapter is devoted to the description of the assembly of the mobile robot and its programming.

Keywords: robot, servo drive, Python, Raspberry Pi 3.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА .....	5
1.1 Мобільні крокуючі роботи.....	5
1.2 Аналіз сучасних одноплатних комп'ютерів .....	19
РОЗДІЛ 2 ВИБІР АПАРАТНОЇ ПЛАТФОРМИ ТА СЕРЕДОВИЩА РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ .....	25
2.1 Архітектура Raspberry Pi 3 model B plus .....	25
2.2 Плата розширення Robot HAT.....	28
2.3 Мова програмування Python .....	30
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА .....	35
3.1 Етапи збору крокуючого робота.....	35
3.2 Налаштування Raspberry Pi.....	38
3.3 Завантаження коду .....	41
3.4 Розробка проекту та програмування робота .....	42
ВИСНОВКИ .....	44
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	45

## ВСТУП

Технологічний вектор постіндустріального суспільства визначається переходом на повністю автоматизоване цифрове виробництво із застосуванням кіберфізичних систем. Важливою частиною таких систем є автономні мобільні промислові роботи, які вже стали економічно вигідною альтернативою повагою до людської природи в розширенні спектрі галузей. За оцінкою McKinsey Global Institute (MGI), економія операційних витрат від автоматизації в цілому може становити від 15% до 90% в залежності від галузі. У світі робототехніки вже більше десятиліття використовується досить корисний індикатор зростання ринку – щільність роботизації. Він вимірюється як число роботів на 10 000 працівників, зайнятих в промисловості. Цей показник знаходиться в хорошій кореляції як зі станом економічного розвитку, так і темпами зростання. За даними IFR, в 2023 р. на 10000 зайнятих в промисловості людей по всьому світу доводилося в середньому 120-125 роботів.

Метою роботи є розробка мобільного робота з використанням сучасних підходів в методах керування та програмування робототехнічних систем на базі мікроконтролера.

Об'єкт дослідження – робот зі штучним інтелектом на базі мікроконтролера Raspberry Pi.

Предмет дослідження – програмно-апаратні методи та засоби побудови робототехнічних систем.

Завдання, які необхідно виконати :

- зробити огляд мобільних крокуючих роботів;
- дослідити архітектуру Raspberry Pi 3;
- скласти та запрограмувати мобільного робота.

## РОЗДІЛ 1

### ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

#### 1.1 Мобільні крокуючі роботи

В даний час практично у всіх промислово розвинених країнах інтенсивно ведуться роботи зі створення і дослідження крокуючих роботів. Це викликано тим, що крокуючі машини в порівнянні з традиційними колісними і гусеничними машинами мають ряд переваг перед традиційними транспортними засобами під час руху по поверхні зі складним рельєфом, такими як пересічна місцевість, завали, а також всередині будівель і споруд, де необхідно переміщатися по сходах і вузьких коридорах і шахтах. У випадках, коли бажано або необхідно, щоб слід від опор цільової мобільної платформи мав дискретний характер, гідну заміну крокуючій машині знайти неможливо. Ці особливості машини з кроковим рушієм можуть бути затребувані при створенні сільськогосподарських роботів. Такі країни як США, Голландія, Швеція та інші починають повністю переходити до безлюдного сільськогосподарського виробництва. Впровадження роботів в цю індустрію дозволить істотно підвищити продуктивність і рентабельність сільського господарства, тому необхідність дослідження в цій області, розробка методик побудови універсальних робототехнічних систем очевидні. Сучасний рівень технології та обчислювальної техніки дозволяє будувати не тільки лабораторні макети, але і великомасштабні машини, які можуть служити прототипами крокуючих машин для виконання конкретних дій на складній місцевості [1].

Відмінна особливість крокуючих роботів в тому, що при проектуванні конструкції використовується біологічний підхід. Конструкція і алгоритм ходьби будується на основі матеріалів спостережень за живою істотою. Різниця варіантів конструкцій обумовлена різноманітністю використовуваних прикладів з живої природи, але при цьому можна виділити загальні риси, і як наслідок переваги і недоліки.

Переваги:

- подолання перешкод з різким перепадом висоти (яма);
- можливість подолання перешкод заввишки до рівня кріплення кінцівки (уступ);
- розворот на місці;
- можливість реалізації руху в будь-якому напрямку з місця;
- можливість утримання горизонтальної орієнтації корпусу на поверхні з різними рівнями висот.

Недоліки:

- невелика швидкість переміщення;
- можлива нерівномірність руху;
- складність реалізації конструкції (переважно для двоногих роботів).

Нижче розглянуті деякі існуючі розробки крокуючих машин.

Крокуючий робот HexCrawler (рис. 1.1). Це невеликий крокуючий робот, що відноситься до класу непромислових роботів, а саме досліджуючий, тобто призначений для збору інформації, наприклад, на нього можна встановити камеру або інфрачервоний датчик для відслідковування певних об'єктів, що можуть бути передбачені поставленою задачею.

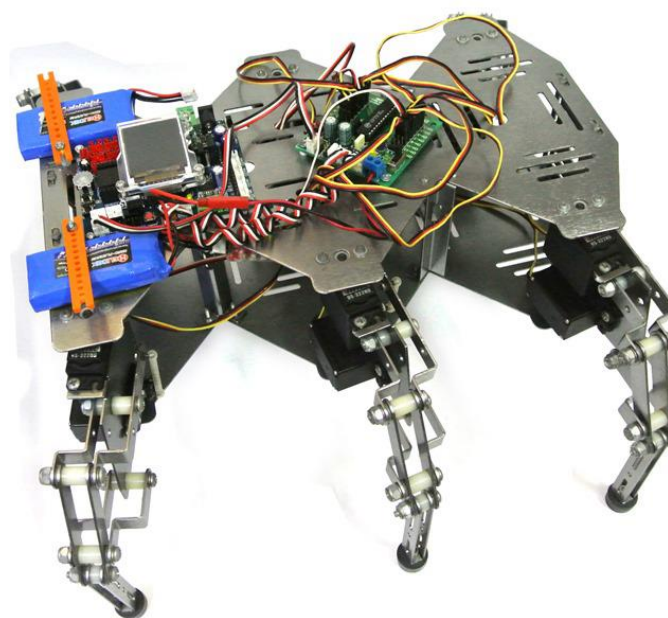


Рисунок 1.1 – Крокуючий робот HexCrawler Mini [2]

На рисунку 1.2 та 1.3 представлено кінематичні схеми даного робота. Особливістю даного робота є те, що для згинання двох ланок кінцівки використовується лише один сервопривод, що забезпечується відповідною кінематикою кінцівки. Особливості конструкції, дозволяють йому пересуватися по нерівній поверхні. Має 3 групи кінцівок. Кожна група складається з 2-х кінцівок. Одна група ніг виконує тільки опорну функцію. Дві інші групи використовують для забезпечення руху.

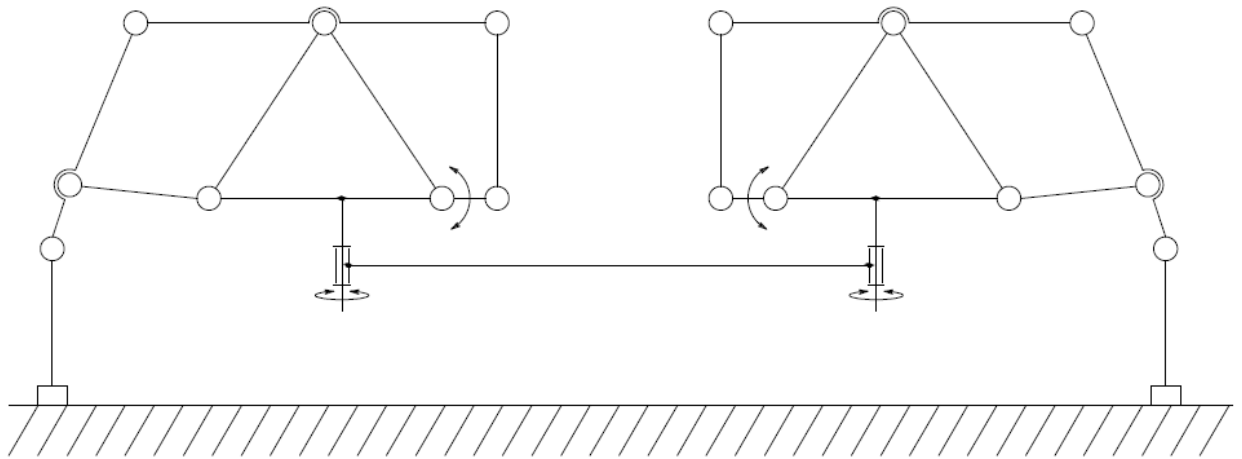


Рисунок 1.2 – Кінематична схема ніг робота (вигляд спереду) [2]

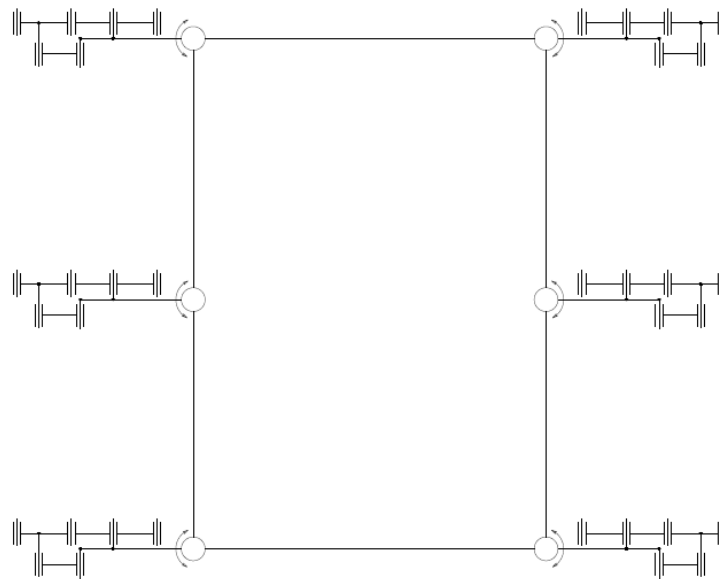


Рисунок 1.3 – Кінематична схема робота (вигляд зверху) [2]

Склад робота: корпус виконаний із тонкого алюмінієвого листа, 6 кінцівок спеціальної конструкції, для кожної з яких використовуються 2 сервоприводи – один для згинання ноги, інший для її повороту.

Приводи робота: рух забезпечується електричними сервоприводами класу аналогових мікросервоприводів. 6 сервоприводів відповідають за згинання ніг, а інші 6 за їх поворот відносно корпусу.

Система керування робота: за метою керування – розімкнена система програмного регулювання об'єктом. Система керування представлена регулятором у вигляді мікроконтролера ATmega644P на платі розширення IPST-SE та модулю ZX-SERVO16i, що забезпечує керування силовими приводами (сервоприводами) робота [2].

