

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»

РОБОТИЗОВАНА СИСТЕМА НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА  
ESP8266

ROBOTIC SYSTEM BASED ON ESP8266 MICROCONTROLLER

спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма Комп'ютерна інженерія

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти  
групи КІ-42  
Доманов Дмитро Павлович

(підпис)

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

(підпис)

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту  
« 12 » 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

*Доманову Дмитру Павловичу*

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи *Роботизована система на базі мікроконтролера ESP8266*

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*

*Апаратне забезпечення для реалізації роботизованої системи*

*Проектування роботизованої системи на базі мікроконтролера ESP8266*

*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>Апаратне забезпечення для реалізації роботизованої системи</i>	<i>Поліщук М.М., доцент</i>		
<i>Проектування роботизованої системи на базі мікроконтролера ESP8266</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. Апаратне забезпечення для реалізації роботизованої системи</i>	до 15.03.2024 р.	Виконано
3.	<i>Розділ 3. Проектування роботизованої системи на базі мікроконтролера ESP8266</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)

Доманов Д.П.

\_\_\_\_\_ (прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Поліщук М.М.

\_\_\_\_\_ (прізвище, ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Доманов Д. П. Роботизована система на базі мікроконтролера ESP8266.  
Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Комп'ютерна інженерія» спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2024. 64 с.

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

Перший розділ присвячено огляду аналізу предметної області, тут розглядаються питання сучасних технологій у сфері робототехніки та автоматизації, основні стратегії роботизації та аналізу існуючих рішень на базі мікроконтролера ESP8266.

В другому розділі здійснено вибір апаратного забезпечення для реалізації роботизованої системи. Описано мікроконтролер ESP8266 та його технічні характеристики. Розказано про можливості програмування мікроконтролера ESP8266 за допомогою Arduino IDE та ESPHome.

Третій розділ присвячено опису апаратного забезпечення системи та вибір компонентів. Поетапно розписано складання роботизованої система на базі мікроконтролера ESP8266 та особливості Програмування мікроконтролера для керування по Wi-fi.

Ключові слова: роботизована система, апаратне забезпечення, мікроконтролер, Arduino IDE, програмування, ESP8266.

## ANNOTATION

Domanov D. P. Robotic system based on ESP8266 microcontroller. Manuscript.

Bachelor's qualification work of the VP "Computer Engineering" specialty 123 Computer Engineering. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2024. 64 p.

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

The first chapter is dedicated to the review of the analysis of the subject area, here the issues of modern technologies in the field of robotics and automation, the main strategies of robotics and the analysis of existing solutions based on the ESP8266 microcontroller are considered.

In another section, the selection of hardware for the implementation of the robotic system is made. The ESP8266 microcontroller and its technical characteristics are described. The possibilities of programming the ESP8266 microcontroller using the Arduino IDE and ESPHome are described.

The third section is devoted to the description of the system hardware and the selection of components. The assembly of a robotic system based on the ESP8266 microcontroller and the features of programming the microcontroller for Wi-Fi control are described step by step.

Keywords: robotic system, hardware, Arduino IDE, microcontroller, programming, ESP8266.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ .....	9
1.1 Огляд сучасних технологій у сфері робототехніки та автоматизації .....	9
1.2 Основні стратегії роботизації .....	16
1.3 Аналіз існуючих рішень на базі мікроконтролера ESP8266.....	22
РОЗДІЛ 2 АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ РОБОТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ.....	27
2.1 Опис мікроконтролера ESP8266 та його технічні характеристики .....	27
2.1.1 Центральний процесор .....	27
2.1.2 Пам'ять ESP8266.....	27
2.1.3 Wi-Fi .....	28
2.2 Можливості програмування мікроконтролера ESP8266.....	29
2.2.1 Програмування ESP8266 за допомогою Arduino IDE .....	29
2.2.2 Програмування ESP8266 за допомогою ESPHome .....	33
РОЗДІЛ 3 ПРОЕКТУВАННЯ РОБОТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА ESP8266 .....	36
3.1 Опис апаратного забезпечення роботизованої системи та вибір компонентів .....	36
3.2 Складання роботизованої система на базі мікроконтролера ESP8266.....	41
3.3 Програмування мікроконтролера ESP8266 роботизованої система для керування по Wi-fi.....	48
ВИСНОВКИ.....	53
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	55
ДОДАТКИ.....	59

## ВСТУП

Робототехніка та автоматизація стрімко розвиваються, впроваджуючи нові технології та рішення, що дозволяють підвищити ефективність та точність виконання різноманітних завдань. Однією з таких інноваційних технологій є мікроконтролери, зокрема ESP8266, який набув великої популярності серед розробників та дослідників, як в Україні, так і за кордоном завдяки своїм унікальним можливостям. ESP8266 – це недорогий мікроконтролер із вбудованою підтримкою Wi-Fi, що відкриває широкі перспективи для створення інтелектуальних та мережевих пристроїв.

Використання плати на основі мікроконтролера ESP8266 у робототехніці дозволяє реалізовувати проекти різної складності. Прості роботи виконують базові функції також складні автоматизовані системи, які здатні взаємодіяти з іншими пристроями через Інтернет речей. Це суттєво розширює межі можливого розвитку, роблячи робототехніку більш доступною та функціональною. Завдяки можливостям бездротового зв'язку ESP8266 дозволяє роботам працювати у віддалених та важкодоступних місцях, забезпечуючи моніторинг та віддалене керування по Wi-fi.

Метою роботи є створення роботизованої системи на базі мікроконтролера ESP8266 з дистанційним керуванням через Wi-fi.

Об'єкт дослідження роботизованої система на базі мікроконтролера.

Предмет дослідження можливості використання мікроконтролера ESP8266 для роботизованої системи.

Для реалізації поставленої мети кваліфікаційної роботи було поставлено ряд завдань:

- Провести огляд сучасних технологій у сфері робототехніки та автоматизації.
- Проаналізувати існуючі рішення на базі мікроконтролера ESP8266.
- Дослідити можливості програмування мікроконтролера ESP8266.
- Спроекувати та запрограмувати роботизовану система на базі мікроконтролера ESP8266.



## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

#### 1.1 Огляд сучасних технологій у сфері робототехніки та автоматизації

Промислова робототехніка широко використовується в багатьох сучасних галузях [1-4]. Ці роботи часто використовуються для повторюваних завдань з високим рівнем точності, заміною або обслуговуванням небезпечних робочих місць або виконанням важкої роботи.

Промислові роботи відкривають можливості для автоматизації в областях, де це було неможливо або дорого.

Сучасна промислова робототехніка дає змогу вдосконалювати вже відомі технологічні та виробничі процеси, підвищувати якість готової продукції.

Роботи можуть самостійно працювати з інструментами, заготовками та матеріалами для автоматизації основних і допоміжних виробничих процесів, оскільки сучасні роботи розумніші та універсальніші за своїх попередників [3]. Вони можуть скоротити виробничі цикли та оптимізувати використання ресурсів.

Сьогодні виробники можуть починати день із кількох роботів, які виконують ту саму роботу, а потім закінчувати день із тими самими роботами, виконуючи зовсім інший набір завдань. Ця адаптивність робить їх корисними у невеликих обсягах виробництва з великою різноманітністю завдань.

З кожним роком зростає попит на промислові роботи, за інформацією Міжнародної федерації робототехніки, «3 мільйони промислових роботів, що працюють на заводах по всьому світу, демонструють зростання попиту на 10%» [5]. Незважаючи на глобальну пандемію COVID-2019, «продажі нових роботів дещо зросли на 0,5%, у 2020 році по всьому світу було відвантажено 384 000 одиниць» [5]. «Очікується, що японський ринок робототехніки зросте на 5% у 2024 році» [5].

Робототехніка стане основним інструментом автоматизації з великим економічним ефектом. Інвестиційні очікування в робототехніці високі, оскільки 88 % респондентів очікують збільшення інвестицій, що відповідає статистиці Міжнародної федерації робототехніки за останні роки. Зростання інвестицій у

різних галузях в основному пов'язано з метою зниження собівартості продукції. Інвестиції також мотивовані потребою у підвищенні гнучкості виробництва та покращенні робототехнічних можливостей. Також важливо використовувати сучасні методи та підходи для аналізу явищ, даних і подій [6].

Існує ряд причин, чому зростає потреба в розвитку робототехніки.

Найважливіша мета – роботизоване виробництво, яке несе мінімальні втрати, а роботизованими підприємствами можна керувати дистанційно за допомогою інформаційних технологій [7].

Практично всі великі та сучасні виробництва оснащені промисловими роботами. В таблиці 1.1 розглянемо статистику щорічних установок промислових роботів в період 2015-2024 років (за даними World Robotics) [5].

Таблиця 1.1 – Річна статистика установки промислових роботів у 2016-2024 роках [5]

Рік	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Кількість встановлених промислових роботів	304	400	422	382	384	435	453	486	518

Найрозумніша автоматизована фабрика, яка потрясла світ – розумна фабрика Galanz від китайського виробника побутової техніки, Такий завод має 4 «розумних» виробничих лінії і кожна з них оснащена 17 механічними плечами (рис. 1.1).

Роботизовані руки відповідають за виробництво, включаючи введення матеріалів, обробку та складання. Інтегрована виробнича система, автоматизована за допомогою верстатів і ЕОМ. Підключаються різні передові технології. Промислова автоматизація відноситься до системи в якій раніше виконувалося багато робіт. Враховуючи, що інформація, яка подається онлайн і офлайн змішується, а інформація про виробників і споживачів пов'язана одна з одною, промислова автоматизація розвивається на основі ринкових прогнозів, а також попиту.



Рисунок 1.1 – Розумна фабрика Galanz [8]

Роботи є необхідними елементами для областей автоматизації та являють собою ядро промислової автоматизації. Розглянемо останні моделі робототехніки.

FANUC надає деякі з найдосконаліших доступних рішень промислової автоматизації, тому давайте почнемо з важкого робота M-1000iA. Робот був продемонстрований на виставці EMO в Мілані (рис. 1.2). Особливо варто відзначити, що M-1000iA є найбільшим роботом FANUC.



Рисунок 1.2 – Потужний робот M-1000iA [9]

Робот M-1000iA має вантажопідйомність 1000 кг і максимальний радіус дії 3253 мм. Цей робот оснащено механізмом послідовного зв'язку, характерним для роботів із великим навантаженням. Як наслідок, M1000iA має ширший діапазон руху як у вертикальному, так і в поздовжньому напрямках, що дозволяє руці стояти

вертикально та повертатися назад, що неможливо з роботами з паралельними ланками. Ця можливість надає користувачам підвищену універсальність у різноманітних програмах обробки.

Робот M-1000iA може автоматизувати виробничі лінії та підвищити продуктивність у таких сферах, як свердління та обробка автомобільних компонентів, будівельних матеріалів та акумуляторів для електромобілів [9, 10].

Зокрема, робот відрізняється високою жорсткістю та високою продуктивністю зап'ястка, а також інтуїтивно зрозумілий та простий у використанні.

Щоб підвищити гнучкість застосування, M-1000iA може бути налаштований датчиками зору та широким набором інтелектуальних функцій.

Ще однією перевагою M-1000iA є можливість перевертання, «ця функція дозволяє користувачам створювати більш компактні та гнучкі вироби та допомагає скоротити час циклу за рахунок скорочення відстані» [10].

Далі розглянемо нове доповнення до серії малих промислових роботів LR-10iA/10 (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Малий робот LR-10iA/10 [10]

FANUC America випустила абсолютно нового робота LR-10iA / 10 для обслуговування, складання, дозування та пакування обладнання.

Рука важить 46 кг і може бути встановлена на підлозі, стелі або навіть під кутом.

Для розширення функціональних можливостей LR-10iA/10 його можна встановити на мобільній платформі. У січні 2022 року компанія FANUC розпочала постачання нового LR-10iA/10.

LR-10iA/10 має корисне навантаження 10 кг і радіус дії 1101 мм [11].

Закрита конструкція пристрою включає вбудовані повітроводи, електромагнітні клапани та електричні мережі.

Оснащений контролером FANUC R-30iB Mate Plus, LR-10iA/10 пропонує вбудовану iRVision і нульовий час простою (ZDT). «ZDT зменшує кількість несподіваних відключень, допомагає користувачам максимізувати продуктивність, оптимізувати витрати на технічне обслуговування, подовжити термін служби своїх роботів і отримати доступ до даних з будь-якого місця через веб-портал ZDT» [11].

Далі, представимо огляд роботів від Yaskawa – індустрії промислових роботів японської компанії Yaskawa Electric Corporation.

Модельний ряд Yaskawa включає понад 150 шарнірних, дельта- та scara-роботів, а також повні роботизовані лінії, включаючи промислових роботів, технологічне обладнання та пристрої безпеки [12, 13].

Як приклад, останні інновації – 6-осьовий інноваційний високошвидкісний робот-палетизатор Yaskawa GP 215 вантажопідйомністю 215 кг (рис. 1.4).

Вага даного робота 1340 кг. Стільниковий робот «призначений для палетування гофроящиків з готовою продукцією. Також ідеально підходить для таких застосувань, як технічне обслуговування верстатів і пресів, важкі складальні операції, пакування мас. Установка цього робота тільки підлогова» [12].



Рисунок 1.4 – Інноваційний робот Yaskawa GP 215 [12]

Робот Yaskawa GP 215 оснащений вакуумним захватом SPZ для шару продуктів і картонних міжшарових листів виробництва Schmalz (Німеччина).

Іншим прикладом може бути установка від найбільшого німецького виробника – KUKA, який має 25 дочірніх компаній в Австралії, Бразилії, Канаді, Китаї, Мексиці, США, Тайвані, Японії тощо.

KUKA є одним із трьох найбільших постачальників робототехніки для автомобільної промисловості на світовому ринку та провідний постачальник на європейському ринку.

KUKA пропонує роботи з різною вантажопідйомністю, радіусом дії та спеціальним дизайном. Розглянемо робототехнічну установку для фарбування ready2\_spray фірми KUKA (рис. 1.5), маса без контролера 54 кілограми [13].

Фарбувальний робот KUKA ready2\_spray призначений в першу чергу для застосувань, де висуваються найвищі вимоги до лакофарбового покриття та де технологічні рішення з інтегрованим захистом від вибуху є вирішальними. Ця установка вже була класифікована як найкраще в своєму класі роботизоване рішення.



Рисунок 1.5 – Інноваційний робот для фарбування ready2\_spray [13]

Компоненти KUKA ready2\_spray:

- «робот KR 10 R1100 EX 2G серії KR AGILUS sixx (це шестиосьовий робот з максимальним вильотом 1100 мм і вантажопідйомністю до 10 кг);
- нанесення фарби Dürr 1K / 2K;
- блок керування KUKA KR C4 у поєднанні з блоком керування Dürr EcoAUC» [13].

Тобто KUKA створила нові пакети ready2\_use – попередньо налаштовані скоординовані пакети програм, які зібрані, задокументовані та протестовані. Ці рішення можна легко і швидко інтегрувати у виробниче обладнання.

Пакети:

- ready2\_arc (для зварювання);
- ready2\_educater (осередок для вивчення робота – повний стартовий пакет для отримання базових знань з робототехніки);
- ready2\_pilot (керувати роботом вручну за допомогою 6D миші);
- ready2\_rivet (для самопроколювання заклепки);
- ready2\_spot (для точкового зварювання) [14].

Отже, якщо провести паралелі з найбільш затребуваною робототехнікою компаній-лідерів у виробництві, то результати можна представити в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Можливості робототехніки від компаній: FANUC, KUKA, Yaskawa

Технологічні процеси	FANUC	KUKA	Yaskawa
Обслуговування верстатів	+	+	+
Контроль якості	+	+	+
Кування та штампування	+	+	+
Зварювання	+	+	+
Покриття розпиленням	+	+	+
Переміщення матеріалів	+	+	+
Збірка деталей	+	+	+
Палетування	+	+	+

Як видно з таблиці 1.2, у всіх компаніях виконуються найбільш поширені технологічні процеси.

## 1.2 Основні стратегії роботизації

Відповідно до типу співпраці людина-робот, огляд останніх тенденцій застосування робототехніки вказує на дві основні стратегії роботизації: класичну та сучасну. У робототехніці визначено п'ять типових рівнів співпраці людина-робот (рис. 1.6).

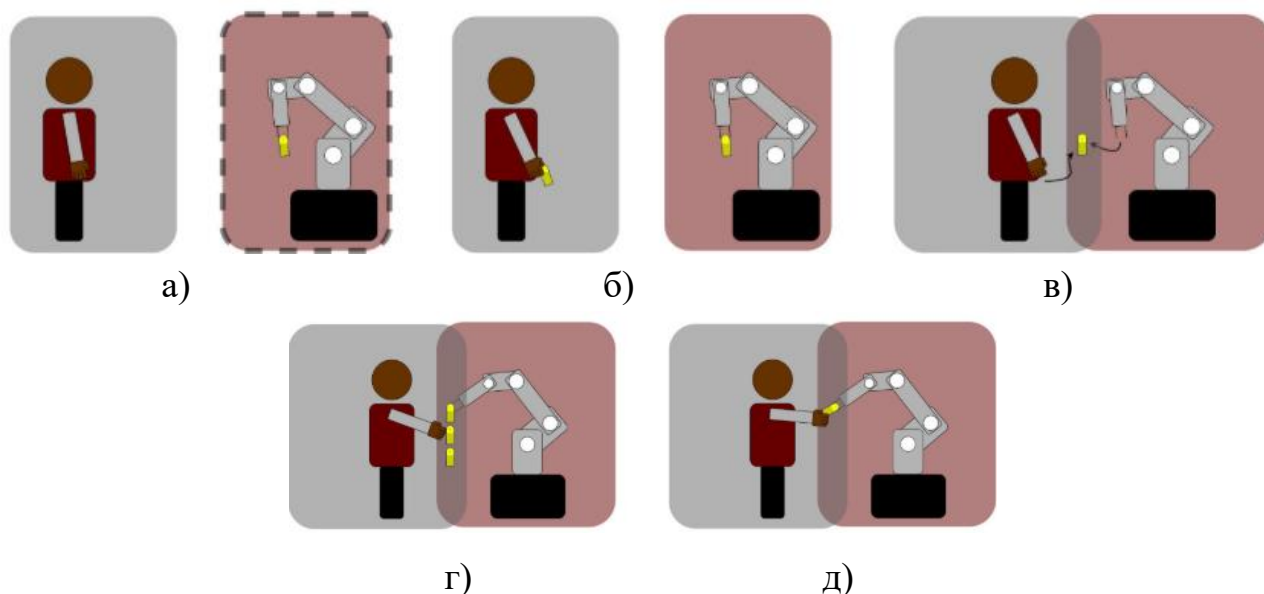


Рисунок 1.6 – Рівні співпраці людина-робот: а – без співпраці; б – співіснування; в – синхронізація; г – експлуатація; д – співпраця [15]

Класична стратегія охоплює перший рівень співпраці (рис. 1.6, а). Він заснований на підході, згідно з яким роботи повинні обмежувати людей на своєму робочому місці, створюючи закриті камери роботів, у яких людська діяльність неприйнятна; якщо людина повинна увійти в робочий простір робота, робот повинен бути зупинений. Цей підхід використовує різні системи безпеки для виявлення та запобігання доступу людини до робочого простору робота.

Сучасна стратегія включає інші чотири рівні співпраці (рис. 1.6, б-д). Це базується на протилежному підході та стверджує, що роботи та люди можуть працювати на одному робочому місці та співпрацювати. Такий підхід створює додаткові вимоги до конструкції, контролю та сенсорних систем робота. Роботи, пристосовані для роботи в поєднанні з людьми, зазвичай визначаються як колаборативні роботи або коботи.

Після видачі патенту на першого промислового робота Джорджу Деволу в 1954 році класична стратегія роботизації вказала, що роботи повинні замінити людей, які виконують рутинні завдання. Ця стратегія передбачає, що люди не можуть перебувати в робочому просторі робота (рис. 1.7). Пряма співпраця між роботом і людьми заборонена через потенційну небезпеку для здоров'я та безпеки людей. Пізніше цей підхід було розширено, щоб охопити точність, надійність, продуктивність та економічні фактори.



## Рисунок 1.7 – Промисловий робот [16]

Дослідження, представлене в науковій статті Іванова С. та Маркова М. [17], аналізує можливості впровадження сервісних роботів у готелях з соціальної, економічної та технічної точок зору. Автори вказали на необхідність «оцінити уявлення менеджерів готелів щодо переваг і недоліків обслуговуючих роботів порівняно з людьми-працівниками» [17], як першочергову мету свого дослідження, тоді як визначення завдань, придатних для роботизації, було другорядним. Такий підхід підтверджує припущення про те, що впровадження робототехніки в нетрадиційні додатки часто обмежується не технологічними проблемами, а відношенням до цього керівників компанії.

Отже, роботи мають перевагу перед людьми-працівниками завдяки кращим можливостям обробки даних, швидкості роботи, захисту персональних даних і меншій кількості помилок.

Основними недоліками роботів було виділено:

- «відсутність можливості надавати персоналізоване обслуговування;
- не вміння розглядати скарги;
- відсутність доброзичливості та ввічливості;
- неможливість реалізації спеціального запиту, що виходить за рамки їх програмування;
- нерозуміння емоцій» [17].

Незважаючи на загальні сумніви, впровадження автоматизації та роботизованих рішень у багатьох випадках має позитивний вплив. У своєму дослідженні Елсісі М., Махмуд К., Лехтонен М. та Дарвіш Мохамед М. [18] проаналізували загальний вплив впровадження роботів на робочих місцях для пакування деталей меблів. Аналіз зосередився на ергономічній перспективі та виявив, що впровадження робототехніки усуває ризик пов'язаних з роботою захворювань опорно-рухового апарату.

Отже, впровадження промислового робота замість часткової автоматизації, швидше за все, призведе до ще більш значного підвищення продуктивності.

Дослідження, що порівнюють можливості людини з автоматизованими системами, також описані в праці Тран М.К., Елсісі М., Махмуда К., Лі М.К., Лехтонена М. та Дарвіша М. [19]. Автори порівняли можливості системи розпізнавання зору людини та автоматизованої системи розпізнавання, а також оцінки лісових або гірських стежок за одним монокулярним зображенням, отриманим з точки зору робота, який подорожує стежкою. Отримані результати показали, що «система на основі глибокої нейронної мережі, навчена на великому наборі даних, працює краще, ніж люди» [19].

Алгоритми на основі нейронної мережі також можна використовувати для керування промисловими роботами для усунення недоліків у їхніх механічних системах, які зазвичай поведуться як нелінійні динамічні системи через велику кількість невизначеностей.

Дослідження, представлені в [17, 18, 19], пропонують методи на основі нейронної мережі для вдосконаленого керування рухами роботів. У науковій статті [19] представлено перспективний нелінійний модельний метод прогнозного керування для роботизованих маніпуляторів, який мінімізує час встановлення та перевищення положення кожного шарніра.

На нашу думку, класична стратегія добре підходить для роботизації процесів масового виробництва в різних галузях, а її головними перевагами є чіткі вимоги до організації робочого процесу, наявність великої різноманітності типового обладнання та типових часткових рішень, а також вища продуктивність і надійність порівняно з випадками, коли люди виконують ті самі завдання. Основними недоліками є недостатня гнучкість, непридатність для унікального виробництва та високі економічні витрати, коли необхідно адаптувати існуючу роботизовану комірку до нового продукту чи процесу. Застосування сучасної стратегії роботизації може уникнути деяких із цих недоліків (або принаймні мінімізувати їхній вплив).

Сучасна стратегія роботизації базується на впровадженні колаборативних роботів (коботів). Відповідно до [20], визначення кобота було вперше використано в патенті США 1999 року і було призначено для «пристрою та методу для прямої фізичної інтеграції між людиною та маніпулятором загального призначення,

керованого комп'ютером» [20]. Це стало результатом зусиль General Motors із впровадження робототехніки в автомобільному секторі, щоб допомогти людям під час монтажних операцій. Перший легкий кобот LBR3, розроблений німецькою робототехнічною компанією, був представлений у 2004 році [20], що призвело до ширшого розвитку стратегії сучасної робототехніки та нових виробників на ринку. У 2008 році датський виробник Universal Robots випустив UR5, кобота, який міг безпечно працювати поруч із працівниками, усуваючи потребу в захисних клітках або огорожах (рис. 1.8).



Рисунок 1.8 – Колаборативний робот [16]

Це започаткувало нову еру гнучких, зручних і економічно ефективних роботів для спільної роботи [20], і призвело до поточної ситуації, коли всі основні виробники роботів мають принаймні кілька моделей коботів у своєму асортименті.

Четверта промислова революція – Індустрія 4.0 – значно сприяла розвитку технологій кобота, оскільки ця концепція добре поєднувалася з контентом Індустрії 4.0, дозволяючи реалізувати співпрацю людини та робота, а також бути придатною для гнучких виробничих систем. «На відміну від типових промислових роботів, робототехніка наступного покоління використовує штучний інтелект (AI) для

спільного виконання завдань і підходить для неконтрольованого/непередбачуваного середовища» [21].

Крім того, вважаємо, що завдяки сприятливим умовам (досягнення штучного інтелекту, сенсорних технологій і комп'ютерного зору) колаборативні промислові роботи стали значно розумнішими, демонструючи потенціал надійної та безпечної співпраці, а також підвищення продуктивності та ефективності залучених процесів. Питання захисту даних також стає все більш актуальним через новітні комунікаційні технології, такі як 5G і 6G. Ці технології дозволяють розробляти стандартизовані бездротові комунікаційні мережі для різних рівнів управління (одностільниковий, виробнича лінія, фабрика, мережа фабрик) і, в той же час, роблять системи більш чутливими до зовнішніх впливів. Основний вплив «Індустрії 4.0» і нових комунікаційних технологій на промислових роботів полягає в тому, що їхні контролери мають дедалі більше з'єднань, функцій і протоколів для зв'язку з іншими «розумними» пристроями.

Дослідження, представлене в публікації [21], аналізує можливості співпраці людини і робота під час складання літаків. Переваги співпраці людини та робота були досліджені з точки зору підвищення продуктивності та рівня задоволеності працівників. Отримані результати показали, що люди та роботи можуть одночасно безпечно працювати в спільній зоні без фізичного відокремлення та значно скоротити час та витрати.

Крім того, оцінка думок співробітників показала, що більшість з них, позитивно оцінили впровадження колаборативних роботів. Проте, ставлення співробітників залежить від їх практичного досвіду. Експерти почувалися впевненіше новачків, це пояснюється тим, що фахівці краще розуміють загальний процес виробництва і більше звикли працювати з різним обладнанням.

Порівняно з традиційними промисловими роботами, коботи мають більш зручні функції керування та ширші можливості навчання. Нова стратегія складання була описана в дослідженні [22], у якому кобот отримав навички від ручного навчання, виконуючи автоматичне складання в отвір, коли геометричний профіль і пружні параметри матеріалу деталей були неточними. Результати показали, що

процес ручного складання можна проаналізувати математично, розділивши його на кілька етапів і впровадивши як модель в керування роботом.

Підсумовуючи аналіз стратегій роботизації, можемо зробити висновок, що обидві вони мають свої специфічні сфери реалізації. Класична стратегія добре підходить для суворо контрольованого середовища. Сучасна стратегія забезпечує більш гнучку роботу та підходить для непередбачуваних умов. Проте необхідно зазначити, що сувора межа між цими стратегіями поступово зникла завдяки прогресу сенсорних технологій, штучного інтелекту та комп'ютерного зору.

Типовий промисловий робот, оснащений сучасними системами датчиків і управління, може працювати так само, як і кобот. Режими співпраці можуть бути реалізовані за допомогою промислових роботів, лазерних датчиків і систем бачення або зміни контролера, якщо відповідає стандарту, який визначає параметри та матеріали, адаптовані до безпечної діяльності з людьми та поблизу них. Стандарт ISO – ISO/TS 15066:2016 «визначає чотири основні класи вимог безпеки для роботів, що працюють разом: контрольована зупинка з оцінкою безпеки; наведення рук; контроль швидкості та відриву; і обмеження потужності та сили» [23].

Крім того, важливо зазначити, що всі вдосконалення та досягнення в робототехніці можна класифікувати на два основних типи: універсальні та в залежності від застосування.

### **1.3 Аналіз існуючих рішень на базі мікроконтролера ESP8266**

Науковці Олещенко Л.М. та Мошенський А.О. описують апаратно-програмний комплекс на основі контролера ESP8266. У своїй науковій статті автори програмними методами проводять дослідження аналізу даних про «температуру і вологість повітря, а також рівень сигналу роутера, з яким взаємодіє контролер. Отримані дані аналізували за допомогою аналітичних засобів мови програмування Python. Встановлено кореляцію між параметрами температури та вологості, періодами часу аварійних відключень системи моніторингу через аварійні

відключення електроенергії, а також періодами зниження рівня сигналу для врахування присутності людей у різні проміжки часу» [24].

Технічні характеристики системи IoT на базі мікроконтролера ESP8266+HTU21 зображено на рисунку 1.9.



Рисунок 1.9 – Контролер ESP8266 для дослідження [24]

Автори [24] планують оптимізувати час роботи при підключенні та опитуванні наборів датчиків, щоб забезпечити тривалий час автономної роботи в автономному режимі. «Цикл розкладається наступним чином: пробудження, підключення, швидке підключення з налаштуваннями без DHCP, DNS та інших таймерів, перевірка датчиків, запит, відправка даних, АСК, належна підготовка до сну з режимами порту та зупинка основного ядра, глибокий сон» [24]. Обладнання планується проектувати без перетворювачів інтерфейсу, LDO, тільки MCU, датчики, BMS, акумулятор, зарядний пристрій, сонячний зарядний пристрій.

Науковці Азіз А. та Захра А. проводять дослідження з розробки прототипу системи моніторингу витоків труб звалищного газу на основі мікроконтролерного вузла MCU ESP8266 (рис. 1.10) методом Інтернету речей [25].

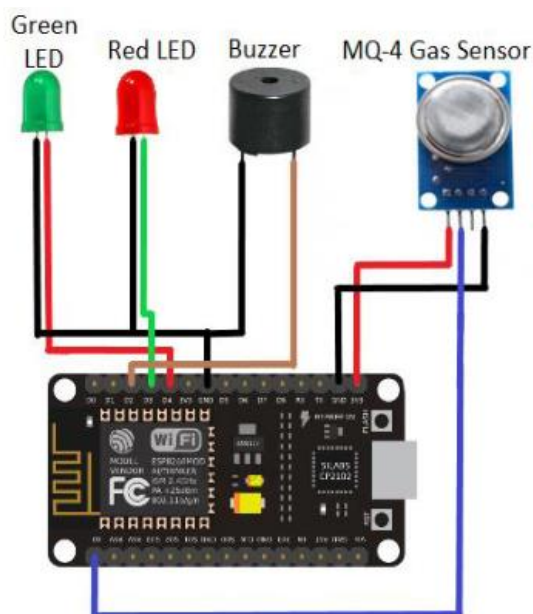


Рисунок 1.10 – Схема мікроконтролера ESP8266 NODE MCU, світлодіод, зумер і MQ-4 [25]

Основним компонентом ESP8266 MCU NODE є контролер з відправником даних на основі Інтернету речей (IoT). За допомогою MCU Node він може надсилати дані про вхід на датчик за допомогою програми ThingSpeak.

Покращення ультразвукових сенсорних окулярів з використанням мікроконтролера ESP8266 вивчають Топате К., Шірбавікар К., Кулкарні Р.В., Пхурсуле Р., Кале В., Карджуле С., Сухас К., Кале С. [26]. Автори досліджують новий підхід до покращення функціональності та ефективності ультразвукових сенсорних окулярів, розроблених для людей із вадами зору. Зокрема, досліджується інтеграція мікропроцесора Node MCU ESP8266 як заміни, завдяки його легкому, компактному дизайну, економічній ефективності та вбудованих можливостях Wi-Fi. Крім того, менший форм-фактор Node MCU ESP8266 зменшує вагу та розмір окулярів, що сприяє підвищенню комфорту та зручності носіння.