Перевагою такого роботу є використання меншої кількості сервоприводів, ніж для подібних інших роботів. Недоліком є мала швидкість пересування та неконтрольованість останньої ланки кінцівки, що дотикається до поверхні. Вона стає перпендикулярно завдяки невеликому грузику на її кінці, і завжди розташована перпендикулярно до поверхні під дією сили тяжіння.

Walking forest machine (WFM) (рис. 1.4), який був розроблений компанією John Deere, як засіб пересування по пересіченій місцевості з мінімальним згубним впливом на опорну поверхню (в порівнянні з колісним і гусеничним транспортом), призначений для вирубки сухостою в лісах. Відноситься до класу промислових крокуючих роботів для сільськогосподарських робіт.



Рисунок 1.4 – Крокуючий робот Walking forest machine [3]

На рисунку 1.5 представлено кінематичну схему приводної частини робота, що забезпечує його рух.

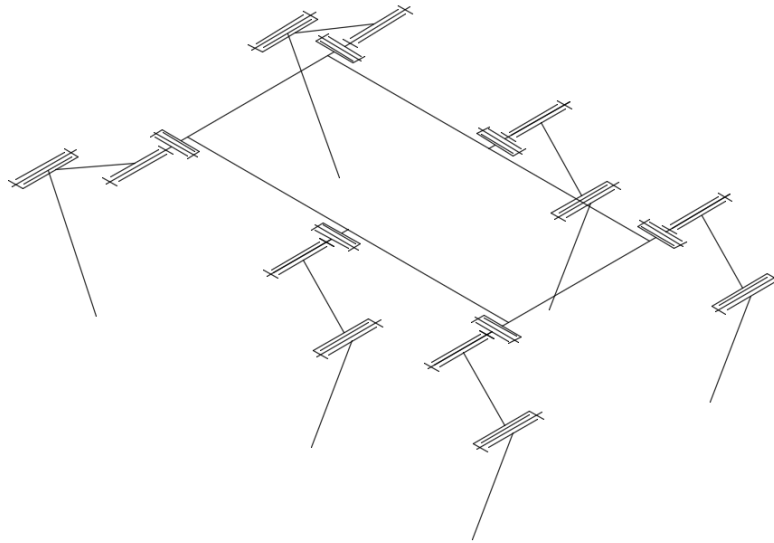


Рисунок 1.5 – Кінематична схема приводної частини Walking forest machine [3]

Склад робота: робот має металевий кузов з кабіною водія-оператора, моторним відсіком та місцем кріплення та приводу робочих модулів. Має 6 кінцівок, кожна з яких складається з 3 ланок, подібно до ніг комах.

Приводи робота: згинання кінцівок та їх переміщення забезпечується трьома поворотними гідромоторами для кожної з них. Всього їх 18. Один гідромотор знаходиться в колінному суглобі, що забезпечує згинання-розгинання крайньої ланки відносно середньої в одній площині, а 2 інших служать для просторового руху всієї кінцівки (забезпечують лінійне переміщення та розворот на місці).

Система керування робота: це інтелектуальна комп'ютерна система, яка керує всіма функціями ходьби, включаючи напрямок руху, швидкість руху, ступінь висоти та ходу та кліренс. Головка комбайна контролюється системою вимірювання та управління Timberjack. Для подальшої оптимізації роботи машини система Total Machine Control (TMC) Timberjack регулює функції навантажувача та двигуна машини. Всі системи управління призначені для

зручності та простоти у використанні. Зручні для оператора елементи управління вбудовані в єдиний джойстик.

Перевагою WFM є висока маневреність. Залежно від нерівностей ландшафту, оператор може змінити висоту кузова машини, його нахил відносно поверхні та висоту кожного кроку, однак рішення щодо вибору маршруту, регулюванню висоти кроку приймає оператор-водій. Проте основним недоліком є мала швидкість переміщення та неможливість роботи на болотистих або м'яких дернових ґрунтах, так як площа контактуючої поверхні кіцівки мала по відношенню до маси агрегату, що призведе до загрузання машини [3].

Багато винаходів з галузі робототехніки знаходять своє застосування в медицині. В Японії в університеті Васеда спільно з Tmsuk створений медичний робот WL-16RIII (рис. 1.6) – двоногий крокуючий робот, спеціально пристосований до перенесення людей. Його творці стверджують, що за допомогою робота інваліди зможуть пересуватися по сходах або по нерівній поверхні. Маса цього робота становить близько 200 кг, корисна вантажепід'ємність – лише 60 кг.



Рисунок 1.6 – Крокуючий робот WL-16RIII [4]

Склад робота: має основу, до якої кріпляться дві ноги, на якій є сидіння для людини, розташована електроніка та джерела енергії. Кожна нога складається із шести лінійних приводів, що прикріплені до основи карданним з'єднанням по шестикутнику. На ступні ці приводи з'єднуються попарно на сферичний шарнір у формі трикутника.

Приводи робота: це 12 лінійних електроприводів зі зворотнім зв'язком, по 6 на кожную ногу. Установка працює від акумуляторних батарей, що приводять його в дію.

Система керування робота: для цього робота його розробник Атсуа Таканіші написав спеціальний алгоритм програми, що дозволяє роботу ходити на двох ногах не завалюючись та по сходах. Керування ним здійснюється оператором (людина, що на ньому сидить) за допомогою джойстика.

Перевагою такого робота є його здатність переносити людину по сходах або інших нерівномірних поверхнях. Основним недоліком є дороговизна, велика енергозатратність на процес пересування та мала швидкість ходьби по сходах [4].

Відома американська робототехнічна компанія Boston Dynamics сумісно з DARPA розробила чотириноного робота Big Dog (рис. 1.7), який повинен стати супутником солдата в найскладніших природно-кліматичних умовах. Завдяки розробленій системі управління, має високу стійкість при русі по нерівній, слизькій поверхні і здатний утримати рівновагу навіть при зовнішньому механічному впливі [5].



Рисунок 1.7 – Крокуючий робот Big Dog [5]

Кінематика робота: його кінематичну схему зображено на рисунку 1.8, його кінематика нагадує чотириногих звірів.

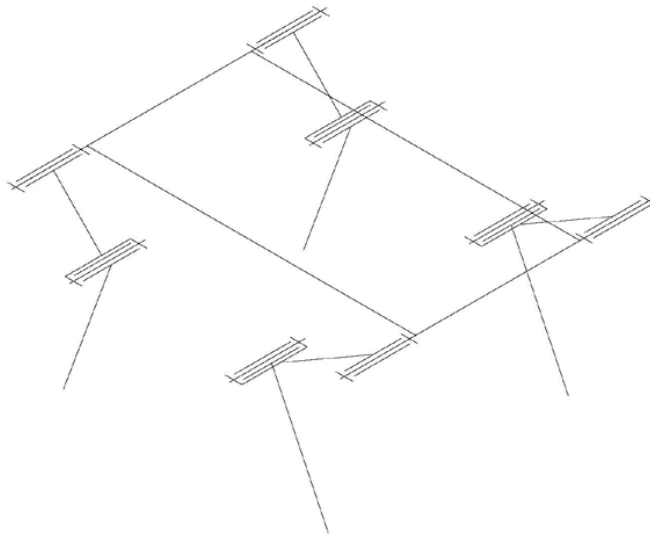


Рисунок 1.8 – Кінематична схема робота Big Dog [5]

Склад робота: має корпус, до якого кріпляться кінцівки, в якому розміщено бортовий комп'ютер, датчики, гіроскоп та акселерометр, акумуляторні батареї, двотактний двигун внутрішнього згорання з водяним охолодженням потужністю в 15 к.с.; гідравлічні приводи, що приводять в дію кінцівки.

Приводи робота: його чотири кінцівки оснащені гідроприводом, що забезпечує можливість перенесення корисного вантажу до 45 кг та пересуванню по пересічній місцевості.

Система керування робота: забезпечується бортовим комп'ютером, система керування адаптивна замкнута. Має розвинену систему стабілізації, що дозволяє йому при падінні підніматися та продовжувати свій рух.

Робот може працювати в декількох режимах: переміщення по координатах, слідування за лідером. Може пересуватися галопом, бігом, поповзом. Він забезпечений двигуном і спецзасобами, що забезпечують його управління, пересування, орієнтацію на місцевості і зв'язок [5].

Cornell Ranger – крокуючий чотириногий біпедальний робот-марафонець (рис. 1.9), зроблений у Корнельському університеті (Cornell University). На

сьогоднішній день він поставив рекорд по роботі на дистанції 65,24 км без перезарядки і ремонту [6].



Рисунок 1.9 – Крокуючий робот Cornell Ranger [6]

На кінематичній схемі (рис. 1.10) показано, що робот має дві пари ніг, внутрішню і зовнішню пари. Має три ступені свободи: один на стегнах і два на щиколотках. Ноги кожної пари жорстко скріплені між собою і обидві пари з'єднані на стегні з шарніром, закріпленим на спільній осі.

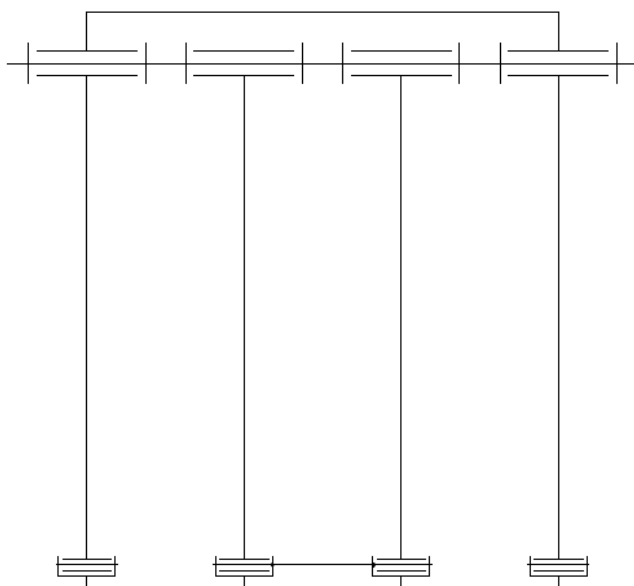


Рисунок 1.10 – Кінематична схема робота Cornell Ranger [6]

Склад робота: робот має масу 5 кілограмів, 4 попарно з'єднані ноги, довжиною 1 метр, що вимірюється від нижньої частини стопи до стегна.

Електродвигуни та інші важкі частини (наприклад, акумулятори) розташовані навколо стегна, щоб центр маси ніг максимально наблизився до стегна. Це робиться з двох причин: мінімізувати інерцію ніг щодо кульшового суглоба та отримати гарну симетрію між двома парами ніг.

Приводи робота: кожен із ступенів свободи приводиться в дію окремо двигуном постійного струму. Всього використовується 5 двигунів: 2 для стегон зовнішньої та внутрішньої пар, 1 для двох щиколоток внутрішньої пари та 2 по 1 на кожну щиколотку зовнішньої пари ніг (рис. 1.11).