Професори Гаджанан Чавхан і Артї Банг [27] розробили прототип системи, яка дозволить користувачам керувати своєю побутовою технікою за допомогою Wi-Fi на основі IOT за використання Telegram та ESP 8266.

Обґрунтування використовуваних компонентів ESP8266 зображено на рисунку 1.11.

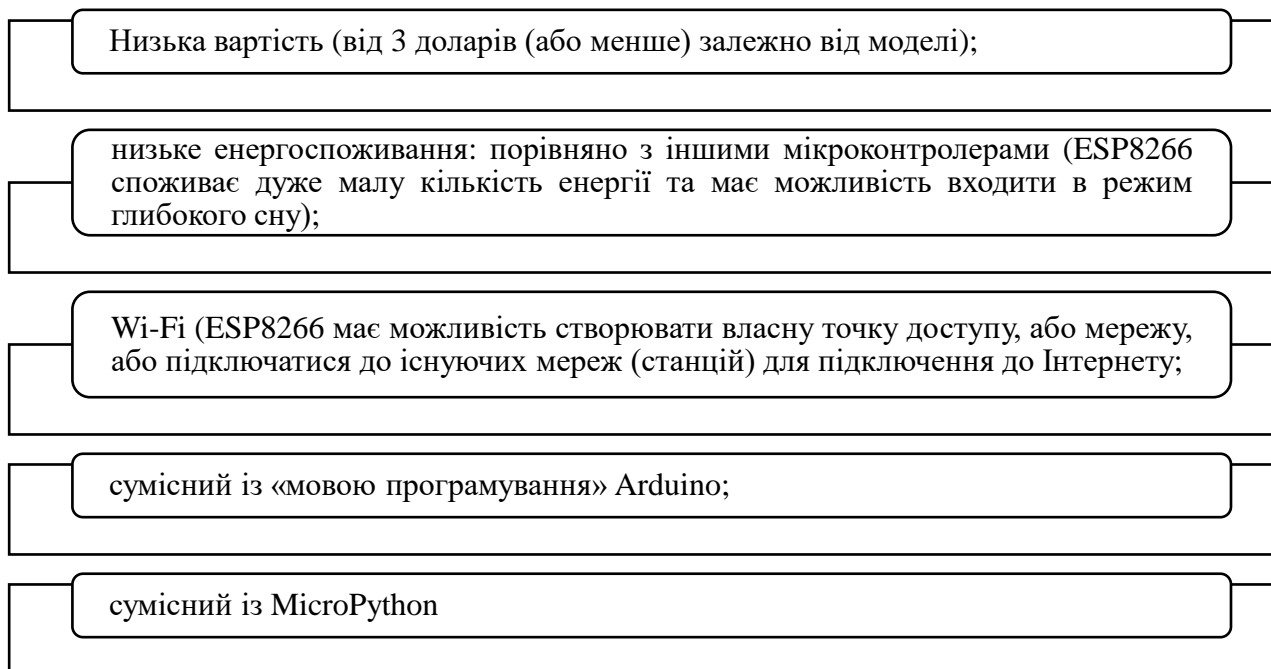


Рисунок 1.11 – Обґрунтування використовуваних компонентів ESP8266 [27]

Отже, завдяки використанню Інтернету та Wi-Fi, ми можемо надати можливість керувати розумною побутовою технікою з будь-якої точки світу, тим самим вирішуючи проблему обробки великих обсягів даних.

Систему моніторингу здоров'я пацієнтів з використанням ESP8266 досліджують індонезійські науковці [28]. Запропонована авторами система, представлена в дослідженні [28], має на меті дистанційний моніторинг життєво важливих показників пацієнтів і надання швидкої медичної допомоги за потреби.

Система моніторингу здоров'я пацієнтів розроблена з метою використання ESP8266 та Arduino з платформою Інтернету речей (IoT) (рис. 1.12), що забезпечує найкращий і найбільш функціональний засіб збору даних про пацієнта, включаючи його температуру та серцебиття.

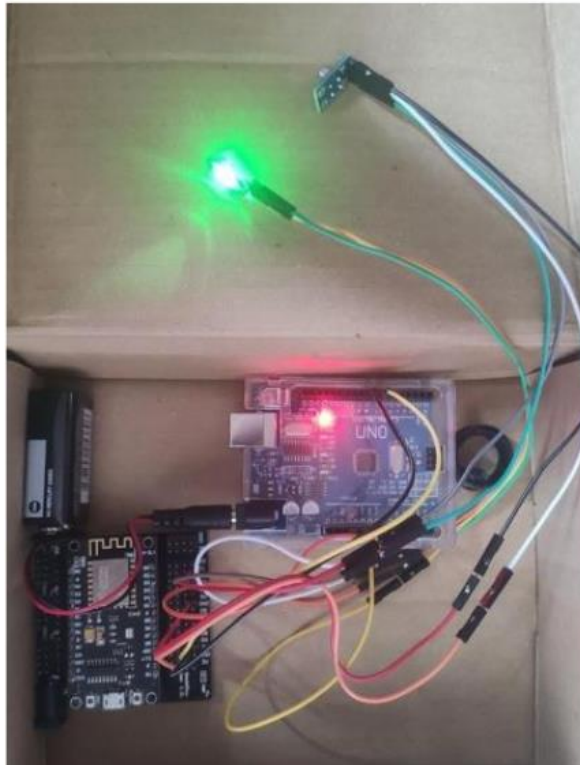


Рисунок 1.12 – Зв'язок повної апаратної схеми [28]

Зібрані дані відображаються в режимі реального часу в таблиці Google, що полегшує медичному персоналу моніторинг пацієнтів для використання в майбутньому.

На нашу думку, ця система має значний потенціал для подальшого розвитку та впровадження в медичному секторі.

## РОЗДІЛ 2

# АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ РОБОТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

## 2.1 Опис мікроконтролера ESP8266 та його технічні характеристики

### 2.1.1 Центральний процесор

ESP8266 інтегрує 32-розрядний процесор Tensilica L106 RISC, який забезпечує надзвичайно низьке енергоспоживання та досягає максимальної тактової частоти 160 МГц. Операційна система реального часу (RTOS) і стек Wi-Fi дозволяють використовувати 80% обчислювальної потужності для програмування та розробки додатків користувача. ЦП включає в себе наступні інтерфейси:

- програмовані інтерфейси RAM/ROM (iBus), які можна з'єднати з контролером пам'яті, а також можна використовувати для відвідування флеш-пам'яті;
- інтерфейс пам'яті даних (dBus), який можна з'єднати з контролером пам'яті;
- інтерфейс АНВ, який можна використовувати для відвідування реєстру.

Функціональна схема ESP8266 показана на рисунку 2.1.

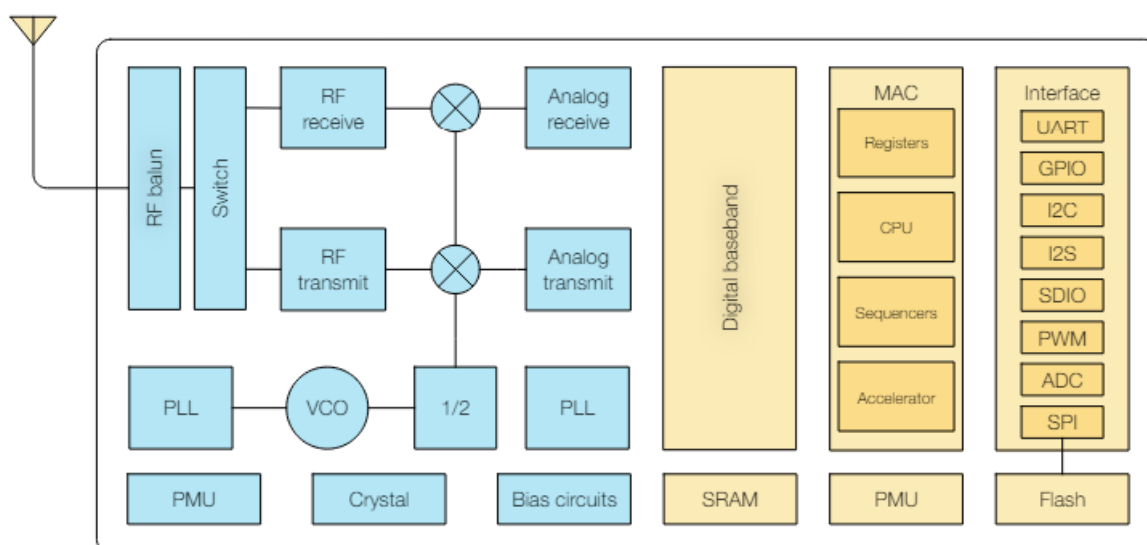


Рисунок 2.1 – Функціональна блок-схема мікроконтролера ESP8266 [29]

### 2.1.2 Пам'ять ESP8266

ESP8266 Wi-Fi SoC інтегрує контролер пам'яті та модулі пам'яті, включаючи SRAM і ROM. MCU може отримати доступ до блоків пам'яті через інтерфейси iBus, dBus і АНВ. До всіх блоків пам'яті можна отримати доступ за запитом, тоді як арбітр пам'яті визначить послідовність виконання відповідно до часу, коли ці запити отримані процесором.

Простір SRAM, доступний для користувачів, призначається, як показано на рисунку 2.2.

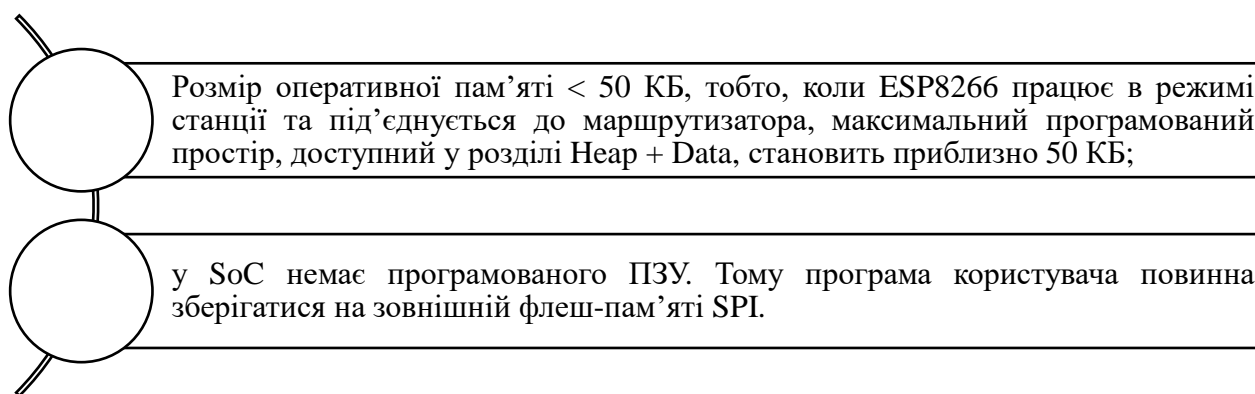


Рисунок 2.2 – Доступ до блоків пам'яті для користувачів SRAM

ESP8266 використовує зовнішню флеш-пам'ять SPI для зберігання програм користувача та теоретично підтримує до 16 МБ пам'яті.

Мінімальна флеш-пам'ять ESP8266:

- ОТА вимкнено: принаймні 512 КБ;
- увімкнено ОТА: принаймні 1 МБ.

### 2.1.3 Wi-Fi

ESP8266 реалізує TCP/IP і повний протокол 802.11 b/g/n WLAN MAC. Він підтримує операції базового набору послуг (BSS) STA та SoftAP у рамках функції розподіленого керування (DCF). Управління живленням здійснюється з мінімальною взаємодією з хостом, щоб мінімізувати період активної роботи.

ESP8266 розроблено з передовими технологіями керування живленням і призначено для мобільних пристроїв, переносної електроніки та додатків Інтернету речей.

Малопотужна архітектура працює в режимах, представлених на рисунку 2.3.

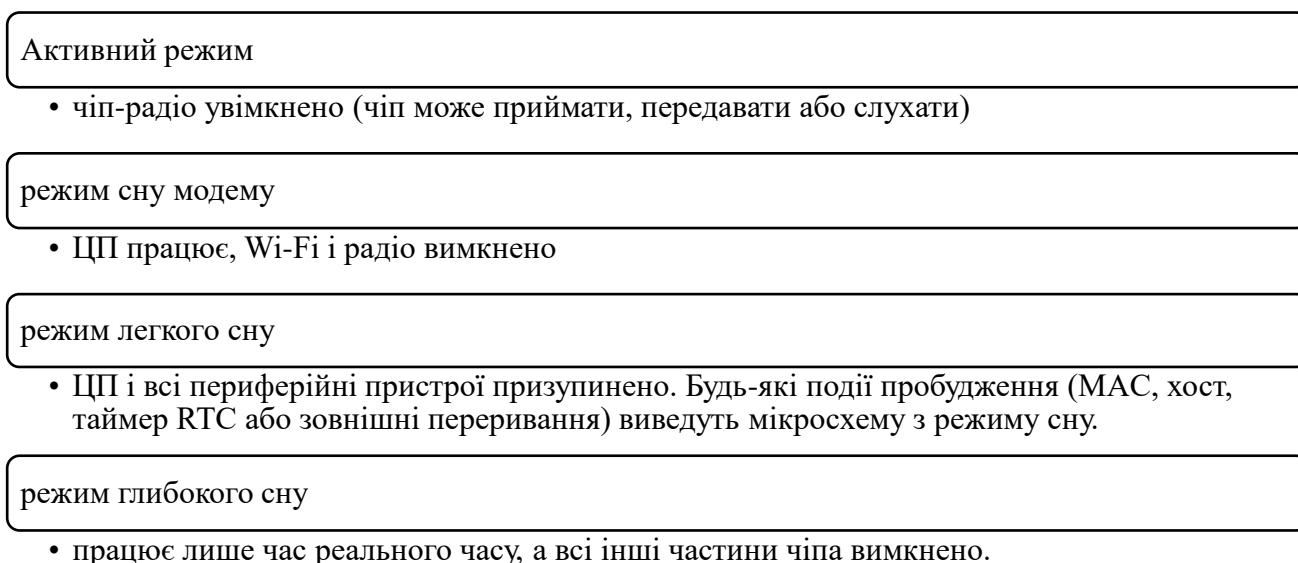


Рисунок 2.3 – Режими малопотужної архітектури ESP8266

Режим сну модему використовується в програмах, які вимагають, щоб ЦП працював, наприклад, у програмах ШІМ або I2S. Відповідно до стандартів 802.11 (наприклад, U-APSD), він вимикає схему модему Wi-Fi, зберігаючи з'єднання Wi-Fi без передачі даних для оптимізації енергоспоживання.

У режимі легкого сну ЦП може бути призупинено в таких програмах, як перемикач Wi-Fi. Без передачі даних схему модему Wi-Fi можна вимкнути, а ЦП призупинити, щоб заощадити енергоспоживання відповідно до стандартів 802.11 (U-APSD).

У режимі глибокого сну Wi-Fi вимкнено.

## 2.2 Можливості програмування мікроконтролера ESP8266

### 2.2.1 Програмування ESP8266 за допомогою Arduino IDE

Arduino – це апаратно-програмна платформа з відкритим вихідним кодом, завдяки якому можна програмувати чіп ESP8266 за допомогою IDE [30].

Крок 1. Підключення адаптера UAR-USB до мікросхеми ESP. Для підключення модуля або плати до адаптера потрібно 4 провода. Об'єднати їх потрібно наступним чином:

VCC – > VCC (3.3 V)

GND – > GND

RX – > TX

TX – > RX

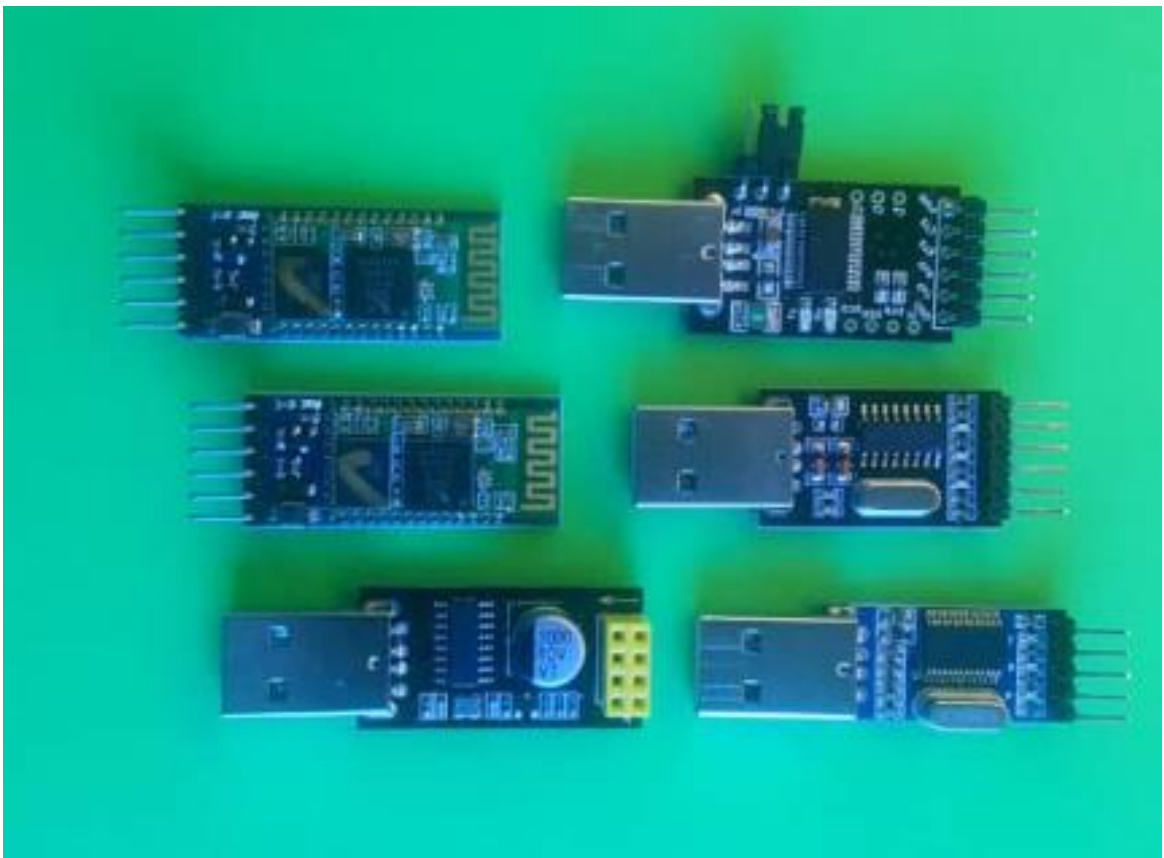


Рисунок 2.4 – Підключення ESP8266 до адаптера UART-USB

Важливо підключити GPIO0 до GND перед підключенням USB.

Крок 2. Запускаємо Arduino IDE (рис. 2.5).

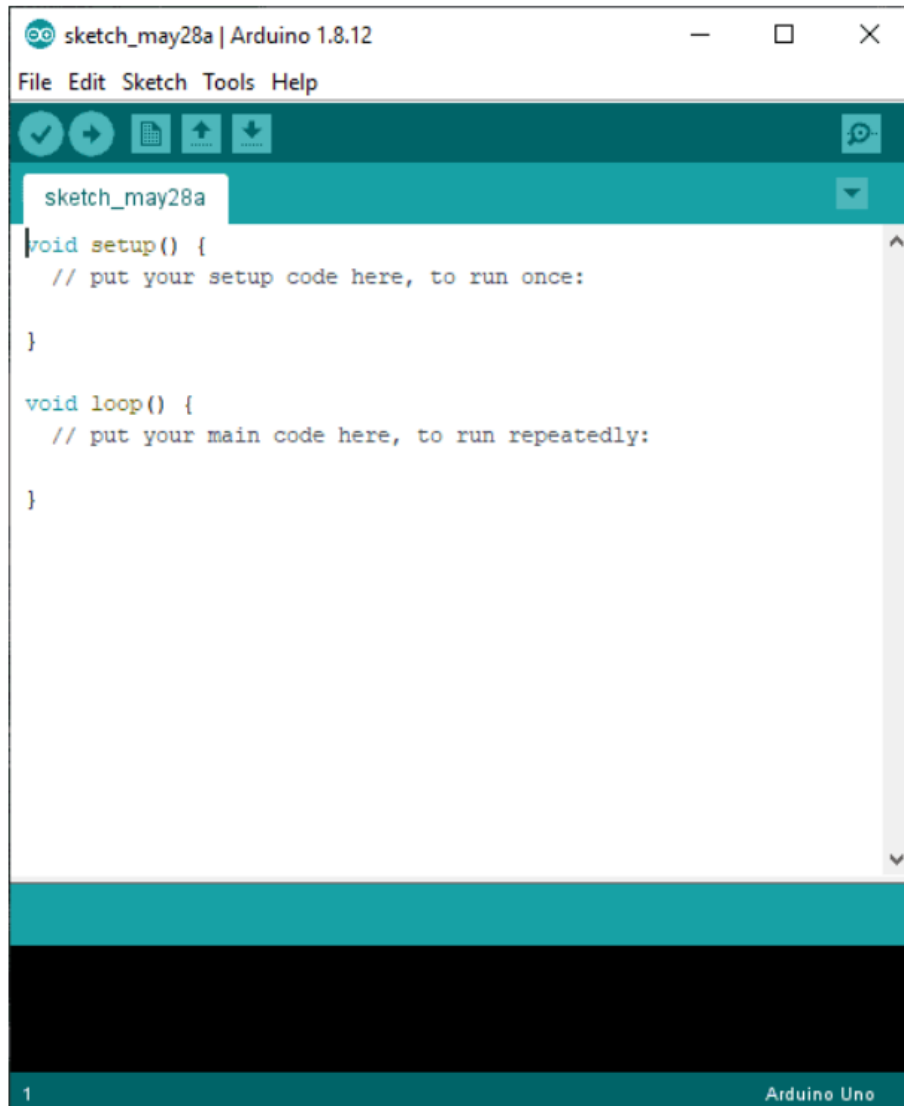


Рисунок 2.5 – Середовище програмування Arduino 1.8.12

Крок 3. Додаємо до IDE підтримку модулів і плат за допомогою ESP8266 (Файл > Налаштування).

Вводимо [https://arduino.esp8266.com/stable/package\\_esp8266com\\_index.json](https://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json) у поле додаткових URL-адрес менеджера плати.

Крок 4. Натискаємо ОК та переходимо до Tools > Board: «SOME NAME» > Boards Manager. Вводимо «esp8266» у полі вгорі та натискаємо Інсталювати.

Крок 5. Переходимо в Tools > Board: «SOME NAME» та вибираємо плату загальний модуль ESP8255. Після чого можемо написати код, дозволяється використовувати готовий ескіз (перейти у меню File > Examples та вибрати, наприклад Blink).

Крок 6. Оскільки нами вже підключено модуль до комп'ютера через адаптер UART-USB, необхідно вибрати правильний номер порту (рис. 2.6). Цей номер присвоюється ОС при першому підключенні пристрою (адаптера).

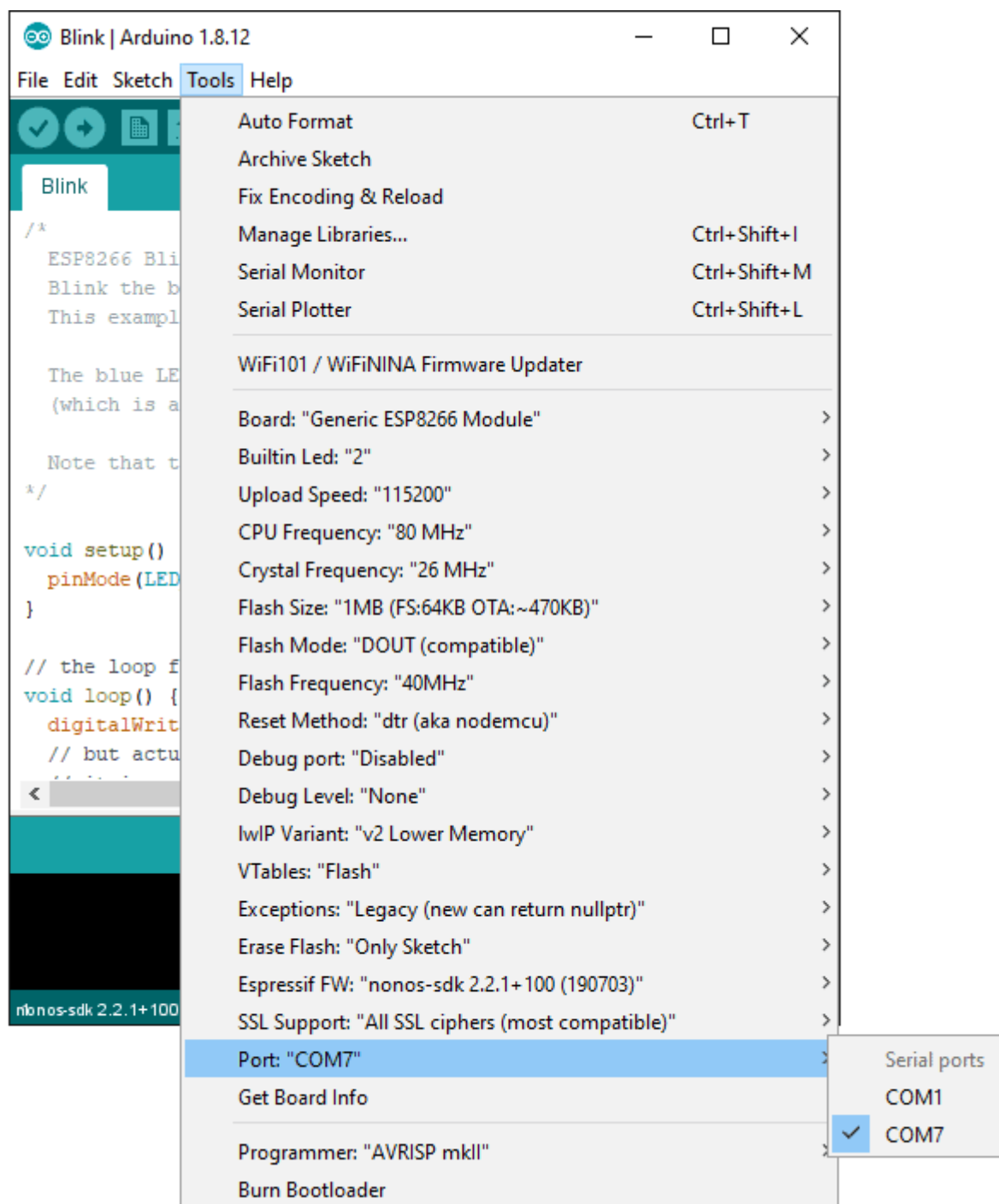


Рисунок 2.6 – Вибір порту

Крок 7. Залишається тільки перевірка і можна програмувати мікросхему ESP. Натискаємо «Verify», а потім «Upload» (рис. 2.7).

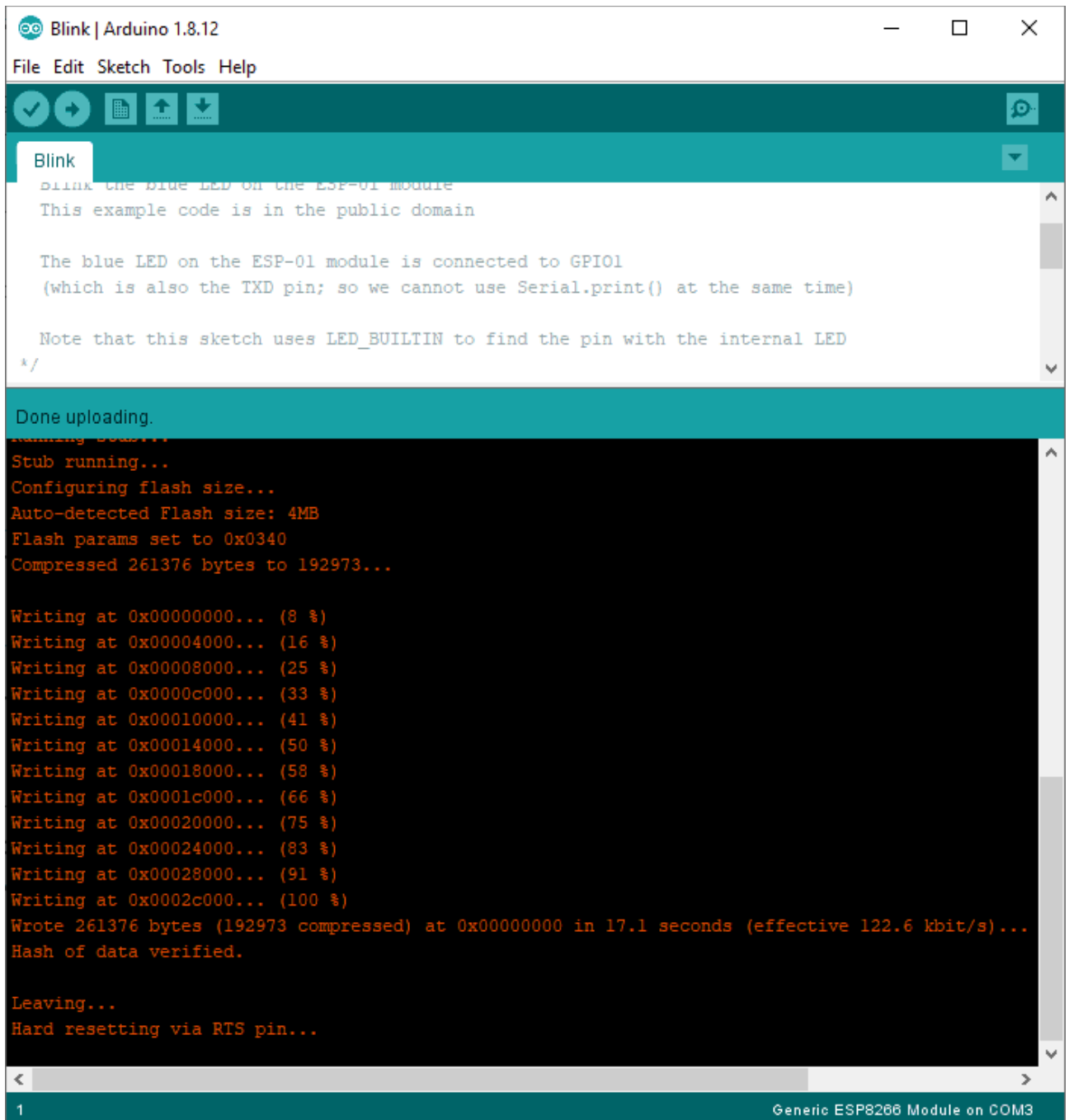


Рисунок 2.7 – Програмування мікросхеми ESP8266

Крок 8. На завершальному етапі залишається тільки скинути плату.

### 2.2.2 Програмування ESP8266 за допомогою ESPHome

ESPHome – найкраще мікропрограмне забезпечення для будь-яких модулів ESP. З його допомогою можна створити бінарний файл, а потім використовувати універсальний метод програмування, описаний в підпункті 2.2.1, або, за певних умов, використовувати Wi-Fi замість адаптера UART-USB, що надзвичайно зручно, особливо якщо немає легкого доступу до пристрою.