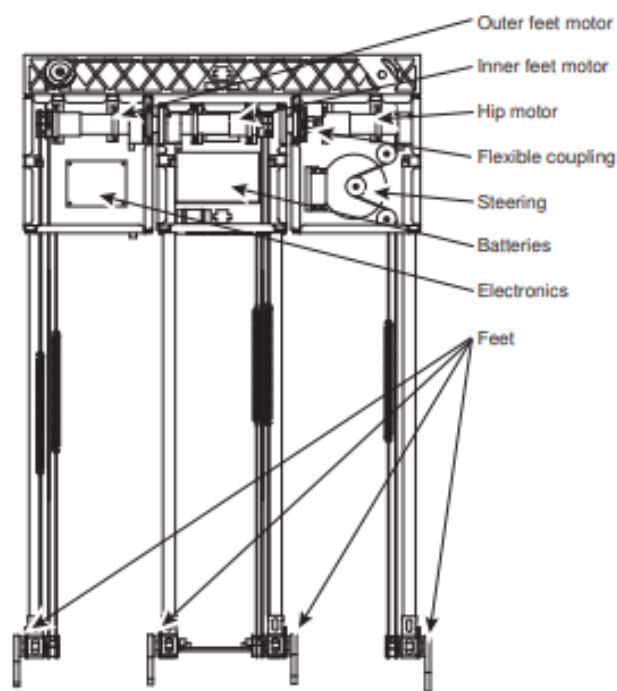


Рисунок 1.11 – Складові частини робота Cornell Ranger [7]

У департаменті біологічної кібернетики Більфельдського університету був розроблений новий робот-комаха «Nector» (рис. 1.12). «NECTOR» буде використовуватися в CITES і лабораторіях Данії, Німеччини та Італії, як частина Європейського проекту EMICAB (Embodied Motion Intelligence for Cognitive, Autonomous Robots) - втілення в рух інтелекту когнітивних автономних роботів. Робот буде вчитися переміщатися автономно і наслідувати ході справжніх комач [8].



Рисунок 1.12 – Крокуючий робот. Робот-комаха «Nector» [8]

Кінематика робота: на рис. 1.13 зображена кінематична схема даного робота. Його корпус складається з трьох частин, шарнірно з'єднаних між собою. Його кінцівки складаються з трьох ланок та мають 6 ступенів свободи.

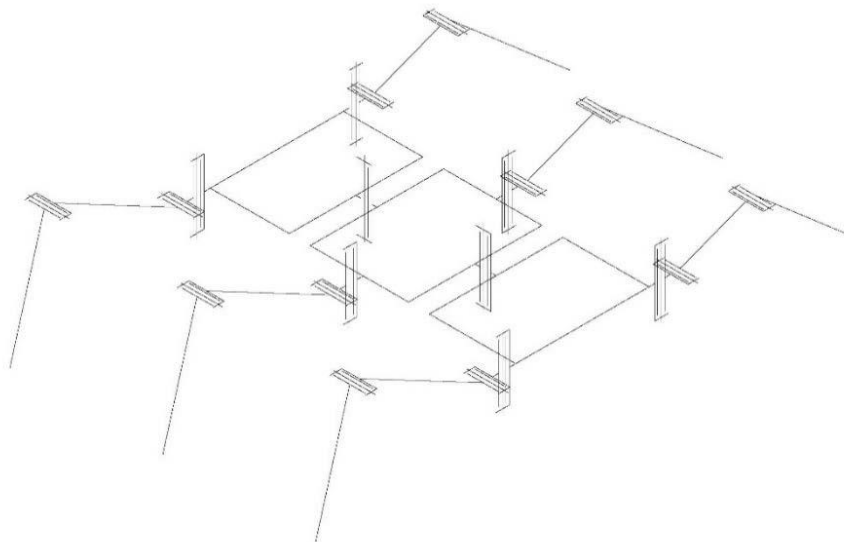


Рисунок 1.13 – Кінематична схема робота-комахи «Nector» [8]

Склад робота: робот має корпус, в якому знаходяться мікроконтролер, гіроскоп, приводи повороту частин тулуба, акумулятори. Кінцівки кріплять до

корпусу на двигуни спеціальної конструкції, що мають тензодатчики для реагування на перешкоди та навантаження, що сприймають кінцівки робота.

Приводи робота: робот має по 3 двигуна спеціальної конструкції з тензодатчиками на кожній нозі, що забезпечує рухливість кожної ланки та надає 6 ступенів свободи. Всього таких приводів 18. Також є 2 сервоприводи, що забезпечують рухливість частин корпусу під час руху подібно до комах.

Система керування робота: представлена замкнутою адаптивною системою керування. В залежності від перешкод чи навантажень, з якими стикаються кінцівки робота, його кінцівки піднімаються вище, щоб переступити перешкоду, або подолати її відповідним шляхом, закладеним програмою керування. Система керування досить складна і з нею можна детальніше ознайомитися у джерелі [8].

Робот X-RHex (рис.1.14) від компанії Boston Dynamics має відчутні переваги в прохідності. Така конструкція дозволяє роботу досить успішно рухатися по траві, піску, щебінці, бруду і багатьом іншим типам поверхні, які можуть ускладнювати рух як колісних, так і крокуючих роботів [9].



Рисунок 1.14 – Крокуючий робот. X-RHex [9]

Кінематична схема робота представлена на рисинку 1.15. Особливістю є те, що 6 кінцівок являють собою напівкруглі ланки, що обертаються, забезпечуючи при цьому рух робота. Шість «лап» робота синхронного

обертаються «по три», приблизно копіюючи методикау переміщення інших гексаподів.

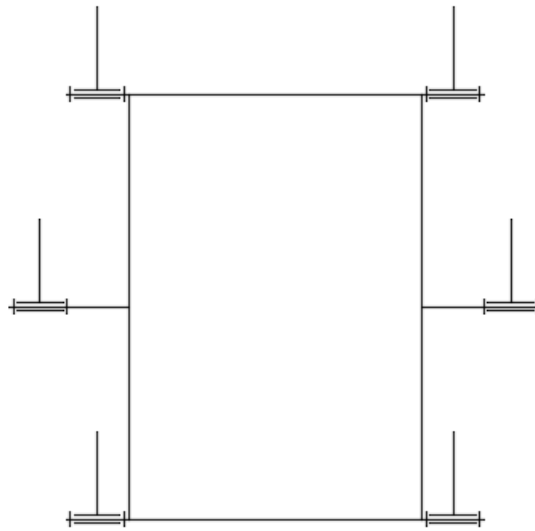


Рисунок 1.15 – Кінематична схема робота X-RHex [9]

Склад робота: робот має корпус, в якому знаходиться вся електроніка та елементи живлення, електричні приводи. Лапки робота мають напівкруглу форму, які виконані із пружного матеріалу та покриті гумою з протектором для кращого зчеплення з різними типами поверхні. Робот також оснащений радіомодулем та камерою для зручності керування оператором. Його загальна маса 14 кг, корисна вантажепід'ємність – 2 кг. Корпус робота герметизовано для проходження по болотистих чи вологих поверхнях.

Приводи робота: приводами робота є електричні двигуни постійного струму.

Система керування робота: керування роботом здійснюється оператором за допомогою радіозв'язку та за рахунок передачі відеоданих з робота на монітор оператора.

Перевага робота полягає у можливості досліджувати завали чи інші важко доступні місця для знаходження людей чи важливих предметів. Він має відносно своїх розмірів високу прохідність як по різних типах поверхонь, так і по розміру перешкод (уступи, великі камені, насипи тощо) [9].

Крокуючий робот іС Нехарод (рис. 1.16) обладнаний камерою з ПЗС-матрицею, що працює на 16-ти бітному процесорі РІС. Його основне призначення – це зафіксувати обличчя людини, захопити його камерою та знімати. Його камера слідує за обличчям людини, коло вона ним (обличчям) рухає. Його компоновка у вигляді гексапода дозволяє виконувати плавно такі складні рухи.



Рисунок 1.16 – Крокуючий робот. іС Нехарод [9]

Кінематика робота: кінематична схема представлена на рис.1.17. Даний робот має 3 ступеня вільності для кожної ноги, 2 для повороту голови-камери та нахилу.

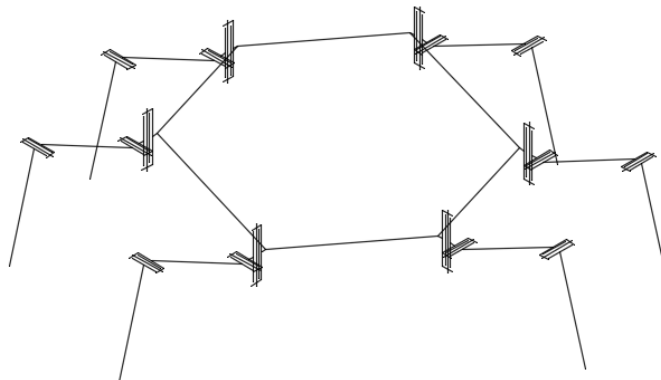


Рисунок 1.17 – Кінематична схема робота іС Нехарод [9]

Склад робота: робот має корпус у формі шестикутника, 6 кінцівок, кожна з яких складається з 3 ланок, рухому платформу для камери, електричні сервоприводи та плату керування з датчиками.

Приводи робота: всього використовується 21 електричний сервопривод: по 3 на кожен ногу, та 3 для платформи камери.

Система керування робота: робот має блок керування під назвою p.Brain, який забезпечує всі рухи ніг і корпусу. P.Brain працює на процесорі PIC ds33F. Є також віддалений комп'ютер Mini-ITX з Windows XP Mini, який відповідає за розпізнавання осіб та відстеження (має процесор Pentium-M 1,73 ГГц, 512 Мб Ram і 40 Гб HD). Цей ПК підключений до p.Brain через послідовний порт. Тільки прості команди, такі як обертання голови і тіла навколо осей X, Y і Z, відправляються на p.Brain з ПК. Тому система керування робота є замкнута слідкуюча.

Даний робот відноситься до «інженерного мистецтва». Тобто фотографії людей, які він робить, він надсилає на он-лайн сервер, де вони зберігаються. Тому коли він повторно зустрічає ту ж саму людину, він може її впізнати та знайти фотографії цієї людини зі своєї бази [9].

## **1.2 Аналіз сучасних одноплатних комп'ютерів**

Одноплатний комп'ютер (SBC, англ. Single-board computer) – самодостатній комп'ютер, зібраний на одній друкованій платі, на якій встановлені мікропроцесор, оперативна пам'ять, системи введення-виведення і інші модулі, необхідні для функціонування комп'ютера. Одноплатні комп'ютери виготовляються в ролі промислових або вбудованих комп'ютерів. Які можуть використовуватися для рішення великого спектра завдань, починаючи від ролі навчального макета до систем на яких реалізовані технології IoT і Industry 4.0 [10].

Asus Tinker Board 2Гб – являє собою одноплатний комп'ютер в ультра-малому форм-факторі, який пропонує досить високу продуктивність в своєму

класі. Плата має на борту потужний ARM Cortex-A17 з тактовою частотою 1,8 ГГц, гігабітний Ethernet, порт HDMI 2.0 для моніторів і телевізорів з роздільною здатністю до 4K і H.264, 2 Гб оперативної пам'яті, звук 192K/24 біта, SDIO 3.0 і ще кілька бонусів. Крім того до плати можна підключити різні модулі розширення, які є у продажу. Загальний вигляд ASUS Tinker Board 2Гб представлений на рисунку 1.18, а основні характеристики в таблиці 1.1.



Рисунок 1.18 – Мікрокомп'ютер ASUS Tinker Board [11]

Таблиця 1.1 – Основні характеристики ASUS Tinker Board

Параметри	Значення
1	2
Процесор	
Виробник процесора	Rockchip
Модель процесора	Rockchip RK3288
Кількість ядер процесора	4
Частота процесора	1800 МГц
Оперативна пам'ять	
Тип оперативної пам'яті	LPDDR3
Розмір оперативної пам'яті	2 Гб
Відеокарта	

Продовження таблиці 1.1

1	2
Виробник відеочіпа	Mali
Модель відеочіпа	Mali T764
Інтерфейси, роз'єми	
Відео інтерфейси	HDMI
Аудіо інтерфейси	3.5 мм jack (аудіо)
Інтерфейси периферії	display serial interface, camera, serial interface, 40 pin GPIO, USB 2.0 x4
display serial interface, camera	display serial interface, camera
Додаткове вбудоване обладнання	Bluetooth 4.0

*Джерело: [11]*

Raspberry Pi 3 Model A+ 512MB – міні-комп'ютер з процесором ARM на якому може працювати операційна система Linux. Raspberry Pi 3 model A + 512Mb є міні-комп'ютер з 512 МБ ОЗУ, HDMI і аудіовиходом з композитним відеосигналом RCA (через гніздо 3,5 мм аудіовиходу), один порт USB і 40-контактним роз'ємом з кроком 2,54 мм, який забезпечує доступ до входів і виходів загального призначення (GPIO). Модель A Raspberry Pi менше і дешевше, ніж модель B Raspberry Pi. На платі відсутній Ethernet інтерфейс але додані бездротові інтерфейси Wi-Fi і Bluetooth. Для запуску комп'ютера потрібна карта microSD з операційною системою і блок живлення (не входять в комплект). Мінікомп'ютер Raspberry Pi користується великою популярністю і величезним співтовариством шанувальників.

Плата відрізняється малим споживанням і скромними розмірами, що робить її незамінною для створення мобільних пристроїв з автономним живленням.

Основні характеристики Raspberry Pi Model A + 512MB представлені нижче (рис. 1.19):

- процесор BCM2837B0 64-розрядний Cortex-A53 з тактовою частотою 1.4GHz;
- графічний процесор VideoCore IV;
- ОЗУ 512 МБ;
- пам'ять програм: micro-SD карта пам'яті;
- один USB-порт 2.0;
- повнорозмірний вихід HDMI;
- чотирьох-контактний роз'єм 3,5 мм з аудіовиходом і композитним відеовиходом (PAL або NTSC);
- вбудований двохдіапазонний Wi-Fi (2.4GHz / 5GHz) стандарту IEEE 802.11 b / g / n / ac (чіп Cypress CYW43455);
- вбудований Bluetooth 4.2 LE (чіп Cypress CYW43455);
- 40-контактний GPIO-роз'єм з 0,1-дюймовими штирями, які сумісні з роз'ємами 2 x 20;
- інтерфейс камери (CSI);
- інтерфейс дисплею (DSI);
- слот для карт Micro SD;
- напруга живлення: 5В;
- напруга логічних рівнів: 3,3В;
- споживаний струм: до 2,5А.



Рисунок 1.19 – Raspberry Pi Model A+ 512MB [12]

Orange Pi Win Plus A64 Quad-core 2GB WIFI (рис. 1.20) – основна особливість якої – готовність до установки операційної системи Windows 10 Iot на додаток до вже звичних Android, Armbian, Ubuntu, Debian і Raspbian. Як і кожне наступне поповнення комп'ютерів плата доповнена могутнішим процесором Soc Allwinner A64 з 4 64-бітними ядрами ARM Cortex-A53 і GPU Mali-400MP2, розширеним до 2Гб обсягом оперативної пам'яті DDR3 і гнучкою системою живлення, що дозволяє підключати батарейний відсік для забезпечення максимальної автономності.



Рисунок 1.20 – Orange Pi Win Plus A64 Quad-core 2GB WIFI [13]

Головна відмінність міні-комп'ютера Orange Pi Win Plus від Orange Pi Win полягає в збільшеному до 2Гб обсязі оперативної пам'яті. На платі розведене місце для модуля емтс пам'яті, але сам модуль на платі не розпаяний. У якості пам'яті зберігання програм використовується microSD карта пам'яті з максимальним обсягом до 64Гб.

Для виведення зображення можна використовувати як MIPI DSI рознімання для підключення ЖК панелі так і вихід HDMI 1.4, а для підключення камери дозволом до 5 Мп призначене рознімання MIPI CSI.

У якості мережних інтерфейсів доступні: мережний порт Gigabit Ethernet, контролер Атрак AP6212 з підтримкою Wi-Fi 802.11n і Bluetooth 4.2. Для підключення додаткових обладнань можна використовувати один microusb порт із підтримкою OTG і чотири порти USB 2.0. 40-контактний GPIO рознімання сумісне з Raspberry Pi і три UART (один з них використовується для

налагодження), ІК-приймач, кнопки живлення й перезавантаження. Окремий джампер відповідає за вибір джерела живлення: порт micro-USB OTG або зовнішній адаптер з вихідною напругою 5 В, 2 А.

Основні характеристик Orange Pi Win Plus A64 Quad-core 2GB WIFI представлені нижче:

- процесор: Allwinner A64 Quad-core, сімейство процесора: Cortex A53, розрядність процесора: 64-bit, робоча частота: 1,2ГГц - 1,6ГГц;

- графічний процесор: Mali400MP2 GPU, підтримка: OpenGL ES 2.0 OpenGL 1x, DX9\_3, Openvg, 1080p45 H.264, апаратна підтримка декодування: H.265/HEVC 4K;

- оперативна пам'ять: 2 ГБ на Win Plus DDR3 ( разом з GPU);

- пам'ять програм: microsd ( до 64 ГБ), MMC слот, 2M Spi Flash;

- мережні інтерфейси: Ethernet 10/100/1000 Мб/сек Ethernet RJ45, Wi-Fi+Bluetooth Ампак AP6212, IEEE 802.11 b/g/n + Bluetooth 4.2;

- відеовхід: Роз'єм 1 x CSI;

- відеовихід: рознімання HDMI 1.4 з підтримкою HDCP і CEC, рознімання MIPI LCD;

- аудіовхід: вбудований мікрофон;

- аудіовихід: HDMI, mini-jack (3,5 мм);

- USB інтерфейси: USB 2.0 x 4 порту, USB 2.0 OTG x 1 порт;

- інтерфейс дистанційного керування: ІК-Порт, інтерфейс уведення- вивід: 40-контактний GPIO сумісний з Raspberry Pi GPIO, UART, I2C, SPI або PWM, UART Інтерфейс (Debug TTL UART);

- живлення: напруга живлення: 5В, споживаний струм: 2А;

- тип рознімання живлення: 4.0 мм/1.7 мм.

## РОЗДІЛ 2

### ВИБІР АПАРАТНОЇ ПЛАТФОРМИ ТА СЕРЕДОВИЩА РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

#### 2.1 Архітектура Raspberry Pi 3 model B plus

Raspberry Pi – невеликого розміру одноплатний комп'ютер, розроблений британським фондом Raspberry Pi Foundation. Raspberry Pi створена на базі процесора з архітектурою ARM і частотою від 700 МГц. В останніх версіях прошивки офіційно дозволили прискорити процесор до 1,2 ГГц, що забезпечує досягнення прийнятної продуктивності при низькому енергоспоживанні.

Raspberry Pi – це повноцінний системний блок, за допомогою якого можна навчати роботі з комп'ютером, відтворювати відео, програмувати, користуватися інтернетом, слухати музику. Одна з головних і привабливих особливостей Raspberry Pi – наявність на платі апаратних портів введення/виведення GPIO (General Purpose Input/Output, входи/виходи загального призначення), що відкриває перспективи використання його в робототехнічних проектах [14].

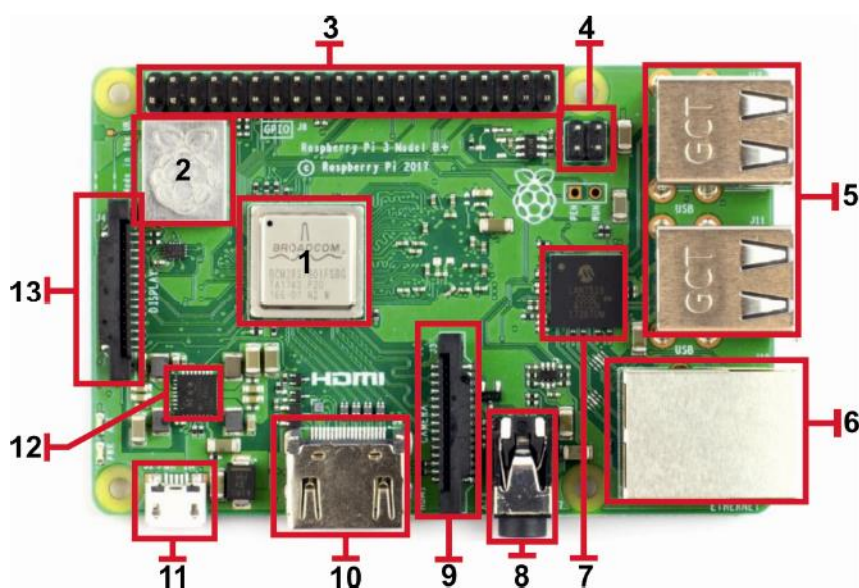


Рисунок 2.1 – Розташування основних елементів на платі Raspberry Pi 3 - Model B Plus [14]

1 – чіп Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53, 64-bit, quad-core Soc @ 1.4Ghz with 1GB LPDDR2 SDRAM (Поліпшене керування температурою й продуктивністю);

2 – чіп Cypress CYW43455, IEEE 802.11 b/g/n/ac 2.4Ghz/5Ghz Wireless LAN (WLAN);

3 – Extended 40-pin GPIO header;

4 – Power over Ethernet (PoE) header (requires separate PoE HAT);

5 – 4xUSB 2.0 ports and Faster Ethernet over USB 2.0 (maximum throughput 300Mbps);

6 – роз'єм для конектора RJ45 (кручена пара);

7 – чіп Microchip LAN7515;

8 – роз'єм 3,5 mm (jack), 4 pole stereo output and composite video port;

9 – MIPI CSI camera port;

10 – Full size HDMI;

11 – microUSB power connector 5V/2.5 A;

12 – HAV мікросхема;

13 – MIPI DSI display port;

Raspberry Pi 3 - Model B Plus підтримує наступні периферійні обладнання й протоколи [15]:

– 48x GPIO;

– 2x I2C;

– 2x SPI;

– 2x UART;

– 2x SD/SDIOm

– 1x HDMI 1.3a;

– 1x USB2 HOST/OTG;

– 1x DPI (Parallel RGB Display);

– 1x NAND interface (SMI);

– 1x 4-lane CSI Camera Interface (up to 1Gbps per lane);

– 1x 2-lane CSI Camera Interface (up to 1Gbps per lane);

- 1x 4-lane DSI Display Interface (up to 1Gbps per lane);
- 1x 2-lane DSI Display Interface (up to 1Gbps per lane).