## Спосіб 1. Адаптер UART-USB.

Встановлюємо ESPHome і додаємо свій пристрій (рис. 2.8).

```

1  esphome:
2  name: ss4h_garage_opener
3  platform: ESP8266
4  board: esp12e
5
6  wifi:
7  ssid: "Zjem_Cie"
8  password: "14041987"
9
10 # Enable fallback hotspot (captive portal) in case wifi connection fails
11 ap:
12   ssid: "Garage Mod Fallback Hotspot"
13   password: "mfvk06CKcJwa"
14
15 captive_portal:
16
17 # Enable logging
18 logger:
19
20 # Enable Home Assistant API
21 api:
22
23 ota:
24
25 switch:
26 - platform: gpio
27   pin: GPIO5
28   name: "Door relay"
29   id: relay
30 - platform: template
31   name: "Momentary switch"
32   id: "trigger"
33   turn_on_action:
34     - switch.turn_on: relay
35     - delay: 200ms
36     - switch.turn_off: relay
37
38 sensor:
39 - platform: ultrasonic
40   trigger_pin: GPIO2
41   echo_pin: GPIO12
42   name: "Ultrasonic Sensor"

```

Рисунок 2.8 – Файл конфігурації

Обов'язково необхідно переконатися, що не зроблено жодної помилки (рис. 2.9).



Рисунок 2.9 – Перевірка на наявність помилок

Розгортаємо меню і натискаємо **COMPILE**. Після чого, побачивши інформацію про успіх компіляції, натискаємо **DOWNLOAD BINARY**.

Можемо використовувати універсальну процедуру прошивки ESP8266.

## Спосіб 2. OTA (Over-the-Air)

Варто зауважити, що ми не можемо використовувати цей метод, коли прошиваємо ESP8266 вперше. По-перше, необхідно почати з методу адаптера, по-друге, існує обмеження, а саме, обсяг FLASH-пам'яті. У старих модулях (наприклад, ESP-01 – синій) є лише 512 КБ, що недостатньо. Мінімальний обсяг - 1 Мб.

Отже, завершивши редагування файлу конфігурації, натискаємо SAVE, а потім CLOSE.

Здійснюємо перевірку помилок, натиснувши VALIDATE. Якщо все в порядку, натискаємо UPLOAD. Пристрій має бути онлайн, інакше OTA не працюватиме. Через деякий час, якщо все пройшло добре, бачимо повідомлення про успіх (рис 2.10).

Compile And Upload `ss4h_garage_opener.yaml`

```

Dependency Graph
|-- <ESPAsyncTCP-esphome> 1.2.2
|   |-- <ESP8266WiFi> 1.0
|-- <ESP8266WiFi> 1.0
|-- <ESP8266DNS> 1.2
|   |-- <ESP8266WiFi> 1.0
|-- <ESPAsyncWebServer-esphome> 1.2.6
|   |-- <ESPAsyncTCP-esphome> 1.2.2
|   |   |-- <ESP8266WiFi> 1.0
|   |   |-- <Hash> 1.0
|   |   |-- <ESP8266WiFi> 1.0
|-- <DNSServer> 1.1.1
|   |-- <ESP8266WiFi> 1.0

Compiling /data/ss4h_garage_opener/.pioenvs/ss4h_garage_opener/src/main.cpp.o
Linking /data/ss4h_garage_opener/.pioenvs/ss4h_garage_opener/firmware.elf
Retrieving maximum program size /data/ss4h_garage_opener/.pioenvs/ss4h_garage_opener/firmware.elf
Checking size /data/ss4h_garage_opener/.pioenvs/ss4h_garage_opener/firmware.elf
Building /data/ss4h_garage_opener/.pioenvs/ss4h_garage_opener/firmware.bin
DATA: [===== ] 46.5% (used 38852 bytes from 81920 bytes)
PROGRAM: [===== ] 40.8% (used 425720 bytes from 1044464 bytes)
Creating BIN file "/data/ss4h_garage_opener/.pioenvs/ss4h_garage_opener/firmware.bin" using
"/data/ss4h_garage_opener/.pioenvs/ss4h_garage_opener/firmware.elf"
===== [SUCCESS] Took 21.19 seconds =====

INFO Successfully compiled program.
INFO Resolving IP address of ss4h_garage_opener.local
INFO -> 192.168.100.164
INFO Uploading /data/ss4h_garage_opener/.pioenvs/ss4h_garage_opener/firmware.bin (429872 bytes)
Uploading: [=====] 100% Done...

INFO Waiting for result...
INFO OTA successful
INFO Successfully uploaded program.
INFO Starting log output from ss4h_garage_opener.local using esphome API
INFO Connecting to ss4h_garage_opener.local:6053 (192.168.100.164)

```

? EDIT STOP

Рисунок 2.10 – Оновлення мікропрограми ESP8266

### РОЗДІЛ 3

## ПРОЕКТУВАННЯ РОБОТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА ESP8266

### 3.1 Опис апаратного забезпечення роботизованої системи та вибір компонентів

Для створення роботизованої системи на базі мікроконтролера ESP8266 було вибрано платформу Lafvin WiFi Robot Car. Комплект використовує платі D1 WiFi R3 як контролер і оснащений драйвером двигуна L9110S і ультразвуковим модулем вимірювання дальності. Підключившись до Wi-Fi, можна керувати роботом-автомобілем, щоб він рухався вперед, назад, ліворуч і праворуч через мобільний додаток, що може надати новий досвід керування.

Апаратне забезпечення для складання роботизованої системи на базі мікроконтролера ESP8266 є:

1. Платформа для роботизованої системи у формі кажана (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Платформа для роботизованої системи

2. Ультразвуковий датчик відстані HC-SR04P 2, який може допомогти роботизованій системі уникати перешкод перед собою (рис. 3.2) та корпус (рис. 3.3).

3. Двигуни (рис. 3.4) для приведення в рух колеса.

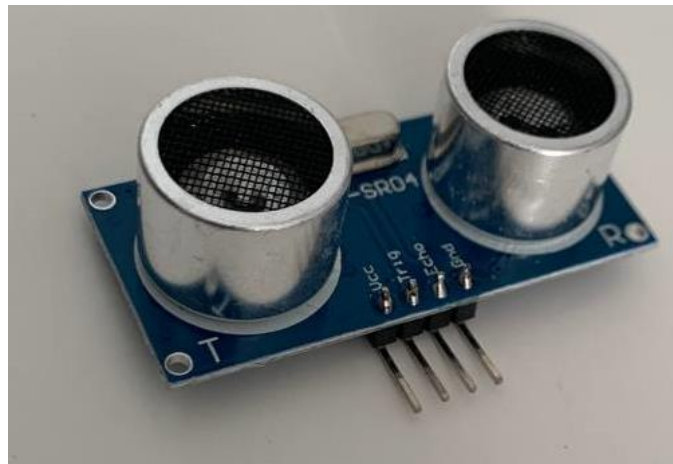


Рисунок 3.2 – Ультразвуковий датчик відстані HC-SR04P



Рисунок 3.3 – Корпус для датчика відстані

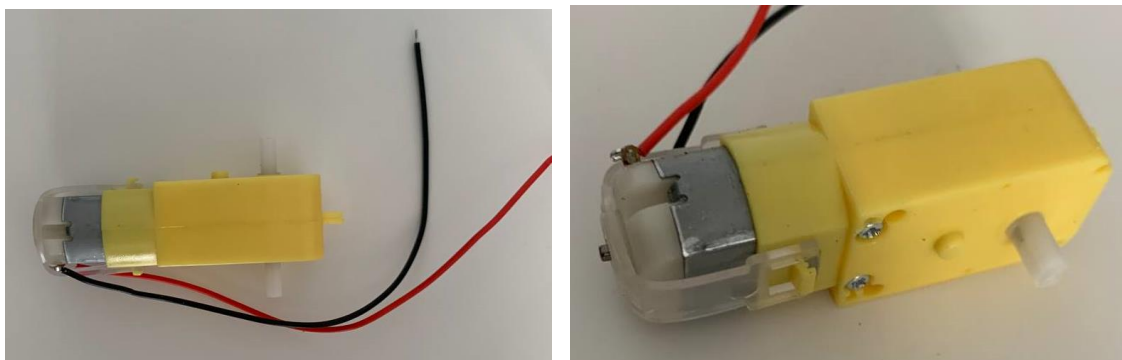


Рисунок 3.4 – Двигуни

4. Резинові колеса для руху роботехнічної системи (рис.3.5).



Рисунок 3.5 – Резинові колеса

5. Пластикові колеса для підтримки рівноваги (рис. 3.6).



Рисунок 3.6 – Пластикові колеса

6. Моторний привід: модуль L9110S (рис. 3.7).

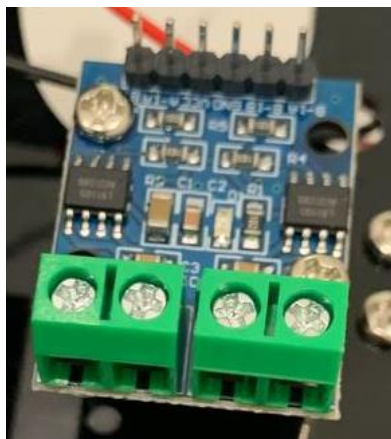


Рисунок 3.7 – Моторний привід: модуль L9110S

7. Системна плата ESP8266 UNO D1 (рис. 3.8). Основні характеристики плати з мікроконтролером ESP8266: напруга – 5V; вбудований Wi-Fi модуль; сумісність з середовищем програмування Arduino IDE; підтримується бездротове завантаження коду OTA.

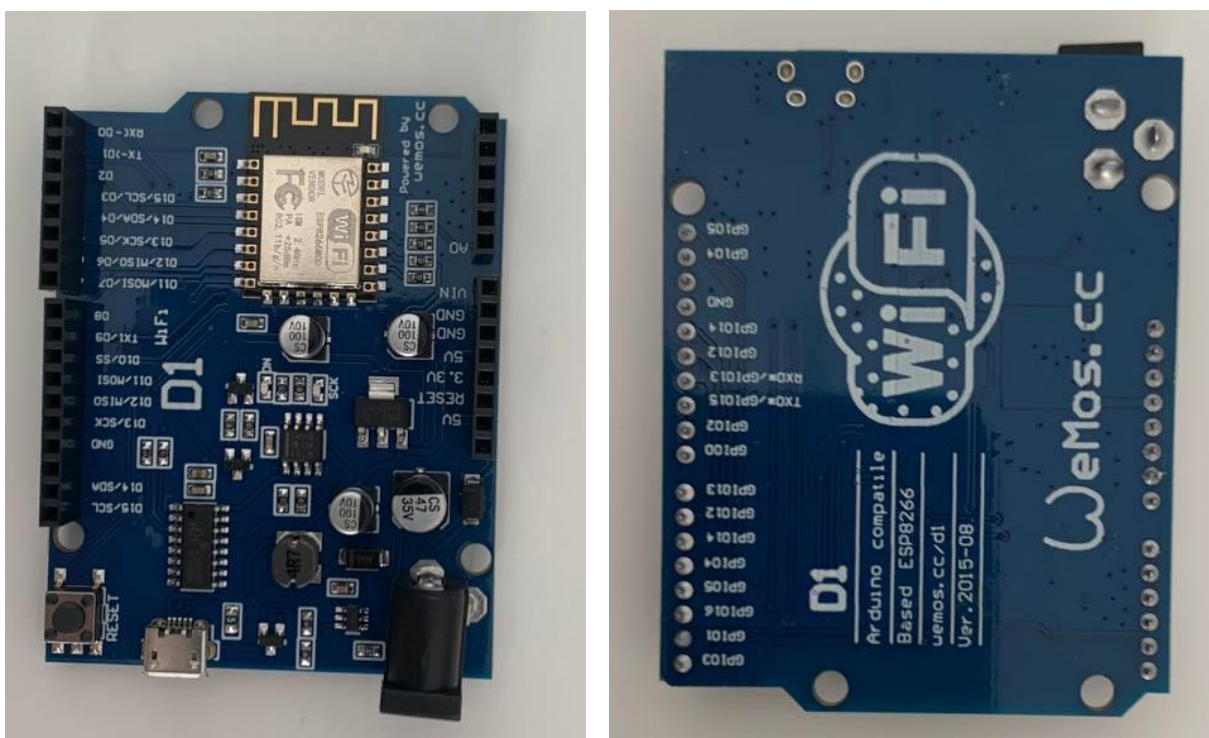


Рисунок 3.8 – Системна плата: ESP8266 UNO D1

7. Дюпон кабелі (рис. 3.9), для електронних з'єднань.



8. Кріпильні болти та гайки для з'єднання апаратних елементів до корпусу роботизованої системи (рис. 3.10)



Рисунок 3.10 – Кріпильні болти та гайки

9. Корпус для акумуляторів 18650 (рис. 3.11).



Рисунок 3.11 – Корпус для акумуляторів 18650

### 3.2 Складання роботизованої система на базі мікроконтролера ESP8266

Після підготовки всіх компонентів роботизованої системи потрібно все скласти та одночасно підключати за схемою, яка представлена на рисунку 3.12.

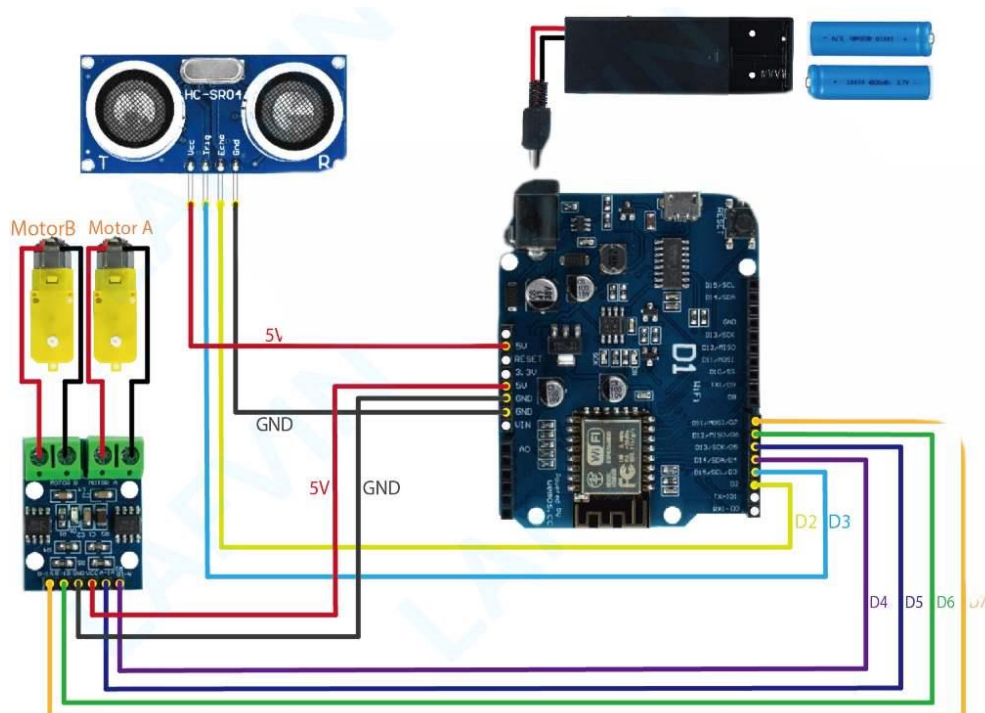


Рисунок 3.12 – Схема підключення роботехнічної системи

Наступним кроком є приєднання двигунів до платформи роботехнічної системи гвинтів та гайок, як представлено на рисунку 3.13 та просовуємо проводку на наступну сторону 3.14.