Взаємодію між основними елементами Raspberry Pi 3 – Model B Plus представлено на рисунку 2.2 у вигляді блок-схеми.

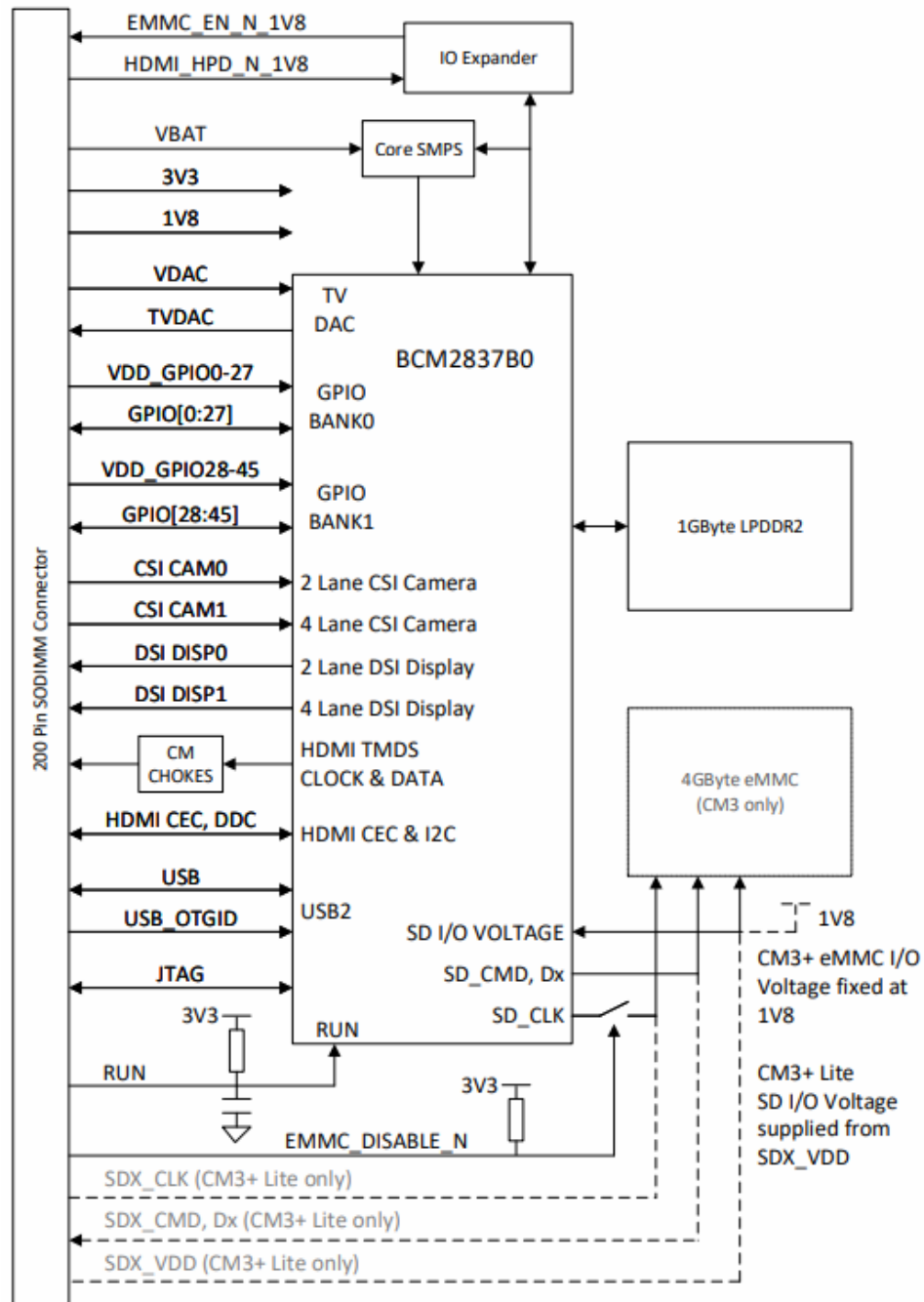


Рисунок 2.2 – Блок схема взаємодії основних елементів Raspberry Pi 3 - Model B Plus [15]

## 2.2 Плата розширення Robot HAT

Robot HAT – це багатофункціональна плата розширення, яка дозволяє швидко перетворити Raspberry Pi на робота. На борту є MCU, щоб розширити вихід ШІМ і вхід АЦП для Raspberry Pi, а також чіп драйвера двигуна, модуль Bluetooth, аудіомодуль I2S і монодинамік. А також GPIO, які виходять із самого Raspberry Pi.

Він також поставляється з динаміком, який можна використовувати для відтворення фонові музики, звукових ефектів і реалізації функцій TTS, щоб зробити ваш проект цікавішим.

Приймає 2-контактний вхід живлення 7-12 В PH2.0 з 2 індикаторами живлення. Плата також має доступний для користувача світлодіод і кнопку для швидкого тестування деяких ефектів (рис 2.3).

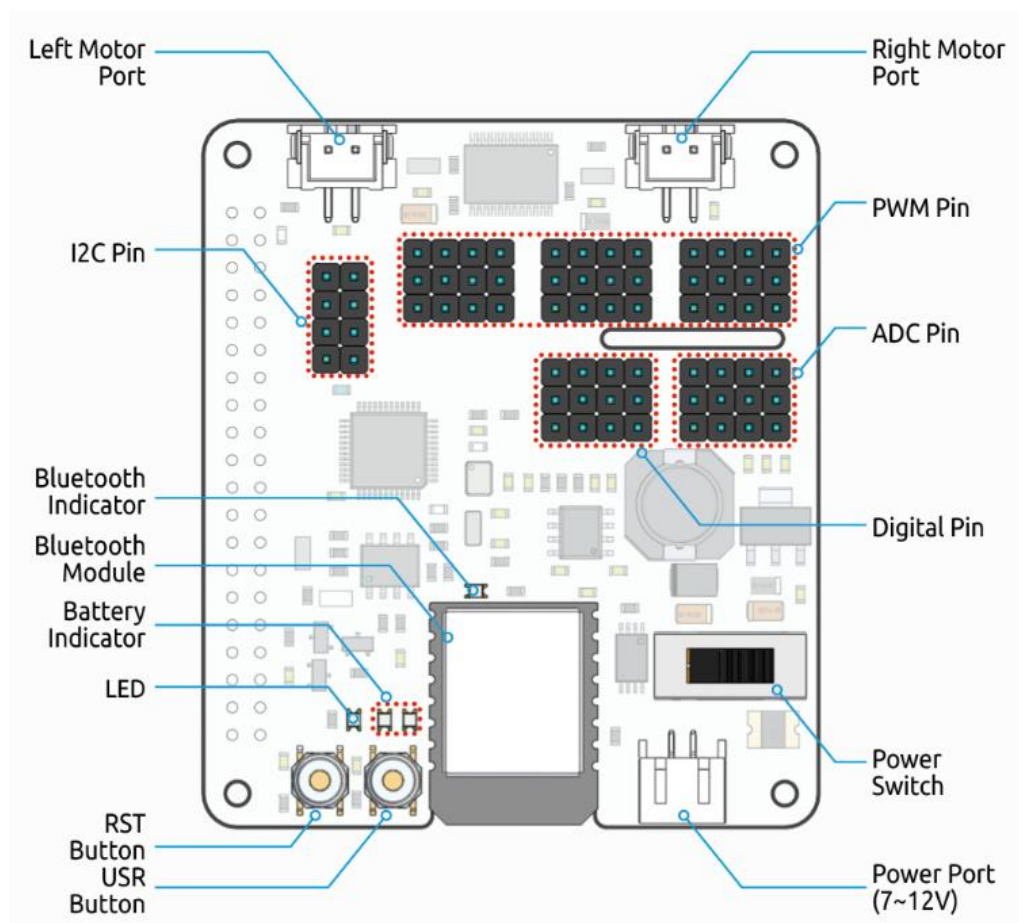


Рисунок 2.3 – Плата розширення Robot HAT

Лівий/правий порт двигуна:

- 2-канальні порти двигуна ХН2.54.
- Лівий порт підключено до GPIO 4, а правий – до GPIO 5.
- API: клас двигуна - керування двигуном, 0 для лівого порту двигуна, 1 для правого порту двигуна.

Pin I2C:

- 2-канальні контакти I2C від Raspberry Pi.
- API: клас i2c - шина ІС.

Pin PWM

- 12-канальні PWM контакти, P0-P12.
- API: клас ШІМ - широтно-імпульсна модуляція.

Pin АЦП:

- 4-канальні контакти АЦП, А0-А3.
- API: клас ADC - аналого-цифровий перетворювач.

Цифровий PIN-код:

- 4-канальні цифрові виводи, D0-D3.
- API: клас Pin - контроль контактів введення/виведення

Індикатор батареї:

- Два світлодіоди загоряються, коли напруга перевищує 7,8 В.
- Один світлодіод світиться в діапазоні від 6,7 до 7,8 В.
- Нижче 6,7 В обидва світлодіоди вимикаються.

Кнопка RST:

- Коротке натискання кнопки RST викликає скидання програми.
- Утримуйте кнопку RST, доки не загориться світлодіод, а потім відпустіть, і ви від'єднаєте Bluetooth.

Кнопка USB

- Функції кнопки USB можна встановити за допомогою програмування. (Натискання призводить до введення «0»; відпускання призводить до введення «1». )

– API: клас Pin - контроль контактів вводу/виводу , ви можете використовувати Pin(«SW») його для визначення.

Вимикач живлення:

– Увімкніть/вимкніть живлення робота HAT.

– Коли ви підключите живлення до порту живлення, Raspberry Pi завантажиться. Однак вам потрібно буде перевести перемикач живлення в положення ON, щоб увімкнути Robot HAT.

Порт живлення:

– 7-12 В PH2.0 2-контактний вхід живлення.

– Одночасне живлення Raspberry Pi і Robot HAT.

Модуль Bluetooth:

– Оскільки Raspberry Pi поставляється з Bluetooth у підпорядкованому режимі, під час підключення до стільникових телефонів виникнуть проблеми зі сполученням. Щоб полегшити підключення Raspberry Pi до Ezblock Studio, ми додали окремий модуль Bluetooth.

## 2.3 Мова програмування Python

Python – це інтерпретована, високорівнева, динамічна мова програмування, яка на сьогоднішній день використовується майже у всіх напрямках програмування. Вагомою перевагою є те, що мова фокусується на читабельності, оскільки це є одним з двадцяти програмних принципів (The Zen of Python by Tim Peters: Readability counts) [16].

Синтаксис та велика кількість бібліотек в Python допомагає програмістам вирішити поставлену перед ними задачу за значно меншу кількість кроків порівняно з Java або C++. Python, як мову програмування, було засновано в 1991 році розробником Гвідо Ван Россумом. Велика кількість організацій широко використовує Python не тільки як основну мову програмування, а як мову для написання окремих сервісів та скриптів для автоматизації, спричинено це високою гнучкістю та швидкістю вирішення задач. Зазвичай на Python

передбачають імперативне та об'єктно-орієнтоване функціональне програмування. Нижче наведений графік популярності мови програмування Python за 2019-2022 роки (рис.2.4) [16].

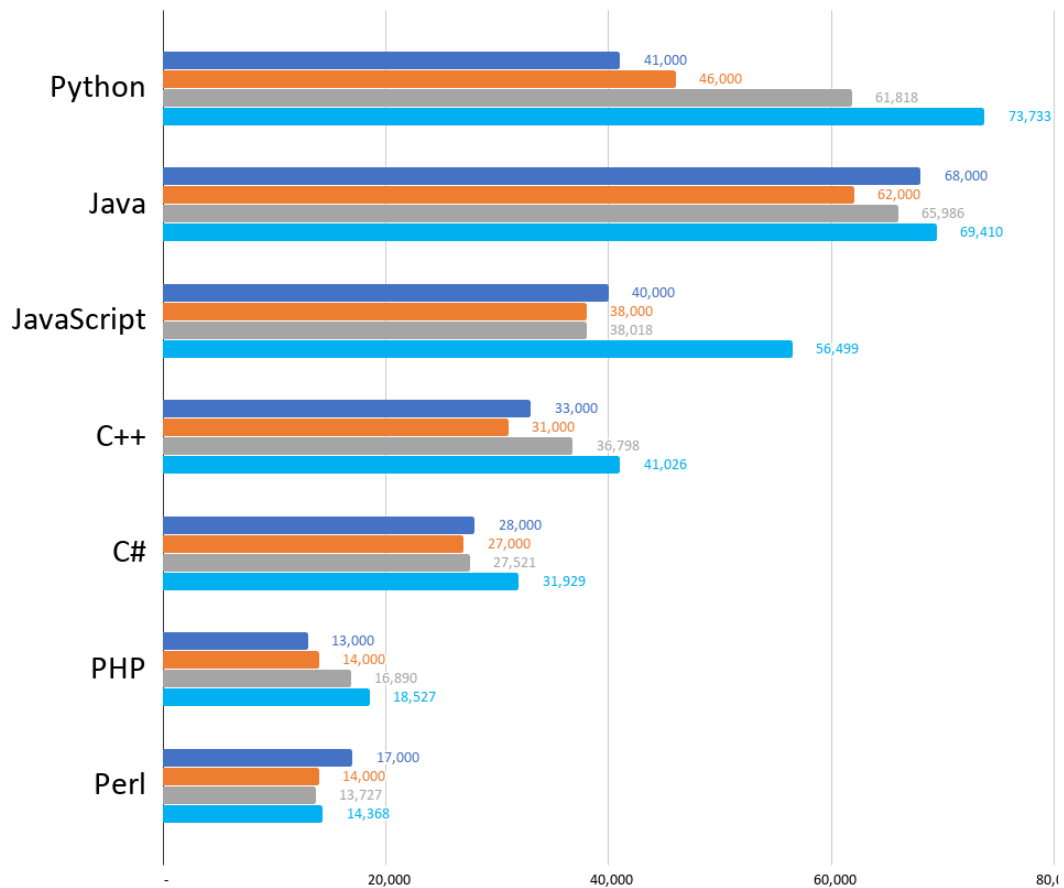


Рисунок 2.4 – Рейтинг мов програмування [16]

Python пропонує стислий і читабельний код. Хоча складні алгоритми та універсальні робочі процеси стоять за машинним навчанням та штучним інтелектом (AI), простота Python дозволяє розробникам писати надійні системи. Програмісти можуть докладати всіх зусиль для роботи над вирішенням проблеми машинного навчання, а не зосереджуватися на технічних нюансах мови.

Крім того, Python приваблює багатьох розробників, оскільки її легко вивчити. Код Python зрозумілий людям, що спрощує побудову моделей для машинного навчання.

Багато програмістів кажуть, що Python більш інтуїтивно зрозумілий, ніж інші мови програмування. Інші вказують на безліч рамок, бібліотек та розширень, які спрощують реалізацію різних функціональних можливостей. Загально визнано, що Python підходить для спільної реалізації, коли задіяні кілька розробників. Оскільки Python є мовою загального призначення, він може виконувати набір складних завдань машинного навчання та дозволяє швидко будувати прототипи, що дозволяють протестувати ваш продукт для цілей машинного навчання.

Впровадження алгоритмів AI та ML може бути складним і вимагає багато часу. Важливо створити добре структуроване та перевірене середовище, щоб розробники могли розробити найкращі рішення щодо розробки.

Щоб скоротити час програмування, розробники звертаються до декількох фреймворків і бібліотек Python. Бібліотека програмного забезпечення – це попередньо написаний код, який програмісти використовують для вирішення загальних завдань програмування. Python має багатий набір технологій, широкий спектр бібліотек для штучного інтелекту та машинного навчання. Ось деякі з них:

- Keras, TensorFlow та Scikit-learn для машинного навчання;
- Pandas для аналізу даних загального призначення;
- NumPy для високоефективних наукових обчислень та аналізу даних;
- SciPy для розширених обчислень;
- Seaborn для візуалізації даних.

## **2.4 Python бібліотеки**

Бібліотека Python – це сукупність функцій та методів, що дозволяє виконувати безліч дій без написання коду. Наприклад, бібліотека зображень Python PIL (Python Image Library) є однією з основних бібліотек для управління зображеннями в Python. Pillow - це активно розвинена гілка PIL. Open-CV (Open Computer Vision) - це бібліотека Python (також пов'язується з C++, C# тощо),

спрямована на комп'ютерне бачення та обробку зображень у реальному часі. Вона використовує NumPy, іншу бібліотеку для числових операцій. Кожна бібліотека в Python містить величезну кількість корисних модулів, які ви можете імпортувати для свого щоденного програмування [8]. Велика стандартна бібліотека Python, яку зазвичай називають однією з найбільших її сильних сторін, надає інструменти, придатні для багатьох завдань.

Для інтернет-додатків підтримуються багато стандартних форматів і протоколів, таких як MIME і HTTP. Він включає в себе модулі для створення графічних інтерфейсів користувача, підключення до реляційних баз даних, генерування псевдовипадкових чисел, арифметику з десятковими знаками довільної точності, що маніпулює регулярними виразами, та тестування [8]. Деякі частини стандартної бібліотеки охоплені специфікаціями (наприклад, реалізація інтерфейсу шлюзу веб-сервера (WSGI) wsgiref відповідає

Вони визначаються кодом, внутрішньою документацією та наборами тестів. Однак, оскільки більша частина стандартної бібліотеки є кросплатформним кодом Python, лише декілька модулів потребують зміни або переписування для варіантів реалізації [17].

Станом на листопад 2023 року індекс пакунків Python (PyPI – офіційне сховище сторонніх програмних продуктів Python), містить понад 200 000 пакетів з широким спектром функціональності, включаючи:

- Автоматизацію.
- Аналіз даних.
- Документацію.
- Машинне навчання.
- Системне адміністрування.
- Обробку зображень.
- Веб-фреймворки.
- Обробка тексту.
- Робота з базами даних.

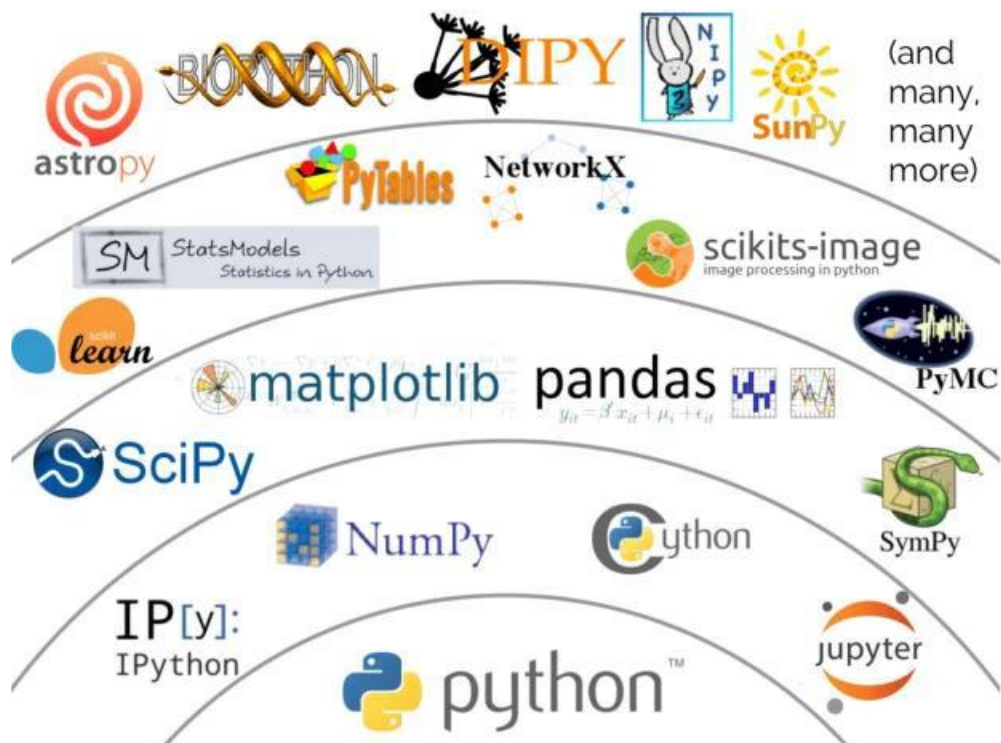


Рисунок 2.5 – Найпопулярніші бібліотеки на мові Python [17]

На рисунку 2.5 зображено найпопулярніші бібліотеки, які використовуються інженерами при розробці програмного забезпечення на мові програмування Python.

## РОЗДІЛ 3

### ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Етапи збору крокуючого робота

Модель робота складається з наступних компонентів:

1. Мікроконтролера Raspberry Pi.
2. Плати розширення Sensor Robot HAT.
3. Сервоприводи.
4. Двох акумуляторів (3.7 V).
5. Ультразвуковий датчик відстані HC-SR04.

Крок 1 (рис. 3.1).

Прикрутити до платформи робота тримач батарей та встановити ультразвуковий датчик відстані HC-SR04.