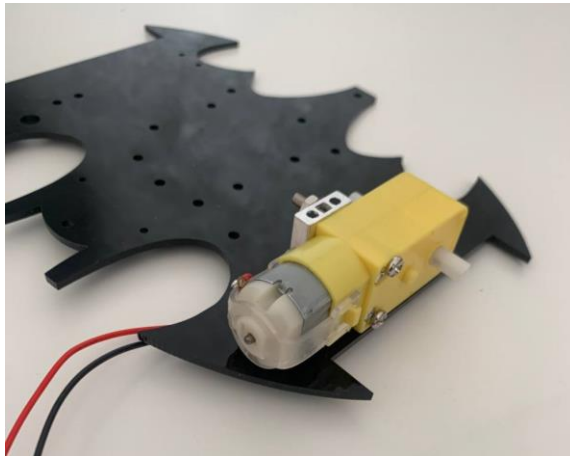


Рисунок 3.13 – Приєднання двигунів до платформи

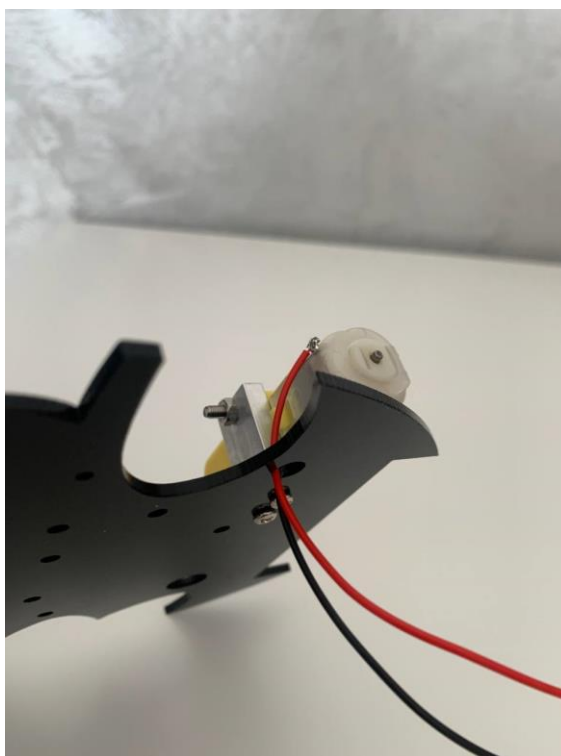


Рисунок 3.14 – Проводка двигуна

Далі потрібно аналогічно прикріпити гвинтами другий двигун та просунути проводку на інший бік платформи, як представлено на рисунку 3.15.

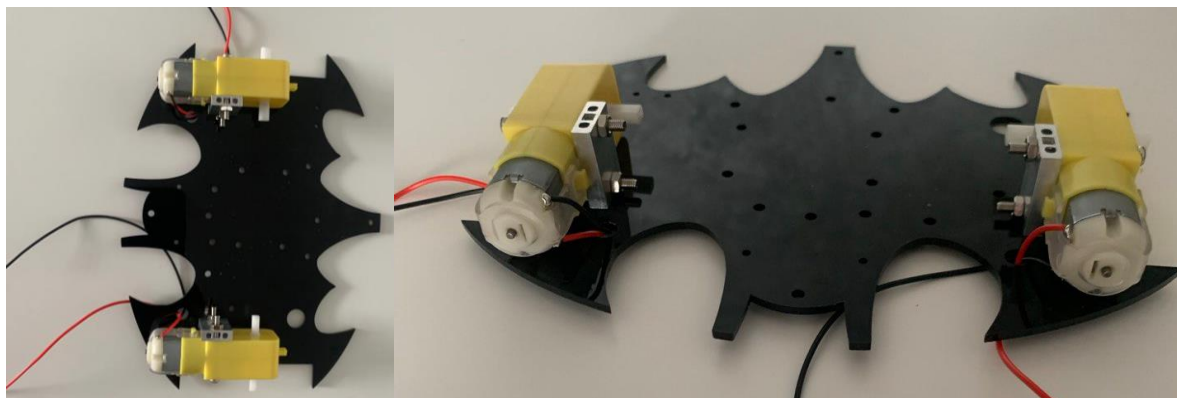
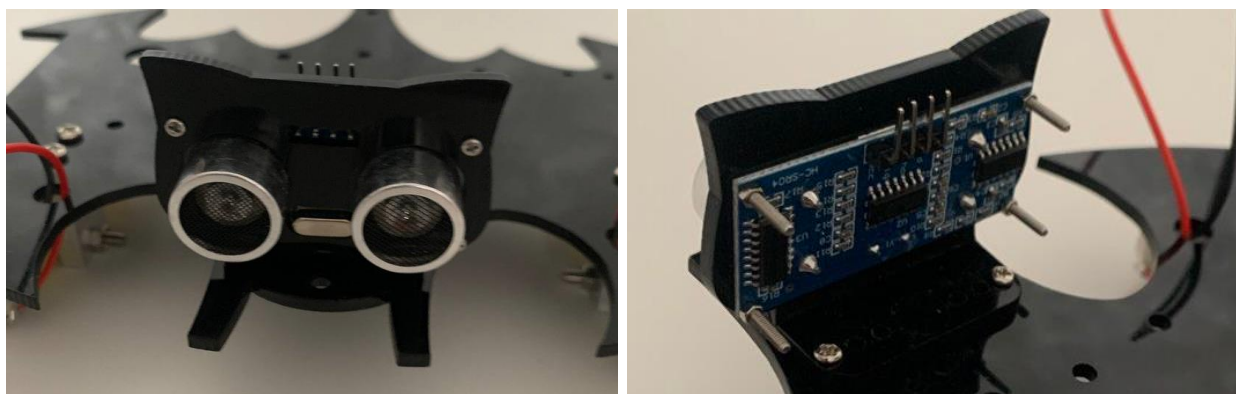


Рисунок 3.15 – Кріплення двох двигунів

Після кріплення двигунів потрібно з'єднати ультразвуковий датчик відстані HC-SR04P з корпусом гвинтами, а потім разом до платформи роботизованої системи.



а)

б)

Рисунок 3.16 – Кріплення ультразвукового датчика: а – вигляд спереду;  
б – вигляд ззаду

Далі кріпиться гвинтами та гайками переднє пластикове колесо під корпусом ультразвукового датчика (рис. 3.17).

Наступним кроком є приєднання корпусу для акумуляторів 18650 для живлення плати з мікроконтролером ESP8266 та заднє пластикове колесо, як представлено на рисунку 3.18. Пластикові колеса потрібно для чотирьох точок опори і рівноваги розробленої роботизованої системи.

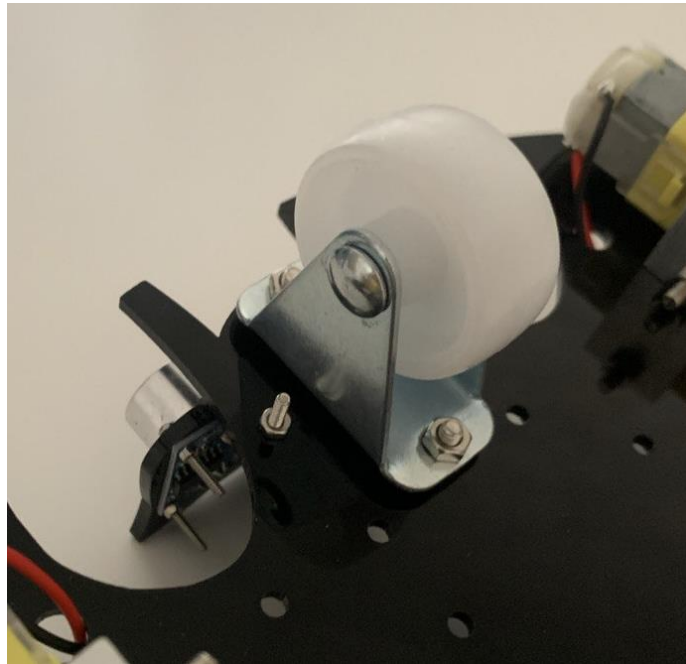


Рисунок 3.17 – Кріплення переднього пластикового колеса

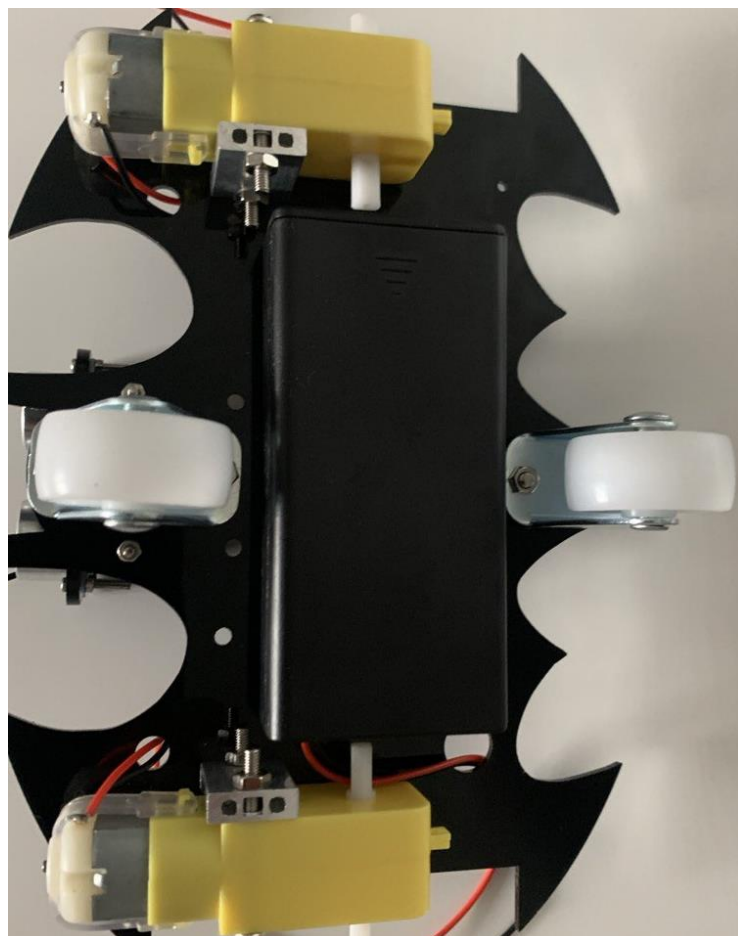
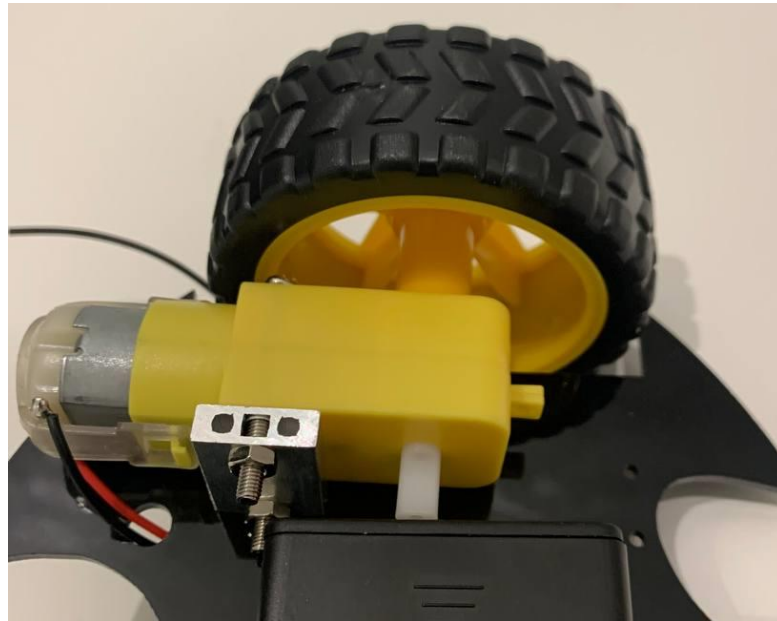
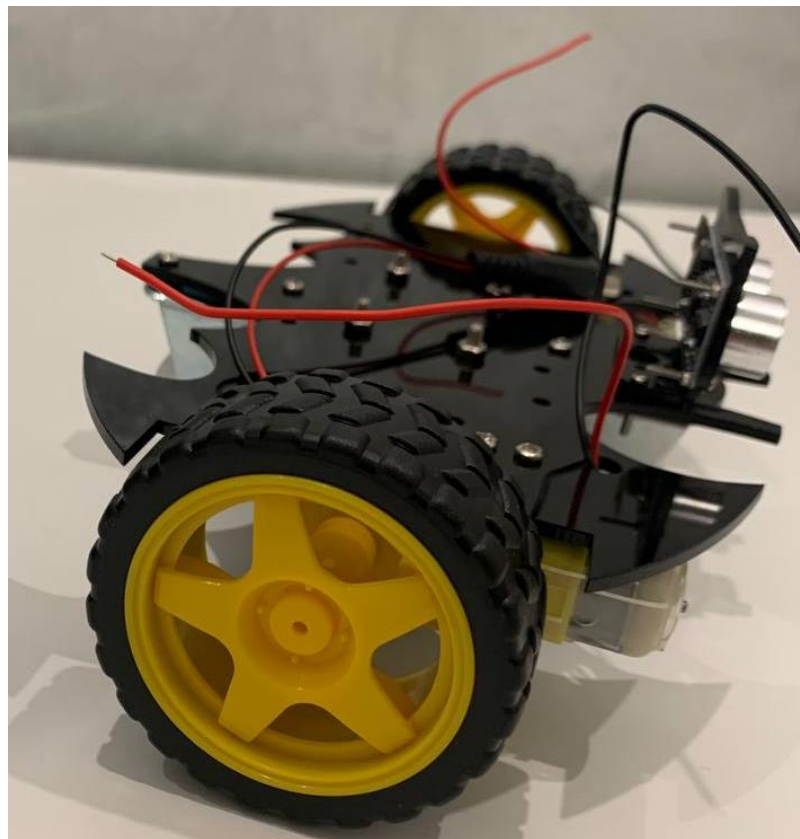


Рисунок 3.18 – Кріплення корпусу для акумуляторів та заднього пластикового колеса

Далі кріпляться резинові колеса до двигунів по двох боках платформи роботизованої системи, як представлено на рисунку 3.19.



а)



б)

Рисунок 3.19 – Кріплення резинових коліс: а – вигляд знизу; вигляд зверху

Після кріплення коліс потрібно з'єднати системна плату ESP8266 UNO D1 за допомогою штифтів та гвинтів на поверхню платформи роботизованої системи (рис. 3.20) та аналогічно приєднати моторний привід: модуль L9110S (рис. 3.21).