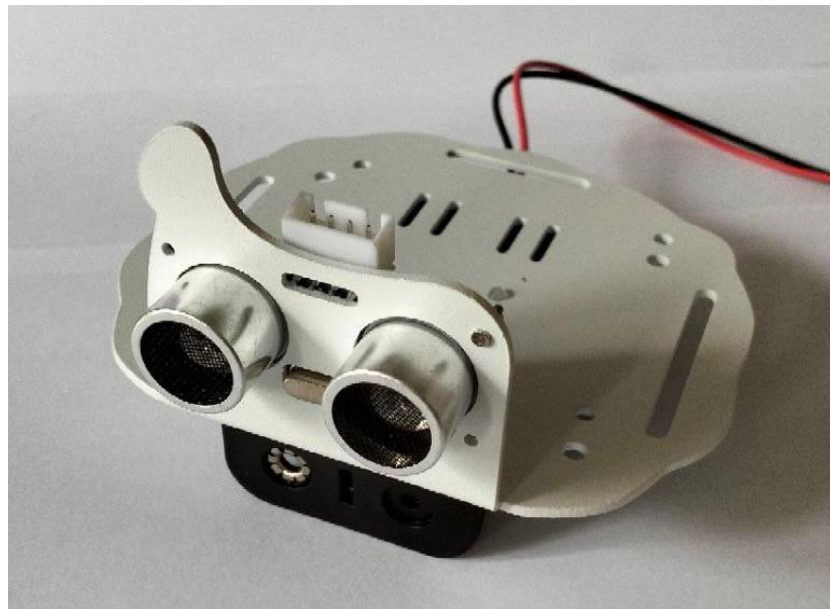


Рисунок 3.1 – Крок 1

Крок 2 (рис. 3.2).

Встановлення плати Raspberry Pi та Robot HAT — це багатofункціональна плата розширення Robot HAT.

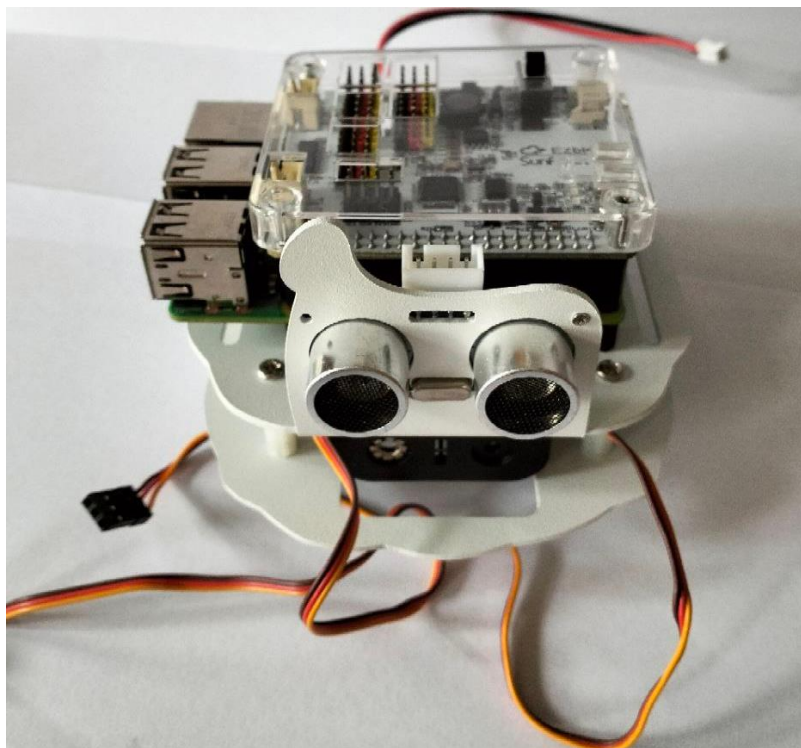


Рисунок 3.2 – Крок 2

Крок 3 (рис. 3.3).

Встановлення сервоприводів Cluth Gear.

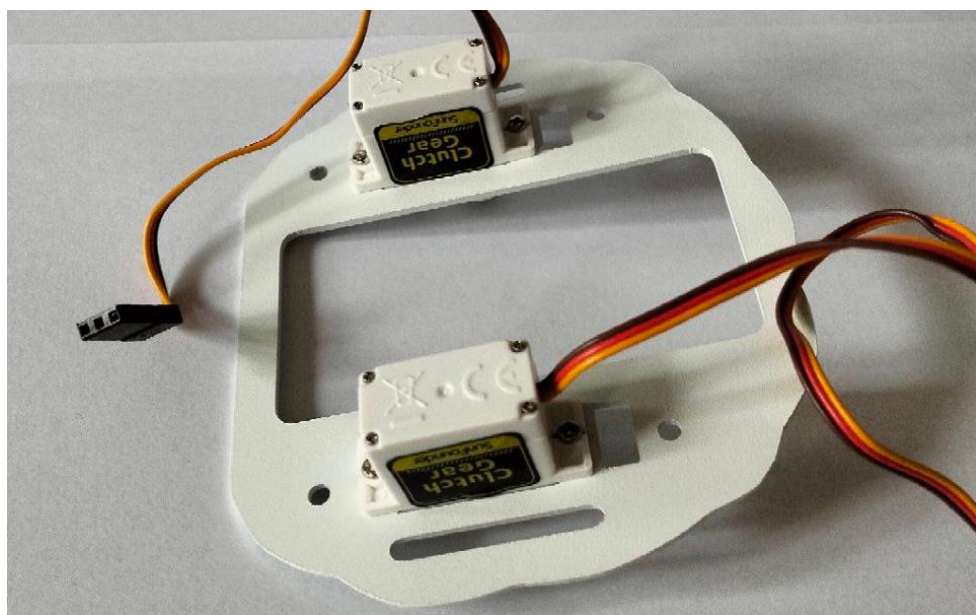


Рисунок 3.3 –Крок 3

Крок 4 (рис. 3.4).

Підключення живлення, сервоприводів та ультразвукового датчик відстані до плати розширення.



Рисунок 3.4 – Крок 4

Крок 5.

Встановлення ніг робота та сервоприводів (рис. 3.5).

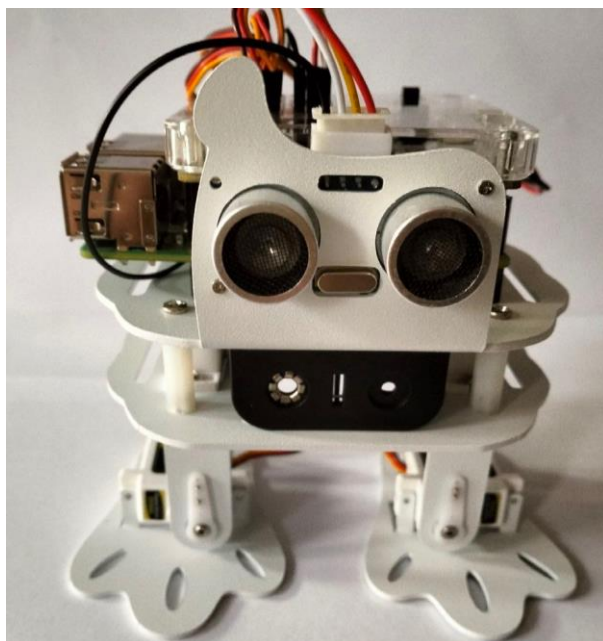


Рисунок 3.5 – Готовий робот

## 3.2 Налаштування Raspberry Pi

Raspberry Pi (RPi) – це одноплатний мікрокомп'ютер, у якого є всі ті ж ознаки, що й у звичайних персональних комп'ютерів і ноутбуків. До нього можна підключити монітор, клавіатуру, мишу, аудіо колонку, а також інтернет кабель. Як і персональний комп'ютер, RPi працює під керуванням повноцінних операційних систем (ОС), таких як: Raspbian (Debian), Android і навіть Windows 10 (IoT). операційна система в Rpi зберігається на карті пам'яті формату microSD. Там же зберігаються й усі користувацькі файли.

Щоб почати роботу з Raspberry Pi, нам необхідно встановити на карту пам'яті операційну систему. Поділимо даний підрозділ на основні кроки.

Крок 1 – рекомендується використовувати карту пам'яті розміром не менш 8 Гб. Самої популярної ОС для Raspberry Pi вважається Raspbian. Це по суті модифікована Debian. Є два варіанти установки Raspbian на карту пам'яті:

- копіювання образу карти пам'яті, із передвстановленим Raspbian; робиться це за допомогою Win32Diskimager.

- копіювання спеціального установника NOOBS, який в автоматичному режимі встановить Raspbian або іншу ОС.

Крок 2 – вантажимо архів (<https://www.raspberrypi.org/downloads/noobs/>) файлами з образами NOOBS Можна вибрати NOOBS або NOOBS Lite. У першому випадку ми завантажимо установник у комплекті з Raspbian. У другому випадку установник буде порожній, але можна буде «дозавантажити» будь-яку ОС із інтернету. Вибираємо перший варіант.

Крок 3 – Розпаковуємо завантажений архів.

Крок 4 – Копіюємо всі файли з архіву на порожню карту пам'яті.

Крок 5 – Запуск Raspberry Pi.

Крок 6 – Запуск установника NOOBS. Після завантаження, установник просить вибрати потрібну операційну систему. Вибираємо Raspbian (рис. 3.6).

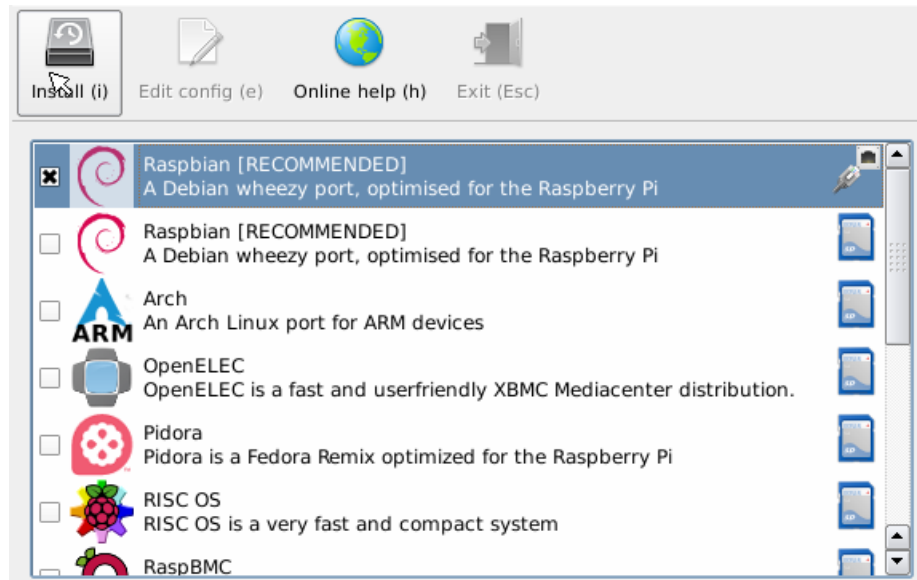


Рисунок 3.6 – Установник NOOBS

Підтверджуємо установку ОС Raspbian натисканням кнопки «Yes».

Крок 6 – Копіювання файлів операційної системи (рис. 3.7). На цьому кроці нам потрібно просто дочекатися, поки всі копіюються. Це займає хвилин 15-20.

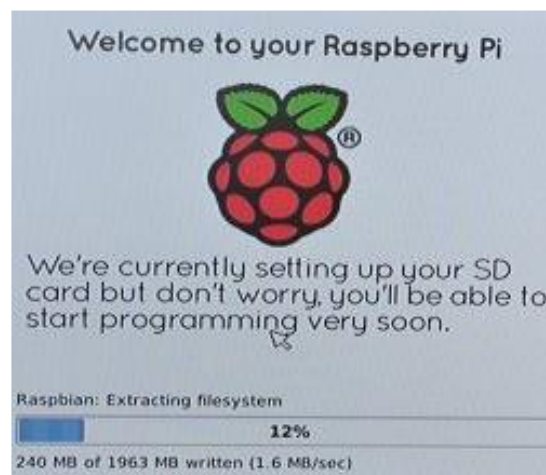


Рисунок 3.7– Копіювання файлів ОС Raspbian

Крок 7 – По завершенню копіювання й установки на екрані буде виведене вікно (рис. 3.8). Натисніть «ОК».



Рисунок 3.8 – Вікно успішної установки ОС Raspbian

Після виконання всіх кроків, на Raspberry Pi успішно встановлений ОС Raspbian і можна працювати з робочим столом, інтерфейс (рис. 3.9).



Рисунок 3.9 – Робочий стіл ОС Raspberry Pi

Властиво, по завершенню процедури установки ОС Raspbian, Raspberry Pi повністю готовий до роботи. У системі вже встановлені різні програмні додатки й середовища розробок, серед них є:

- мова програмування python версій 2 і 3;
- візуальна мова програмування Scratch;

- засоби розробки Java додатків: Bluej Java IDE, Greenfoot Java IDE;
- засіб розробки Geany Programmer's Editor;
- пакет Mathematica;
- пакет офісних додатків Libreoffice;
- Vncviewer;
- браузер Chromium;
- поштовий клієнт Claws Mail.

### 3.3 Завантаження коду

Ми можемо завантажити файли, використовуючи в командному рядку `git clone`. Спочатку встановимо `robot-hat` бібліотеку (лістинг 3.1).

#### Лістинг 3.1 – Додати бібліотеку `robot-hat`

---

```
cd /home/pi/
git clone https://github.com/sunfounder/robot-hat.git
cd robot-hat
sudo python3 setup.py install
```

---

Кінець лістингу 3.1

Потім завантажте код і встановіть `pisloth` бібліотеку (лістинг 3.2).

#### Лістинг 3.2 – Додати бібліотеку `pisloth`

---

```
cd /home/pi/
git clone -b v2.0 https://github.com/sunfounder/pisloth.git
cd pisloth
sudo python3 setup.py install
```

---

Кінець лістингу 3.2

Запустити скрипт `i2samp.sh`, щоб встановити компоненти, необхідні для підсилювача `i2s`, інакше `pislot` не матиме звуку (лістинг 3.3).

## Лістинг 3.3 – Додати скрипт i2samp.sh

---

```
cd /home/pi/pisloth
sudo bash i2samp.sh
```

---

Кінець лістингу 3.3

**3.4 Розробка проекту та програмування робота**

У цьому проєкті використаємо ультразвуковий модуль для виявлення перешкод попереду. Коли PiSloth виявляє перешкоду, він надсилає сигнал і шукає інший напрямок руху вперед (лістинг 3.4).

## Лістинг 3.4 – Основний код

---

```
from pisloth import Sloth
from robot_hat import TTS, Music
from robot_hat import Ultrasonic
from robot_hat import Pin
import time
import os

tts = TTS()
music = Music()

sloth = Sloth([1,2,3,4])
sloth.set_offset([0,0,0,0])
sonar = Ultrasonic(Pin("D2"), Pin("D3"))

alert_distance = 10
def main():
    distance = sonar.read()
    if distance < 0:
        pass
    elif distance <= alert_distance:
        try:
            music.sound_effect_threading('./sounds/sign.wav')
        except Exception as e:
            print(e)
        sloth.do_action('hook', 1,95)
        time.sleep(0.5)
        sloth.do_action('stand', 1,95)
        time.sleep(0.5)
        sloth.do_action('turn left',7,90)
```

---

### Продовження лістингу 3.4

---

```

sloth.do_action('stand', 1,95)
    time.sleep(0.2)
else :
    sloth.do_action('forward', 1,90)

if __name__ == "__main__":
    while True:
        main()

```

---

### Кінець лістингу 3.4

Виконання основної програми.

Зчитайте дані distance, виявлені ультразвуковим модулем, і відфільтруйте значення, менші за 0 ( distance<0 З'явиться, коли ультразвуковий модуль знаходиться надто далеко від перешкоди або не може правильно прочитати дані).

Якщо distance менше або дорівнює alert\_distance(порогове значення, встановлене раніше, яке дорівнює 10), відтворіть звуковий ефект sign.wav. PiSloth виконує hook, stand, і послідовно.left turnstand

Коли distanceбільше ніж alert\_distance, PiSloth рухатиметься forward.

Після виконання коду PiSloth піде вперед. Якщо він виявить, що відстань до перешкоди попереду менше 10 см, він зупиниться та пролунає попередження, а потім поверне ліворуч і зупиниться. Якщо після повороту ліворуч у напрямку немає перешкод або відстань до перешкоди перевищує 10, він продовжить рух вперед.

## ВИСНОВКИ

В ході дослідження була створено мобільний робот зі штучним інтелектом на базі Raspberry Pi 3, що є чудовим навчальним проектом та дозволяє розвивати навички у робототехніці, програмуванні та інтеграції апаратного забезпечення.

Мобільні крокуючі роботи є важливою частиною робототехніки завдяки своїй здатності пересуватися по складних поверхнях, де інші типи роботів не можуть ефективно працювати. Існують різні типи крокуючих роботів, кожен з яких має свої специфічні переваги та недоліки. Наприклад, двоногі роботи мають високу маневреність, але потребують складної системи стабілізації, тоді як шестиногі роботи забезпечують високу стабільність, але є складнішими у конструкції. Використання мобільних крокуючих роботів має великий потенціал у різних галузях, включаючи рятувальні операції, дослідження планет, а також у промисловості та медицині.

Raspberry Pi 3 є потужною та гнучкою платформою для створення роботів та інших проектів, завдяки своїй доступності, компактності та широким можливостям підключення. Архітектура Raspberry Pi 3 включає 4-ядерний процесор ARM Cortex-A53, 1 ГБ оперативної пам'яті, різноманітні порти для підключення периферійних пристроїв та вбудований Wi-Fi і Bluetooth. Ця платформа є ідеальним вибором для навчання, DIY проектів та розробки пристроїв для інтернету речей (IoT).

В результаті збору мобільного робота на базі Raspberry Pi 3 були поєднані механічні та програмні навички. Основні етапи включали механічну збірку, електричні з'єднання, встановлення програмного забезпечення, програмування та тестування.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Огляд крокуючих роботів. URL: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/2617-7064/article/download/98/83> (дата звернення: 10.02.2024).
2. Walking Tractor Timberjack by John Deere. URL: <http://www.theoldrobots.com/Walking-Robot2.html> (дата звернення: 10.02.2024).
3. Walking forest machine. URL: <https://se.pinterest.com/pin/521854675562641498/> (дата звернення: 10.02.2024).
4. BigDog – The Most Advanced Rough-Terrain Robot on Earth. URL: [http://www.bostondynamics.com/robot\\_bigdog.html](http://www.bostondynamics.com/robot_bigdog.html) (дата звернення: 10.02.2024).
5. Cornell Ranger, 4-legged bipedal robot. URL: [http://ruina.tam.cornell.edu/research/topics/locomotion\\_and\\_robotics/ranger/Ranger2011/](http://ruina.tam.cornell.edu/research/topics/locomotion_and_robotics/ranger/Ranger2011/) (дата звернення: 20.02.2024).
6. Design and construction of the Cornell Ranger, a world record distance walking robot. URL: [http://ruina.tam.cornell.edu/research/topics/locomotion\\_and\\_robotics/ranger/CornellRangerKarssen\\_v22.pdf](http://ruina.tam.cornell.edu/research/topics/locomotion_and_robotics/ranger/CornellRangerKarssen_v22.pdf) (дата звернення: 20.02.2024).
7. Advances in Autonomous Mini Robots URL: <https://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/1075/1/Advances%20in%20Autonomous%20Mini%20Robots.pdf> (дата звернення: 20.02.2024).
8. RHex – Devours Rough Terrain. URL: [http://www.bostondynamics.com/robot\\_rhex.html](http://www.bostondynamics.com/robot_rhex.html) (дата звернення: 20.02.2024).
9. I. C. Hexapod. URL: <http://www.micromagicsystems.com/#/ic-hexapod/4525033632> (дата звернення: 20.03.2024)
10. Tommaso Dreossi, Alexandre Donzé, Sanjit A. Seshia Compositional Falsification of Cyber-Physical Systems with Machine Learning Components // Systems with Machine Learning Components. J Autom Reasoning 63, 1031–1053 (2019) (doi:10.1007/s10817-018-09509-5).

11. Asus Tinker Board. URL: <https://miniboard.com.ua/boards/482-asus-tinker-board.html> (дата звернення: 23.03.2024).

12. Raspberry PI 3 Model A+. URL: <https://miniboard.com.ua/boards/809-raspberry-pi-3-model-a.html> (дата звернення: 23.03.2024).

13. What's Orange Pi Win? URL: [http://www.orangepi.org/OrangePiWin\\_WinPlus/](http://www.orangepi.org/OrangePiWin_WinPlus/) (дата звернення: 23.03.2024).

14. Raspberry Pi 3 Model B+. URL: <https://miniboard.com.ua/boards/693-raspberry-pi-3-model-b.html> (дата звернення: 15.04.2024).

15. Raspberry Pi 3 Model B+ Specifications. URL: [https://raspberrypi.in.ua/wpcontent/uploads/2018/03/datasheet\\_raspberry\\_pi\\_3\\_model\\_b.pdf](https://raspberrypi.in.ua/wpcontent/uploads/2018/03/datasheet_raspberry_pi_3_model_b.pdf) (дата звернення: 15.04.2024).

16. Advantages and Disadvantages of Python Programming Language. URL: <https://medium.com/@mindfiresolutions.usa/advantages-and-disadvantages-of-python-programming-language-fd0b394f2121> (дата звернення: 03.05.2024)

17. Top 10 Python Libraries You Must Know In 2020. URL: <https://www.edureka.co/blog/python-libraries/> (дата звернення 10.05.2024)