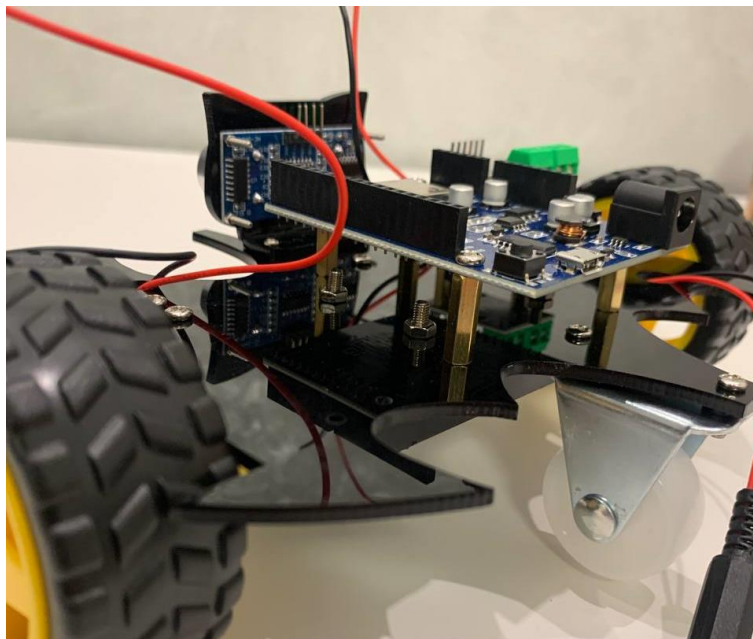


Рисунок 3.20 – З'єднання системної плати ESP8266 UNO D1

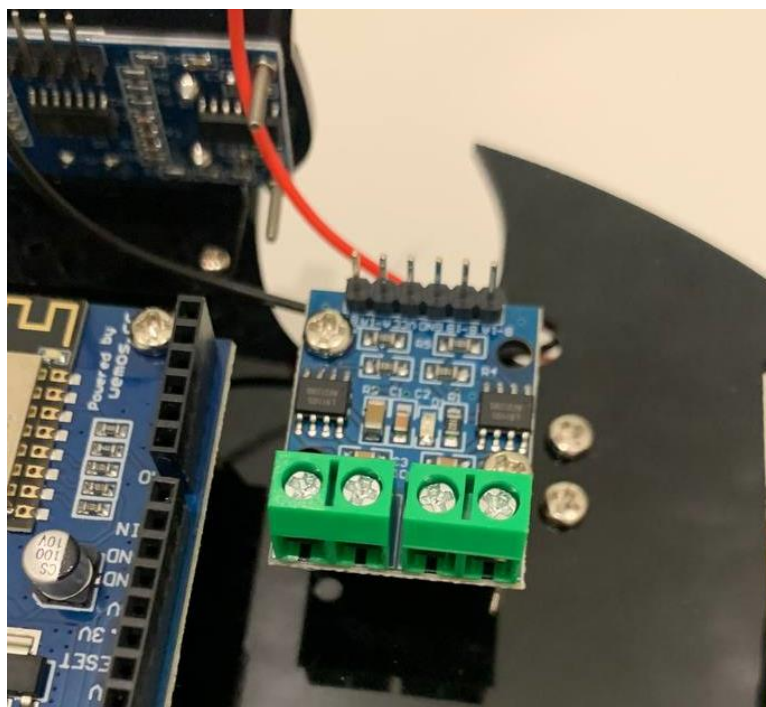
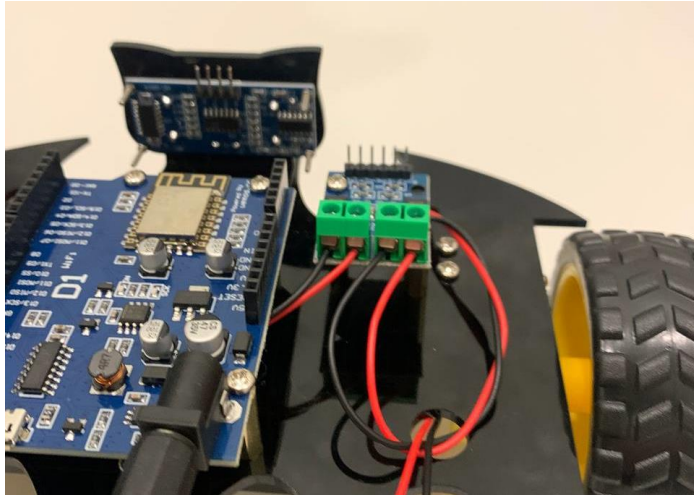
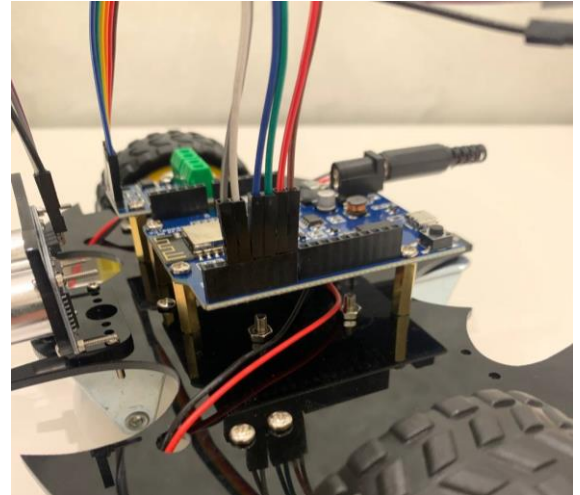


Рисунок 3.21 – З'єднання моторного привода

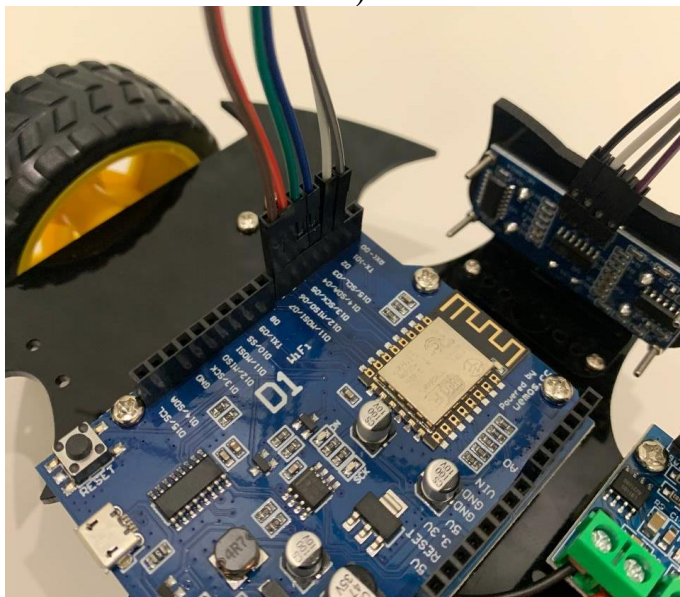
Після складання всіх елементів роботизованої системи потрібно підключити згідно схеми підключення (рис. 3.12). Представлення поетапного підключення на рисунку 3.22.



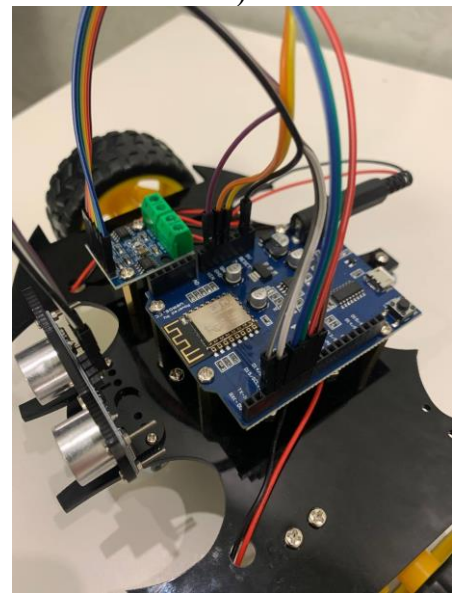
а)



б)



в)



г)

Рисунок 3.22 – Підключення всіх елементів роботизованої системи:  
 а – з'єднання двигунів до моторного модуля; б – з'єднання моторного модуля до системної плати ESP8266 UNO D1; в – з'єднання ультразвукового датчика відстані HC-SR04P до системної плати ESP8266 UNO D1; г – підключення живлення

Загальний вигляд роботизованої система на базі мікроконтролера ESP8266 представлено на рисунку 3.23.

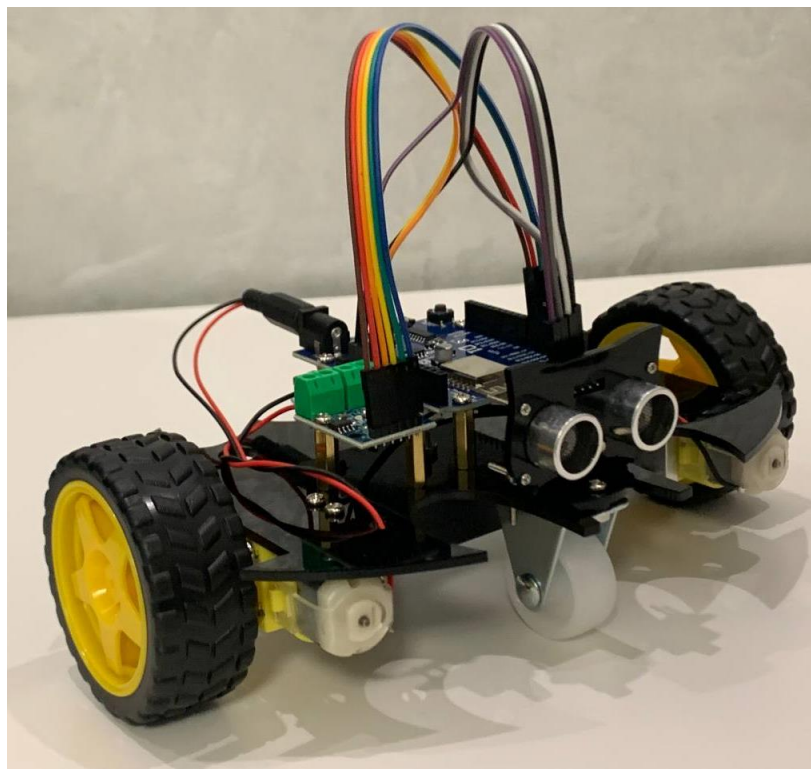


Рисунок 3.23 – Загальний вигляд роботизованої система на базі мікроконтролера ESP8266

### 3.3 Програмування мікроконтролера ESP8266 роботизованої система для керування по Wi-fi

Для програмування мікроконтролера спочатку потрібно встановити плату ESP8266 у в середовище програмування Arduino IDE, а саме натиснути Файл/Налаштування, як показано на рисунку 3.24.

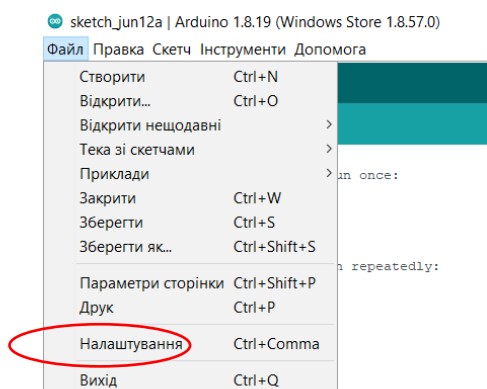


Рисунок 3.24 – Встановлення плати ESP8266

Далі потрібно скопіювати посилання бібліотеки та вставити у поле URL-адреси адміністратора додаткових дошок (рис. 3.25).

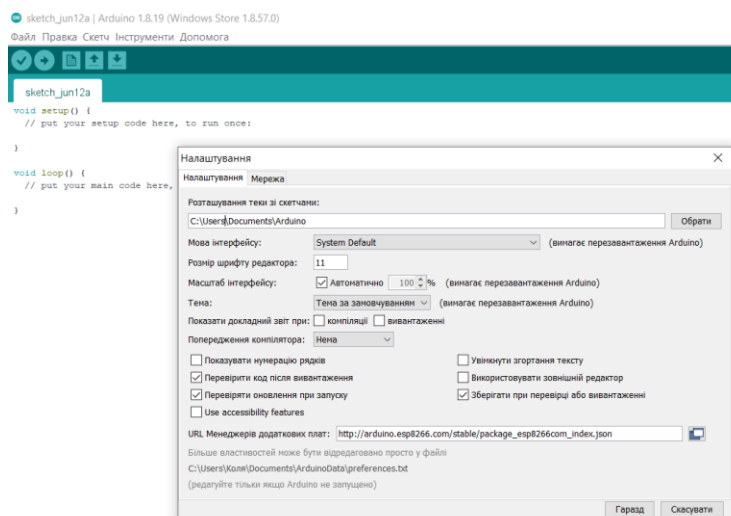


Рисунок 3.25 – Додавання бібліотеки

Далі в менеджері плат знаходимо та встановлюємо необхідну (рис. 3.26)

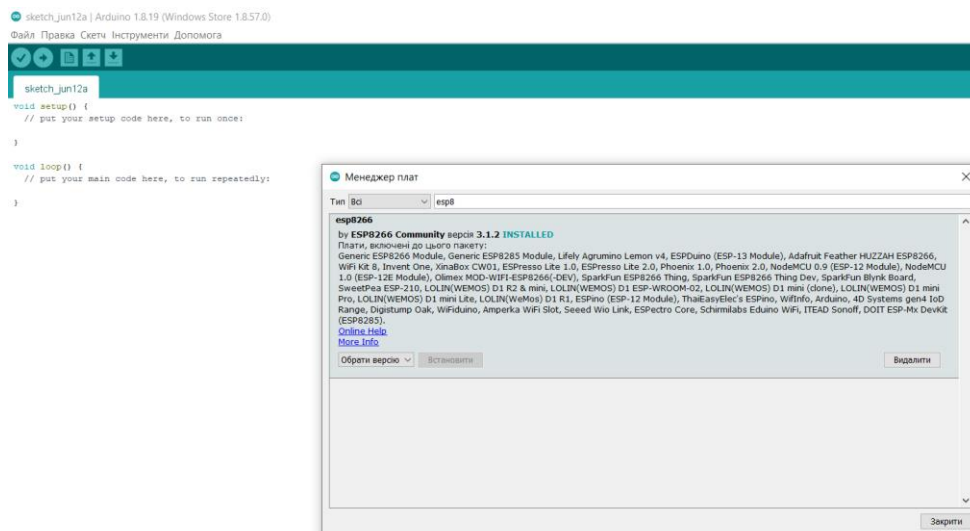


Рисунок 3.26 – Встановлення плати

Системна плата ESP8266 UNO D1 має CH340 конвертер TTL (послідовний) в USB та навпаки. Цей чіп використовується в Arduino, ESP8266 тощо. Для таких плат потрібен програматор, щоб отримати доступ до процесора чи програмувати його.

Перед початком роботи з цією платою за цією мікросхемою необхідно встановити додатковий драйвер.

Тому перед завантаженням коду потрібно встановити драйвер CH340. Інакше не можна буде знайти правильний COM-порт в Arduino IDE. Після під'єднання плати до комп'ютера (рис. 3.27) він розпізнав плату правильно, і можна побачити зображення, як на рисунку 3.28 в диспетчері пристроїв.

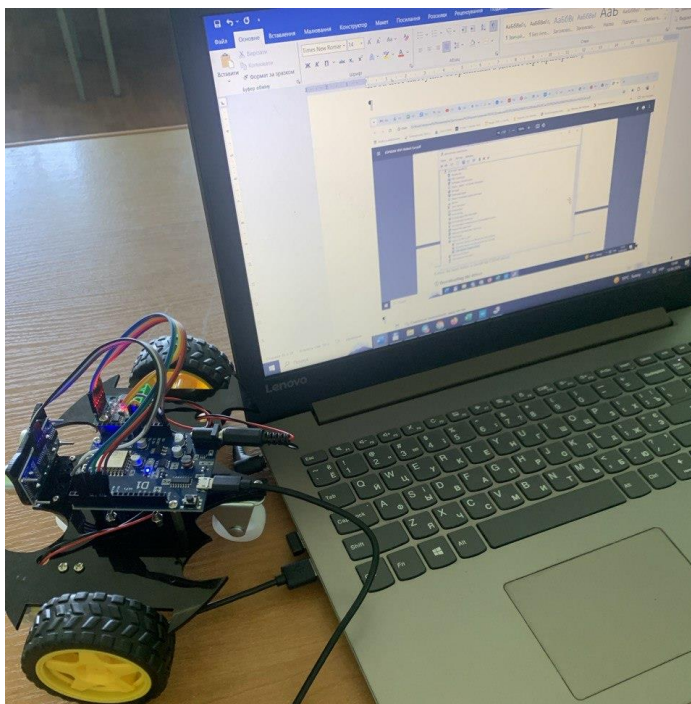


Рисунок 3.27 – Під'єднання плати до комп'ютера

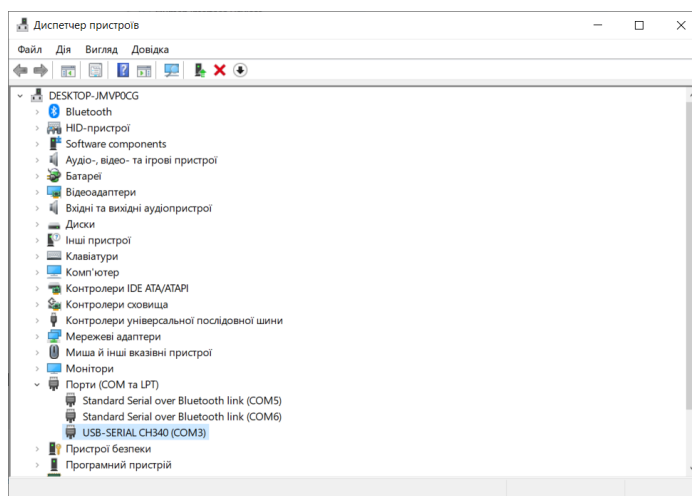


Рисунок 3.28 – Відображення драйвера CH340 в диспетчері пристроїв

Після пророблених кроків потрібно відкрити програмне забезпечення Arduino IDE. Далі потрібно перейти до меню «Інструменти» та в розділі «Порт» вибрати номер порту, відповідний порту, до якого підключена плата (рис. 3.29). Цей номер порту має збігатися з номером, який в диспетчері пристроїв.

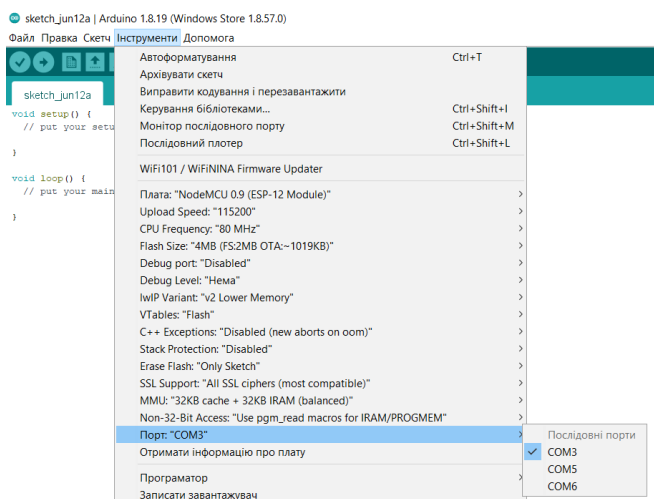


Рисунок 3.29 – Вибір com-порту

Далі можна перейти до написання власне коду (рис. 3.30), який представлено в додатку А. Після перевірки коду можна заливати на мікроконтролер за допомогою USB-кабеля (рис. 3.27) та встановлення додатку на телефон з якого буде відбуватись керування роботизованою системою по Wifi



Рисунок 3.30 – Вікно написання коду

На рисунку 3.31 представлено вікно додатку для керування роботизованою системою на базі мікроконтролера ESP8266



Рисунок 3.31 – Представлено вікно додатку для керування роботизованою системою

## ВИСНОВКИ

Мікроконтролер ESP8266 має значний потенціал для подальшого використання в робототехніці та автоматизації завдяки своїм технічним характеристикам і можливостям. Перспектива напрямків застосувань дуже широка.

В кваліфікаційній роботі було проведено огляд сучасних технологій у сфері робототехніки та автоматизації, можна стверджувати, що з кожним роком зростає попит на промислові роботи, три мільйони промислових роботів, що працюють на заводах по всьому світу демонструють зростання попиту на 10%. Незважаючи на глобальну пандемію COVID-2019 – продажі нових роботів дещо зросли на 0,5%, у 2020 році по всьому світу було відвантажено 384 тис роботів та очікується, що японський ринок робототехніки до кінця 2024 року зросте на 5%. Робототехніка стане основними інструментом автоматизації з великим економічним ефектом.

Було проаналізовано існуючі рішення на базі мікроконтролера ESP8266 вітчизняними та зарубіжними науковцями Розглянуто опис апаратно-програмного комплексу дослідження температури і вологості повітря на основі контролера ESP8266. Науковці також проводять дослідження з розробки прототипу системи моніторингу витоків труб звалищного газу на основі мікроконтролерного вузла MCU ESP8266 методом Інтернету речей. Одне з найважливіх є використання мікроконтролерів в системі моніторингу здоров'я пацієнтів, яка розроблена з метою використання ESP8266 та Arduino з платформою Інтернету речей, що забезпечує найкращий і найбільш функціональний засіб збору даних про пацієнта, включаючи його температуру та серцебиття.

Також було досліджено можливості програмування мікроконтролера ESP8266, а саме: за допомогою апаратно-програмною платформою з відкритим вихідним кодом Arduino IDE та за допомогою мікропрограмного забезпечення для будь-яких модулів ESP ESPHome. За допомогою ESPHome можна створити бінарний файл, а потім використовувати універсальний метод програмування, або, за певних умов, використовувати Wi-Fi замість адаптера UART-USB, що надзвичайно зручно, особливо якщо немає легкого доступу до пристрою.

Спроектовано та запрограмовано роботизовану система на базі мікроконтролера ESP8266, має широкий спектр застосувань завдяки своїм можливостям підключення до Wi-Fi, низькому енергоспоживанню, компактним розмірам та відносно низькій вартості. Ці характеристики роблять його ідеальним для розробки різноманітних роботизованих та автоматизованих систем, які можуть покращити ефективність та зручність у багатьох сферах життя.

**ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Sotnik S., Mustafa S. K., Ahmad M. A., Lyashenko V., Zeleniy O. Some Features of Route Planning as the Basis in a Mobile Robot. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*. 2020. Vol. 8(5). P. 2074-2079.
2. Attar H., Abu-Jassar A. T., Yevsieiev V., Lyashenko V., Nevliudov I., Luhach A. Kr. Zoomorphic Mobile Robot Development for Vertical Movement Based on the Geometrical Family Caterpillar. *Computational Intelligence and Neuroscience*. 2022. Vol. 2022. P. 1-19.
3. Lyashenko V., Sotnik S. Semantic Model Workspace Industrial Robot. *International Journal of Academic Engineering Research (IJAER)*. 2021. Vol. 5(9). P. 40-48.
4. Al-Sharo Y. M., Abu-Jassar A. T., Sotnik S., Lyashenko V. Neural Networks As A Tool For Pattern Recognition of Fasteners. *International Journal of Engineering Trends and Technology*. 2021. Vol. 69(10). P. 151-160.
5. IFR presents World Robotics Report 2021. *International Federation of Robotics*. URL: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-sales-rise-again> (дата звернення: 11.01.2024).
6. Baker J. H., Lyashenko V., Sotnik S., Laariedh F., Mustafa S. Kh., Ahmad M. A. Some Interesting Features of Semantic Model in Robotic Science. *International Journal of Engineering Trends and Technology*. 2021. Vol. 69 (7). P. 38-44.
7. Hongshuai Y. Research on the Application of Industrial Robots in Automation Control. *Curriculum and Teaching Methodology*. 2021. Vol. 4(4). P. 132-138.
8. Mesmer P. & et al.. Robust design of independent joint control of industrial robots with secondary encoders. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. 2022. Vol. 73. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2021.102232> (дата звернення: 15.01.2024).
9. Garg G., Kuts V., Anbarjafari G. Digital Twin for FANUC Robots: Industrial Robot Programming and Simulation Using Virtual Reality. *Sustainability* 2021. Vol.13/10336. DOI: <https://doi.org/10.3390/su131810336> (дата звернення: 15.01.2024).

10. Think big with FANUC M-1000iA heavy-payload robot. *FANUC Europe Corporation*. URL: <https://www.fanuc.eu/ua/uk/%D0%BF%D1%80%D0%BE-%D0%BD%D0%B0%D1%81/news-and-events/eu-m1000ia-10-2021> (дата звернення: 15.01.2024).

11. FANUC Introduces New Compact LR-10iA/10 Robot. *FANUC America Corporation*. URL: <https://www.fanucamerica.com/news-resources/fanuc-america-press-releases/2021/11/10/fanuc-introduces-new-compact-lr-10ia-10-robot---ideal-for-machine-tending-and-warehousing-logistics-applications> (дата звернення: 17.01.2024).

12. Wang Chengjun, Chengke Xu., Long Li, Haixia Hu<sup>1</sup>, Yongcun Guo. Design and kinematics analysis of the executing device of heavy-duty casting robot. *International Journal of Advanced Robotic Systems*. Vol. 17(1). 2020. URL: <https://journals.sagepub.com/doi/epub/10.1177/1729881419895082> (дата звернення: 18.01.2024).

13. Linn D. Evjemo, Tone Gjerstad, Esten I. Grøtli, Gabor Sziebig. Trends in smart manufacturing: Role of humans and industrial robots in smart factories. *Current Robotics Reports*. 2020. Vol. 1(2). P. 35-41.

14. Dzedzickis A. & et al. Advanced Applications of Industrial Robotics: New Trends and Possibilities. *Applied Sciences*. 2022. Vol. 12(1). URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/1/135> (звернення:22.01.2024).

15. Rojas R.A., Wehrle E., Vidoni R. A Multicriteria Motion Planning Approach for Combining Smoothness and Speed in Collaborative Assembly Systems. *MDPI Journals*. 2020. Vol. 10(15). URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/15/5086> (дата звернення: 01.02.2024).

16. Rojas R.A., Wehrle E., Vidoni R. A Multicriteria Motion Planning Approach for Combining Smoothness and Speed in Collaborative Assembly Systems. *Applied Sciences*. 2020. Vol. 10. URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/15/5086> (дата звернення: 02.02.2024).

17. Ivanov S., Seyitoğlu F., Markova M. Hotel managers' perceptions towards the use of robots: A mixed-methods approach. *Inf. Technol. Tour*. 2020. Vol. 22. P. 505–535.

18. Elsis M., Mahmoud K., Lehtonen M., Darwish Mohamed M. An improved neural network algorithm to efficiently track various trajectories of robot manipulator arms. *IEEE Access*. 2021. Vol. 9. P. 11911–11920.

19. Tran M.Q., Elsis M., Mahmoud K., Liu M.K., Lehtonen M., Darwish M. Experimental Setup for Online Fault Diagnosis of Induction Machines via Promising IoT and Machine Learning: Towards Industry 4.0 Empowerment. *IEEE Access*. 2021. Vol. 9. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9514571> (дата зверення: 04.02.2024).

20. Коротка історія колаборативних роботів. Погляд на те, як коботи набули популярності і чому вони там залишаються. *Material Handling and Logistics*. URL: <https://www.mhlnews.com/technology-automation/article/21124077/a-brief-history-of-collaborative-robots> (дата зверення: 10.02.2024).

21. Pérez L., Rodríguez-Jiménez S., Rodríguez N., Usamentiaga R., García D.F., Wang L. Symbiotic human–robot collaborative approach for increased productivity and enhanced safety in the aerospace manufacturing industry. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 2020. Vol. 106. P. 851–863.

22. Tannous M., Bologna F., Stefanini C. Load cell torques and force data collection during tele-operated robotic gas tungsten arc welding in presence of collisions. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. 2020. Vol. 31. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352340920308751> (дата зверення: 11.02.2024).

23. ISO – ISO/TS 15066:2016 Роботи та роботизовані пристрої – Колаборативні роботи. *Online Browsing Platform (OBP)*. URL: <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:ts:15066:ed-1:v1:en> (дата зверення 13.02.2024).

24. Олещенко Л.М., Мошенський А.О. Апаратно-програмна система моніторингу та аналізу показників навколишнього середовища на основі контролера ESP8266. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. Т. 34 (73). № 4. 2023. С. 84-92.

25. Aziz A., Zahra A. Prototype Design of Landfill Gas Pipe Leak Monitoring System Based on Microcontroller Node MCU ESP8266 with the Internet of Things Method. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*. 2023. Vol. 11(2). P. 133–147.

26. Thopate K., Shirbavikar K., Kulkarni R.V., Phursule R., Kale V., Karjule S., Suhas K., Kale S. Enhancing Ultrasonic Sensor Goggles for Blinds Using Node MCU ESP8266 Microprocessor. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*. 2023. Vol. 12(1). P. 611–618.

27. Aditya Naladkar, Rushi Tamkhade, Shreyash Vaidya, Arya Metkari, Gajanan Chavhan, Arti Bang. IOT-Based Home Automation Using Telegram Using Esp 8266. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*. Vol. 05. Issue12. 2023. P. 306–310.

28. Jamil Abedalrahim Jamil Alsayaydeh, Mohd Faizal bin Yusof; Muhammad Zulhakim Bin Abdul Halim, Muhammad Noorazlan Shah Zainudin, Safarudin Gazali Herawan. Patient Health Monitoring System Development using ESP8266 and Arduino with IoT Platform. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications; West Yorkshire*. Vol. 14. Iss. 4. 2023. P. 617 – 624.

29. ESP8266EX. Datasheet. Version 7.0. *Espressif Systems*. 2023. URL: [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf) (дата звернення: 15.03.2024).

30. How to program an ESP8266 – With and Without Arduino. *Smart Solutions for Home*. URL: <https://smartsolutions4home.com/how-to-program-esp8266/#adapter> (дата звернення: 20.03.2024).

# ДОДАТКИ

## Додаток А

### Код програми

```

#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <ESP8266WebServer.h>
#define echoPin 16    // HC SR04 Trig <—> GPIO16(D2)
#define trigPin 5     // HC SR04 Echo <—> GPIO5 (D3)
#define IN_2  4       // L9110S A-1B <—> GPIO4 (D4) MOTOR A
#define IN_1  14      // L9110S A-1A <—> GPIO14(D5) MOTOR A
#define IN_4  12      // L9110S B-1B <—> GPIO12(D6) MOTOR B
#define IN_3  13      // L9110S B-1A <—> GPIO13(D7) MOTOR B

String command;
int Front_Distance;
int speedCar = 255;
const char* ssid = "ESP8266 Robot Car";
ESP8266WebServer server(80);

void setup()
{
    pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
    pinMode(IN_1, OUTPUT);
    pinMode(IN_2, OUTPUT);
    pinMode(IN_3, OUTPUT);
    pinMode(IN_4, OUTPUT);
    pinMode(trigPin, OUTPUT);
    pinMode(echoPin, INPUT);
    Serial.begin(115200);

    // Starting WiFi
    WiFi.mode(WIFI_AP);
    WiFi.softAP(ssid);
    IPAddress myIP = WiFi.softAPIP();
    Serial.print("AP IP address: ");
    Serial.println(myIP);

    // Starting web-server

```

```
server.on ( "/", HTTP_handleRoot );
server.onNotFound ( HTTP_handleRoot );
server.begin();
digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
}

void goBack()
{
  analogWrite(IN_1, speedCar);
  digitalWrite(IN_2, LOW);
  digitalWrite(IN_3, LOW);
  analogWrite(IN_4, speedCar);
}

void goAhead()
{
  digitalWrite(IN_1, LOW);
  analogWrite(IN_2, speedCar);
  analogWrite(IN_3, speedCar);
  digitalWrite(IN_4, LOW);
}

void goLeft()
{
  analogWrite(IN_1, speedCar);
  digitalWrite(IN_2, LOW);
  analogWrite(IN_3, speedCar);
  digitalWrite(IN_4, LOW);
}

void goRight()
{
  digitalWrite(IN_1, LOW);
  analogWrite(IN_2, speedCar);
  digitalWrite(IN_3, LOW);
  analogWrite(IN_4, speedCar);
}
```

```
void stopRobot()
{
    digitalWrite(IN_1, LOW);
    digitalWrite(IN_2, LOW);
    digitalWrite(IN_3, LOW);
    digitalWrite(IN_4, LOW);
}

void loop()
{
    server.handleClient();
    command = server.arg("State");
    if (command == "F") goAhead();
    else if (command == "B") goBack();
    else if (command == "L") goLeft();
    else if (command == "R") goRight();
    else if (command == "W") Ultrasonic_Avoidance();
    else if (command == "w") stopRobot();
    else if (command == "0") speedCar = 0;
    else if (command == "1") speedCar = 50;
    else if (command == "2") speedCar = 100;
    else if (command == "3") speedCar = 120;
    else if (command == "4") speedCar = 140;
    else if (command == "5") speedCar = 160;
    else if (command == "6") speedCar = 180;
    else if (command == "7") speedCar = 200;
    else if (command == "8") speedCar = 220;
    else if (command == "9") speedCar = 240;
    else if (command == "q") speedCar = 255;
    else if (command == "S") stopRobot();
}

void HTTP_handleRoot(void)
{
    if( server.hasArg("State") )
    {
        Serial.println(server.arg("State"));
    }
}
```

```
server.send ( 200, "text/html", "" );
delay(1);
}

float getDistance() {
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  float distance = pulseIn(echoPin, HIGH) / 58.00;
  delay(10);
  return distance;
}

void Ultrasonic_Avoidance() {
  Front_Distance = getDistance();
  Serial.println(Front_Distance);
  if (Front_Distance < 20) {
    goBack();
    delay(200);
    if (50 >= random(1, 100)) {
      goLeft();

    } else {
      goRight();

    }
  }
  delay(150);

} else if (Front_Distance >= 20 && Front_Distance <= 35)
{
  stopRobot();
  delay(200);
  if (50 >= random(1, 100)) {
    goLeft();
```

```
} else {  
  goRight();  
  
}  
delay(150);  
} else if (Front_Distance > 35) {  
  goAhead();  
}  
}
```